



Красноярский  
**ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ**

27-28 февраля 2025 | Красноярск, Россия

**СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ  
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

**«ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ И  
ТЕХНОЛОГИЙ»  
(ДНИТ-IV-2025)**

14 (2025)

г. Красноярск, 2025

Красноярский краевой Дом науки и техники  
Российского Союза научных и инженерных общественных  
объединений

IV ВСЕРОССИЙСКАЯ (НАЦИОНАЛЬНАЯ) НАУЧНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ "ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ"  
(ДНиТ-IV-2025)

(27-28 февраля 2025 | Красноярск, Россия)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Красноярск, 2025

УДК 001  
ББК 72:30:60:65  
ISBN 978-5-6053235-0-1  
DOI <https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.14>

#### Редакционная коллегия

доктор технических наук, профессор И.В. Ковалев  
доктор технических наук, доцент О.А. Антамошкин  
кандидат экономических наук, доцент З.Е. Шапорова  
кандидат философских наук, доцент А.А. Ворошилова

**«Достижения науки и технологий» (ДНиТ-IV-2025):** сборник научных статей по материалам IV Всероссийской (национальной) научной конференции (Красноярск, 27-28 февраля 2025). – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники, 2025. – Вып. 14. – 364 с.: ил.

Сборник содержит материалы, отражающие результаты научных исследований российских ученых всех поколений, среди которых аспиранты и ученые, интенсивно развивающие свои научные направления, студенты и школьники, уже увлеченные наукой и подготовившие свои первые доклады в области применения наукоемких и информационных технологий в различных областях прикладной и фундаментальной науки, техники, образования, экономики и инжиниринга. Материалы конференции будут интересны преподавателям, аспирантам, магистрантам, студентам, работникам сферы образования.

Все статьи рецензируются и публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. Материалы размещены в сборнике в авторской редакции.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

- © Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2025
- © Сибирский научный центр ДНИТ, 2025
- © Коллектив авторов, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

С.Н. Масленников, М.Г. Сеницын, О.В. Окружко. Транспортная безопасность и транспортно-логистические процессы .....	6-14
М.Г. Трейман. Управление процессами водоподготовки и очистки воды методом сорбции .....	15-20
В.А. Подоплелова. Ресурсно-временной анализ транспортно-технологических циклов на основе GERT-сетевого моделирования .....	21-28
Н.В. Филатова, Н.Ф. Косенко, М.А. Баданов. Каолинфосфатная связка .....	29-35
Ф.Р. Гайнутдинов, Д.Ф. Гайнутдинова. Гибридный подход в моделировании интегрированной системы высокотемпературный твердооксидный топливный элемент-микрогазовая турбина .....	36-40
К.В. Вдовина, Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Р.Р. Габдрахманов. Цифровая модель установки производства водорода .....	41-46
К.В. Кукушкина. Влияние растворов коммерческих фунгицидов различной концентрации на грибы <i>p. Fusarium</i> .....	47-50
Л.Е. Свиридова. Применение фреймовой онтологии в предметной области .....	51-55
О.С. Харитонов, А.В. Клинов, В.В. Бронская, В.В. Макарихин, К.Х. Гарипов. Основные направления применения адсорбции в целях устойчивого развития .....	56-60
В.К. Бровко, Е.Д. Рубинштейн. Инвестиционные фонды в РФ: текущее состояние .....	61-66
В.В. Пряников. Сравнительная модель процессов производственного менеджмента в России и зарубежом .....	67-85
Н.Ф. Тихонов. Безэкипажные суда и проблемы интеграции новых технологий .....	86-92
О.С. Харитонов, В.В. Бронская, А.В. Клинов, Д.В. Башкиров, В.В. Макарихин. Анализ применения системы адсорбции с применением цеолита для удаления газообразных загрязняющих веществ .....	93-98
Н.Т. Кулмуродова. Экспериментальная валидация и оценка производительности процесса сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи .....	99-104
Е.В. Туева, Р.Ю. Шапорова, Р.Ю. Шапоров. Подходы к разработке комбинированных DEA-методов для анализа сравнительной эффективности сложных систем .....	105-116
Н.Ф. Тихонов. Сравнительный анализ и будущее показателей надежности судовых энергетических установок .....	117-123
А.О. Фирсин, Р.А. Вдовин, Е.С. Гончаров, И.Д. Марканов. Разработка цифровых моделей литейного процесса изготовления сложнофасонных отливок .....	124-130
Л.Б. Кулемина. Выдающийся государственный деятель С.Ю. Витте и его размышления воспоминания о российской элите конца XIX - начала XX вв. (на основе мемуаров) .....	131-138
Е.В. Машенцева. Самовар – часть судьбы и жизни русского народа .....	139-144
Е.В. Шишлякова, М.И. Мамаева, А.И. Морозова, М.А. Лосева. Как использовать ChatGPT на уроках английского языка для повышения мотивации студентов .....	145-157
А.А. Оразбаева, С.К. Калдыбаев. Формирование у учащихся навыков пространственного мышления через интеграцию 3D-моделирования в курсе информатики .....	158-162
П.О. Федоров. Оценка функционального состояния студентов на основе анализа сердечно-сосудистых и морфофункциональных показателей .....	163-170
А.А. Силантьева. Особенности формирования российской системы учета населения (переписи, паспорта) в разные исторические периоды .....	171-178
К.В. Портнов, Н.Ю. Портнова. Математические аспекты квалиметрии профессиональных знаний .....	179-184
Н.С. Соловьева. Формирование готовности к медиации и медиативной компетентности у студентов вуза .....	185-190
Ю.М. Леонтьева, Л.Д. Леонтьева. Молодёжь и специальная военная операция .....	191-196

Н.В. Филимонова. Прагматические особенности блиц-резюме компании как жанра деловой коммуникации .....	197-204
Н.В. Сергеева, А.А. Невин, Т.Ж. Тукая. Развитие коммуникационных систем и технологий в логистике маркетплейсов .....	205-211
Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Н.Ю. Башкирцева. Внедрение 3D моделирования в нефтегазовую промышленность: путь к оптимизации, безопасности и конкурентоспособности .....	212-217
А.Д. Шапошников, Ю.Х. Усманова. Моделирование установки каталитической гидроочистки и депарафинизации ДТ в среде Aspen Hysys .....	218-224
С.А. Пономарев, Э.В. Гарифуллина, А.Е. Салякин, В.В. Бронская, Н.Ю. Башкирцева. Технологическое моделирование установки атмосферной перегонки стабильного газового конденсата .....	225-230
М.А. Насонов. Повышение эффективности планирования профилактического обслуживания оборудования на промышленном предприятии .....	231-239
В.А. Подошлева. К вопросу анализа чувствительности системных параметров транспортно-технологических циклов БПЛА .....	240-248
П.В. Ендуткин. Интеграция BIM-систем и БПЛА в сфере недвижимости и строительства: обзор инновационных подходов и практических решений .....	249-255
А.Е. Салякин, И.Ю. Егошин, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, Н.Ю. Башкирцева. Импортозамещение приборов КиА установки вакуумной перегонки нефти .....	256-259
П.Е. Артемьев. Проектирование агрегатора научно-технической информации по археологии с использованием методов искусственного интеллекта .....	260-266
Д.А. Луговой. Использование методов машинного обучения без учителя для обнаружения аномалий в энергопотреблении зданий .....	267-272
Д.И. Ковалев. Интеграция БПЛА в системы точного высева: перспективные подходы для совершенствования сеялок в умном земледелии .....	273-283
Ю.Г. Ксенофонтов, М.А. Петин. Телекоммуникационная сеть наблюдения за морским дном на базе подводных кабельных и беспроводных платформ .....	284-290
Ю.Г. Ксенофонтов, В.В. Абазовик. Исследование характеристик подводного оптического канала связи при воздействии на него негативных факторов .....	291-298
И.Л. Клендер, А.Н. Шимохин. Анализ методов проектирования информационных систем и методов обработки данных .....	299-304
Д.И. Гарафутдинова, А.Р. Рыжакова, А.Н. Багапов, Э.В. Гарифуллина. Цифровое моделирование установки подготовки нефти в инженерной среде компании RTSIM .....	305-310
А.О. Фирсин. Оптимизация производственных процессов с использованием ПО «Tecnomatix Plant Simulation» .....	311-316
О.А. Митина. Обработка естественного языка с использованием глубокого обучения .....	317-324
А.А. Грейс, В.В. Калитина, Д.Р. Идрисова, Д.М. Скрыбин, К.П. Лукьянов, А.П. Энгель. Технология Blockchain как метод защиты данных в современных условиях .....	325-333
Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова. Исследование теплоотдачи в солнечном воздухонагревателе с насадочным абсорбером .....	334-338
А.Г. Чекалов. Использование SWOT-анализа как метода повышения уровня конкурентоспособности предприятиями .....	339-343
Цзинь Сьюй. Метод динамической решетки для бесконтактной диагностики материалов: измерение теплопроводности .....	344-350
С.Н. Масленников, А.Н. Даньшина. Участие государства в инвестировании в речной транспорт: целесообразность и необходимость .....	351-356
Е.В. Туева, Д.И. Ковалев, Ю.А. Ерёмич. Расширение GERT-сетевой модели для описания, оценки и оптимизации информационных процессов в распределенных системах .....	357-363

УДК 656.09  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1001>

EDN  
[TJSRUE](#)

## Транспортная безопасность и транспортно-логистические процессы

С.Н. Масленников, М.Г. Сеницын, О.В. Окружко\*

Сибирский университет водного транспорта, ул. Щетинкина, 33, Новосибирск, 630005, Россия

\*E-mail: s.n.m@bk.ru

**Аннотация.** Обеспечение безопасности в транспортной сфере тесно связано с эффективностью логистики, поскольку любые нарушения или угрозы могут привести к значительным экономическим потерям и угрожать жизни людей. Транспортная безопасность становится важной составляющей стратегического управления для организаций, работающих в области транспорта и логистики. Актуальность изучения транспортной безопасности возрастает на фоне глобальных вызовов, таких как терроризм, киберугрозы и изменения климата. Необходим комплекс мер и задач, направленных на защиту объектов транспортной инфраструктуры, грузов и пассажиров от различных угроз, включая кражи, террористические акты, аварии и природные катастрофы. Выявлено, что транспортная безопасность и процессы транспортной логистики являются взаимосвязанными компонентами. Интеграция современных технологий в повседневную практику позволяет минимизировать риски и повышать общий уровень эффективности в организации логистических операций. В статье обоснован системный подход, базирующийся на современных технологиях, кадрах и понимании рисков. Такой подход не только позволяет снизить затраты и минимизировать риски, но и способствует созданию безопасной и эффективной среды для всех участников логистической цепочки.

**Ключевые слова:** транспортная безопасность, логистические процессы, транспорт, информационные технологии, цепь поставок.

## Transport security and transport and logistics processes

S.N. Maslennikov, M.G. Sinitsyn, O.V. Okruzhko\*

Siberian University of Water Transport, 33 Shchetinkina str., Novosibirsk, 630005, Russia

\*E-mail: s.n.m@bk.ru

**Abstract.** Ensuring security in the transport sector is closely linked to the effectiveness of logistics, since any violations or threats can lead to significant economic losses and endanger people's lives. Transport security is becoming an important component of strategic management for organizations working in the field of transport and logistics. The relevance of studying transport security is increasing against the background of global challenges such as terrorism, cyber threats and climate change. A set of measures and tasks is needed to protect transport infrastructure facilities, cargo and passengers from various threats, including theft, terrorist acts, accidents and natural disasters. It is revealed that transport security and transport logistics processes are interrelated components. The integration of modern technologies into everyday practice makes it possible to minimize risks and increase the overall level of efficiency in the organization of logistics operations. The article discusses a systematic approach based on modern technologies, personnel and an understanding of risks. This approach not only reduces costs and minimizes risks, but also helps to create a safe and efficient environment for all participants in the logistics chain.

**Keywords:** transport security, logistics processes, transport, information technology, supply chain.

## 1. Введение

Обеспечение безопасности в сфере транспорта связано с эффективностью логистики, поскольку любые сбои или угрозы могут привести к значительным экономическим потерям и поставить под угрозу жизнь людей. В этом контексте транспортная безопасность становится неотъемлемой частью стратегического управления в организациях, связанных с транспортом и логистикой. Более того, актуальность изучения транспортной безопасности возрастает на фоне глобальных событий, таких как терроризм, киберугрозы и изменения климата.

Транспортная безопасность включает в себя совокупность мер и задач, направленных на защиту объектов транспортной инфраструктуры, грузов и пассажиров от различных угроз, таких как кражи, терроризм, аварии и природные катастрофы.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

К основным задачам, обеспечивающим транспортную безопасность, относятся [1]:

1. Защита объектов транспортной инфраструктуры. Это включает в себя охрану складов, портов, вокзалов и других транспортных узлов, где могут возникнуть угрозы. Важной частью является внедрение систем видеонаблюдения, контроля доступа и специальных мер, направленных на предотвращение несанкционированного доступа.

2. Защита грузов. Эффективные меры по охране грузов включают в себя использование запирающих устройств, систем слежения (например, GPS) и страхование грузов. Эти меры способствуют предотвращению краж и повреждений во время транспортировки.

3. Безопасность пассажиров. Важно обеспечить безопасность не только грузов, но и людей, которые пользуются транспортными услугами. Это может включать в себя проверку багажа, программное обеспечение для отслеживания подозрительных действий и обучение персонала реагированию на экстренные ситуации.

4. Меры по предотвращению аварий. Принятие предупреждающих мер, таких как регулярное техническое обслуживание транспортных средств, контроль за состоянием путей и инфраструктуры, а также соблюдение стандартов безопасности в процессе эксплуатации, является необходимым условием для снижения числа аварий и инцидентов.



5. Контроль и мониторинг. Современные технологии, такие как системы трекинга грузов и анализ данных о транспортных маршрутах, позволяют вести постоянный мониторинг состояния грузов и транспортных средств. Это помогает быстро реагировать на возможные угрозы.

Обеспечение данных задач транспортной безопасности непосредственно влияет на функционирование транспортно-логистических процессов, так как они неразрывно связаны между собой.

Структурирование основных задач обеспечения транспортной безопасности следует исследовать в координации с организацией цепи поставки. Предлагается в основу положить этапы транспортно-логистических процессов:

1. Планирование и управление цепочками поставок. Планирование – это первый этап в транспортно-логистических процессах, который включает определение маршрутов, выбор транспортных средств, а также оценку времени и стоимости перевозок.

2. Организация и выполнение перевозок. Этот этап предполагает организацию процессов, связанных с выбором наиболее эффективных и экономически выгодных способов перевозки. Это может включать комбинацию различных видов транспорта — автомобильного, железнодорожного, авиационного и морского. Ключевой задачей является сокращение времени транзита при одновременном снижении затрат.

3. Складирование и управление запасами. Эффективное управление запасами позволяет минимизировать издержки на хранение, а также избегать дефицита товаров. Современные системы управления складом (WMS) обеспечивают автоматизацию процессов и позволяют отслеживать движения товаров в реальном времени.

4. Обработка и упаковка товаров. Обработка товаров включает в себя мероприятия по подготовке их к транспортировке, такие как упаковка, маркировка и документирование. Правильная упаковка защищает товары во время транспортировки и облегчает их дальнейшую обработку и распределение.

5. Информационные технологии в логистике. Системы управления транспортом (TMS) и ERP-системы предоставляют возможность автоматизации и оптимизации всех процессов, а также позволяют вести мониторинг в реальном времени.



6. Обратная логистика. Обратная логистика охватывает процессы, связанные с возвращением товаров от конечного потребителя к производителю, включая возвраты, утилизацию или переработку.

7. Консолидация. Это формирование больших партий грузов из нескольких малых, что позволяет снизить транспортные затраты и оптимизировать логистику.

8. Дистрибуция. Это процесс распределения товаров от склада до конечных потребителей. Включает в себя определение наиболее эффективных путей доставки и оптимизацию маршрутов для сокращения времени и затрат на транспортировку.

### **3. Методы и материалы исследования**

Все этапы транспортно-логистических процессов являются основополагающими для эффективного функционирования бизнеса. Они обеспечивают оптимизацию затрат, улучшение сроков доставки и повышение уровня обслуживания клиентов. Но с течением времени рынок меняется, развиваются новые технологии и компаниям приходится сталкиваться с новыми вызовами и тенденциями, к которым необходимо адаптироваться. Рассмотрим более подробно ключевые современные вызовы и тенденции [2].

К современным вызовам относятся:

1. Глобализация и растущая конкуренция. Увеличение объемов международной торговли и растущее число участников на рынке требуют от компаний постоянного улучшения логистических процессов и качества услуг.

2. Экологическая устойчивость. В условиях изменения климата компании вынуждены минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Это включает в себя разработку "зеленых" решений и использование экологически чистых технологий.

3. Изменения в потребительских предпочтениях. Ожидания потребителей становятся все более высокими, особенно в отношении скорости и гибкости доставки. Это требует от компаний пересмотра стратегии обслуживания клиентов.

4. Кадровый дефицит. Отрасль сталкивается с недостатком квалифицированных кадров, что требует инвестиций в обучение и развитие персонала. Привлечение и удержание талантов становятся важными задачами.

5. Непредсказуемость внешних факторов. Влияние политических, экономических и социальных изменений создает неопределенность в планировании и управлении логистическими цепочками.

6. Киберугрозы и безопасность данных. Увеличение зависимости от цифровых технологий и систем требует от компаний внимания к вопросам кибербезопасности и защиты данных, что может потребовать значительных инвестиций.

А вот к современным тенденциям на данный этап развития технологий относятся:

1. Цифровизация и автоматизация. Все больше компаний используют облачные технологии и автоматизированные системы управления запасами и транспортом, что позволяет повысить эффективность операций и снизить затраты.

2. Искусственный интеллект. Внедрение искусственного интеллекта и аналитики больших данных позволяет компаниям более точно прогнозировать спрос и оптимизировать маршруты доставки, увеличивая производительность и снижая затраты.

3. Интернет вещей (IoT). Эти технологии обеспечивают возможность отслеживания состояния грузов и транспортных средств в реальном времени, повышая уровень прозрачности и контроля в логистических цепочках.

4. Устойчивое развитие. "Зеленая" логистика становится ключевым приоритетом, с акцентом на использование возобновляемых источников энергии, переработку упаковки и внедрение экологически чистых транспортных решений.

5. Гибкие и адаптивные бизнес-модели. Компании начинают разрабатывать более гибкие подходы к логистике, такие как использование дронов, карго-байков и электросамокатов для последней мили, что позволяет им быстро реагировать на изменения спроса и условий рынка.

6. Развитие блокчейн-технологий. Блокчейн обеспечивает безопасность и прозрачность сделок и процессов, что особенно важно для управления цепочками поставок и предотвращения мошенничества.

7. Партнёрство и сотрудничество. Развитие открытых платформ для сотрудничества между разными участниками цепочки поставок, такими как производители, дистрибьюторы и логистические компании, позволяет оптимизировать процессы и делиться ресурсами.

Современные вызовы и тенденции в транспортно-логистических процессах требуют от компаний гибкости, инновационного подхода и способности быстро

адаптироваться к изменениям. Соответственно, чтобы, при таких быстрых переменах, не пострадала работа транспортно-логистических процессов, необходимо обеспечить транспортную безопасность в логистических цепях. Для этого важно разработать комплексный подход, который включает различные меры, направленные на предотвращение угроз и минимизацию рисков. Ниже представлены основные пути для достижения этой цели [3]:

1. Анализ рисков – включает анализ уязвимостей в транспортных маршрутах, а также оценку потенциальных угроз, таких как кражи, повреждения грузов или кибератаки.

2. Качественная упаковка и маркировка грузов – грузы должны быть правильно упакованы, чтобы минимизировать риск повреждений во время транспортировки, а очевидная маркировка с указанием содержания и характеристик груза также поможет в защите.

3. Техническое и физическое обеспечение – установка систем видеонаблюдения, контроля доступа и сигнализации на складах и в транспортных средствах. Применение GPS-трекеров позволяет осуществлять мониторинг перемещения грузов в реальном времени.

4. Обучение и повышение осведомленности персонала – программа обучения должна охватывать методы идентификации потенциальных угроз, правила поведения в экстренных ситуациях и актуальные процедуры по обеспечению безопасности [4].

5. Сотрудничество с надежными партнерами – выбор контрагентов и поставщиков с высокими стандартами безопасности и репутацией на рынке.

6. Использование технологических решений – внедрение современных информационных технологий, таких как системы управления цепями поставок, которые обеспечивают автоматизированный контроль за движением грузов и могут сигнализировать о подозрительных событиях.

7. Планирование и оптимизация маршрутов – разработка безопасных маршрутов, учитывающих потенциальные риски и угрозы.

8. Система контроля качества и аудита – проведение регулярных аудитов и инспекций для проверки соблюдения требований безопасности. Это позволяет выявить слабые места и вовремя корректировать процессы.

9. Создание системы обратной связи – обеспечение возможности для сотрудников и партнеров сообщать о возникающих проблемах или опасениях.

Все эти пути являются основой для организации надежной системы транспортной безопасности в логистической цепи.

#### 4. Полученные результаты

Эффективное внедрение данных мер позволит не только защитить грузы и транспортные средства, но и обеспечить высокий уровень доверия со стороны клиентов и партнеров [5]. Также обеспечить транспортную безопасность в логистических процессах позволяет применение современных технологий, которые позволяют снижать риски, предотвращать преступления и минимизировать потери, связанные с перевозками [6, 7]. Рассмотрим наиболее актуальные технологии и их применение в сфере транспортной безопасности (рисунок 1).

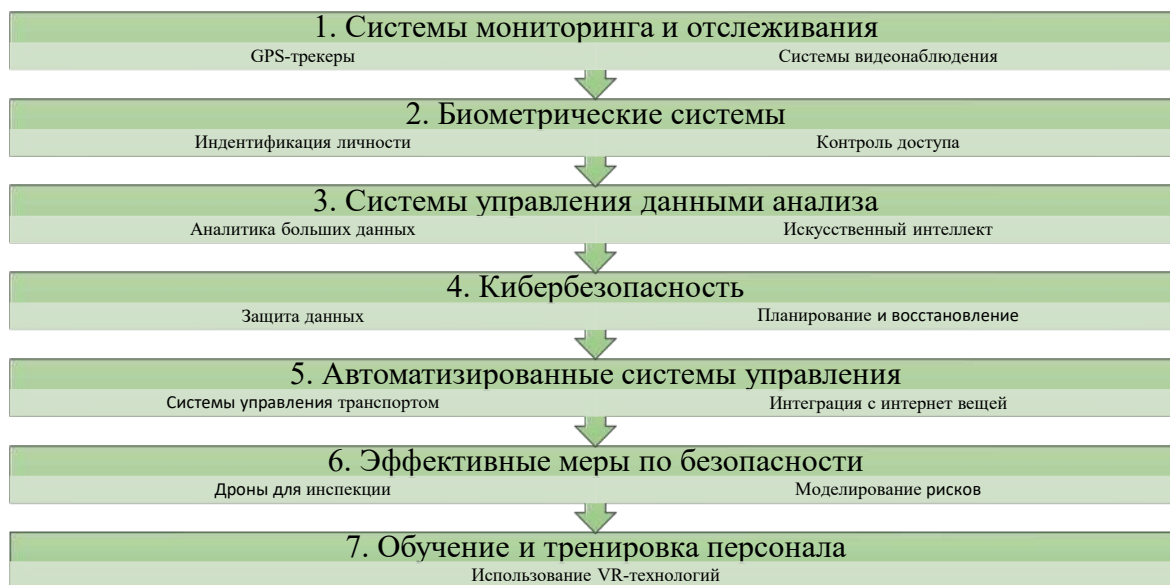


Рисунок 1. Технологии в сфере транспортной безопасности.

1. Системы мониторинга и отслеживания:

- GPS-трекеры – позволяют в реальном времени отслеживать местоположение транспортных средств и грузов, что минимизирует риск угона и помогает оперативно реагировать на инциденты.
- Системы видеонаблюдения – установка камер на транспортных средствах позволяет вести постоянный контроль за безопасностью.

## 2. Биометрические системы

- Идентификация личности – использование биометрических технологий повышает уровень безопасности при доступе к транспортным средствам и объектам.
- Контроль доступа – биометрические системы могут применяться для упрощения и повышения безопасности доступа в закрытые зоны, такие как склады и терминалы.

## 3. Системы управления данными анализа

- Аналитика больших данных – применение аналитики позволяет выявлять аномалии в рамках транспортных процессов.
- Искусственный интеллект – он может прогнозировать возможные угрозы и определять оптимальные меры безопасности.

## 4. Кибербезопасность

- Защита данных – использование шифрования, антивирусных программ позволяет минимизировать риски утечки информации.
- Планирование и восстановление после инцидентов – разработка планов на случай кибератак и обеспечение их тестирования помогают поддерживать безопасность на высоком уровне.

## 5. Автоматизированные системы управления

- Системы управления транспортом (TMS) – позволяют оптимизировать и контролировать безопасность грузов на всех этапах транспортировки.
- Интеграция с интернет вещей – технологии интернета вещей обеспечивают возможность подключения различных датчиков для отслеживания состояния груза и транспорта (температура, влажность, наличие движения и пр.).

## 6. Эффективные меры по безопасности

- Дроны для инспекции – использование беспилотных летательных аппаратов может ускорить процедуру безопасности и выявления нарушений.
- Моделирование рисков – применение программного обеспечения для оценки рисков при проектировании маршрутов и логистических процессов позволяет заранее выявлять потенциальные угрозы.

## 7. Обучение и тренировка персонала

- Симуляции и сценарные тренировки – использование VR-технологий для обучения сотрудников по вопросам безопасности, что позволяет заранее проработать различные сценарии и повысить уровень готовности к инцидентам.

## 5. Выводы

Современные технологии в сфере транспортной безопасности создают новые возможности для улучшения безопасности логистических процессов и защиты грузов. Интеграция этих технологий в повседневную практику позволяет минимизировать риски и повышать общий уровень эффективности в организации логистических операций. Таким образом, мы можем убедиться, что транспортная безопасность и транспортно-логистические процессы являются взаимосвязанными аспектами. Успешное объединение транспортной безопасности и транспортно-логистических процессов требует комплексного и системного подхода. Они должны быть сформированы на основе передовых технологий, обученных кадров и глубокого понимания рисков. Такой подход не только снижает издержки и минимизирует риски, но и способствует созданию безопасной и эффективной среды для всех участников логистической цепочки.

## Список литературы

1. Тихонов, А.А. Транспортная безопасность: новые подходы и методы / А.А. Тихонов // Вестник логистики. – 2021. – С. 45-58.
2. Лебедев, Р.Д. Тренды и вызовы в сфере транспортной логистики / Р.Д. Лебедев // Вестник транспортных наук. – 2023. – С. 34-49.
3. Волков, А.В. Инновационные подходы к обеспечению транспортной безопасности в логистике / А.В. Волков // Журнал транспортных исследований. – 2021. – С. 45-58.
4. Афонин, В.Г. Интеграция транспортной безопасности в логистические процессы / В.Г. Афонин // Логистика: исследования и практика. – 2023. – С. 101-115.
5. Солдатенкова, Т.А. Методология оценки транспортной безопасности в логистических цепях. / Т.А. Солдатенкова, Н.О. Ермолова // Управление и инновации. – 2019. – С. 56-65.
6. Федорова, Л. А. Транспортная безопасность в условиях цифровизации / Л.А. Федорова // Транспорт и логистика. – 2023. – С. 65-70.
7. Новиков, В. В. Инновационные технологии в логистике: от теории к практике / В.В. Новиков. – М.: Научный мир, 2022. – С. 17-25.

УДК 338-2-542

EDN  
[TWYXWB](#)

## Управление процессами водоподготовки и очистки воды методом сорбции

**М.Г. Трейман\***

Санкт-Петербургский университет промышленных технологий и дизайна,  
ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, 198095, Россия

\*E-mail: [britva-69@yandex.ru](mailto:britva-69@yandex.ru)

**Аннотация.** В исследовании представлены особенности организации процессор сорбции для водоподготовки и глубокой очистки водных ресурсов. В настоящее время процессы сорбции достаточно хорошо изучены, и они позволяют осуществить глубокую сорбционную очистку воды. Использование современных технологий позволило выработать новую загрузку для сорбционных фильтров, к которой относится Квалисорб. Квалисорб является универсальной загрузкой, позволяющей проводить очистку водных ресурсов от ионов тяжелых металлов (связывать их) и обеспечивать надлежащие органолептические свойства воды. Изучены свойства и скорость поглощения в результате процессов сорбции, а также определены особенности организации сорбции в условиях промышленного использования. Применение данных подходов дает возможность развивать методы глубокой очистки водных ресурсов.

**Ключевые слова:** водоподготовка, сорбция, квалисорб, фильтры с сорбционной загрузкой.

## Control of water treatment and purification processes by sorption method

**M.G. Treyman\***

Saint Petersburg University of Industrial Technologies and Design, 4 Ivan Chernykh  
St., Saint Petersburg, 198095, Russia

\*E-mail: [britva-69@yandex.ru](mailto:britva-69@yandex.ru)

**Abstract.** The study presents the features of the sorption processor organization for water treatment and deep purification of water resources. Currently, sorption processes are well studied, and they allow for deep sorption purification of water. The use of modern technologies has made it possible to develop a new load for sorption filters, which includes Qualisorb. Qualisorb is a universal loading that allows water resources to be cleaned of heavy metal ions (bind them) and ensure proper organoleptic properties of water. The properties and rate of absorption as a result of sorption processes have been studied, and the features of sorption organization in industrial use have been determined. The application of these approaches makes it possible to develop methods of deep purification of water resources.

**Keywords:** water treatment, sorption, qualisorb, sorption-loaded filters.



## 1. Введение

В настоящее время качество водных ресурсов напрямую зависит от примесей в их составе, поэтому необходимо усовершенствовать и обновлять методы очистки, особенно актуальны вопросы снижения негативного воздействия с точки зрения извлечения примесей, относящихся к тяжелым металлам: железу, марганцу, меди и пр.

Метод сорбции позволяет улучшить органолептическое состояние водных ресурсов и удалить органические соединения и нефтепродукты. Сорбционный метод относится к высокоэффективному, так как показывает высокий уровень степени очистки. Сорбция позволяет связать экологически опасные химические соединения, они сдерживаются силой молекулярного взаимодействия. Метод позволяет осуществить глубокую очистку воды. Регенерация фильтров с сорбционной загрузкой осуществляется раз в год за счет технологий прямой и обратной промывки. Для регенерации сорбента используются цеолиты, активированный уголь, керамзит [6].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель исследования: анализ и изучения особенностей процесса сорбции при загрузке в картридж-фильтры материала Квалисорб.

## 3. Методы и материалы исследования

Сорбционные материалы позволяют [4]:

1. Обеспечить экологическую безопасность водных ресурсов.
2. Высокая надежность и технологичность.
3. Бессточные технологии очистки воды.
4. Рециклинг ценных элементов.

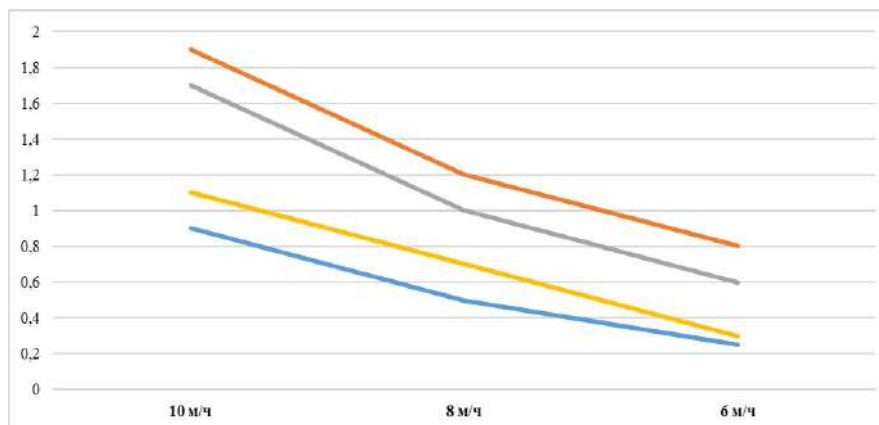
Наиболее эффективным в применении показал себя неорганический катионит. В нем сорбционные свойства совмещаются с катионным магний замещающим обменом.

Материал имеет значительную химическую активность и сорбционную емкость. Одним из наиболее распространенных сорбционных материалов является Квалисорб.

**Таблица 1.** Свойства Квалисорба в области сорбции загрязняющих веществ.

Наименование показателя	Исходная концентрация, мг/л	Концентрация в очищенной воде
Общая минерализация	328	315
Окисляемость перманганатная	2,3	0,3
Общая жесткость, мг-экв. / л	5,2	4,8
Железо общее	3,1	0,09
Марганец общий	0,5	0,02

Таким образом, мы видим значительное снижение общих показателей, то есть определенное улучшение качества водных ресурсов. Применение данной технологии позволяет улучшать не только общие свойства воды, но и регулировать специфические формы загрязнений органического характера, такие как нефтепродукты и различные формы органических соединений.



**Рисунок 1.** Сравнение сорбционных свойств железа при изменении поглощения.

Использование метода сорбции позволяет устранить привкусы и запахи в воде, то есть снять эффекты хлорирования и улучшить органолептические свойства воды. Сорбционные технологии позволяют обеспечить бесперебойную очистку воды, фильтры с сорбционной загрузкой могут применяться на долгосрочную перспективу, поскольку сорбционная очистка достаточно длительные процесс и засорение загрузки происходит не часто. Сорбционная способность материалов и емкость является высокой, сорбент

легко нейтрализуется, поэтому зачастую используется для промышленной очистки воды, этот метод также является надежным и достаточно дешевым в использовании.

#### 4. Полученные результаты

Засыпной фильтр имеет объемный бак, при этом конструкция фильтров различна и зависит от решаемых задач. Сорбционный элемент загружается в баки в несколько слоев. Очистка осуществляется с помощью пористой структуры материала.

Сорбционный фильтр состоит из: корпуса с дренажно-распределительным устройством, блоком управления [2].

При этом сорбционная загрузка может быть различной: наиболее часто используемой является угольная загрузка. Это классический тип загрузки, направленные на снижение привкуса и запаха, так загрузка может быть и специфичной: использование материалов Квалисорба.

Квалисорб – это композитный минеральный материал, который позволяет удалять растворенные ионы металлов и коагулировать взвешенные нерастворенные вещества [1, 3]. Его конкурентным преимуществом является полное отсутствие вторичной эмиссии загрязняющих веществ и побочных продуктов очистки, что дает возможность проявлять высокую сорбционную активность. Внешний вид загрузки представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Внешний вид загрузки сорбционного материала Квалисорб [5].

Из данного материала изготавливаются фильтры – картриджи, позволяющие осуществлять механизмы флотации и сорбции. Такие фильтры имеют высокие

характеристики прочности и химической стойкости. Имеют высокую пропускную способность до 170 л/мин на 1 м<sup>2</sup> поверхности. Также они могут позволять осуществлять очистку от взвешенных веществ до 5 мкм, просты в обслуживании и эксплуатации.



**Рисунок 3.** Вид фильтров-картриджей для механизмов сорбции.

Таким образом, можно отметить, что метод сорбции широко распространен в современной действительности и позволяет использовать его для очистки воды как в бытовых, так и в промышленных целях, за счет поглощения тяжелых металлов.

## 5. Выводы

К положительным аспектам использования метода сорбции относятся:

- низкие капитальные затраты;
- более дешевое производство фильтров и простота их эксплуатации и сервисного обслуживания;
- безопасная производительность достигает 120%;
- полностью автоматизированный процесс эксплуатации фильтров;
- возможность использование вторичных материальных ресурсов для использования в технологии изготовления фильтров.

Отметим, что рассматриваемая технология является экологичной и позволяет решать множество проблемных аспектов, связанных с очисткой водных ресурсов для различных целей использования.

### Список литературы

1. Ильин, В. И. Совершенствование и интенсификация технологических процессов физико-химической очистки сточных и природных вод / В.И. Ильин. – Москва: РХТУ, 2013. – 79 с.
2. Соколов, Л. И. Обработка осадков сточных и природных вод: монография / Л. И. Соколов, Е. А. Лебедева, Д. А. Павликов. – Вологда: ВоГТУ, 2010. – 136 с.
3. Свергузова, Ж. А. Очистка жиро- и нефтесодержащих сточных вод отходом сахарной промышленности: монография / Ж. А. Свергузова, А. М. Благодырева. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет, 2011. – 196 с.
4. Шуленина, З.М. Вода техногенная: проблемы, технологии, ресурсная ценность / З.М. Шуленина, В. В. Багров, А. В. Десятов. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 401 с.
5. Гогина, Е. С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения / Е. С. Гогина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 2012. – 310 с.
6. Мамлеева, Н. А. Методы обезвреживания сточных вод, газовых выбросов и отходов производства и потребления: монография / Н. А. Мамлеева, Е.М. Бенько, В.В. Лунин. – М: Изд-во Московского университета, 2019. – 359 с.

УДК 004.942  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1003>

EDN  
[YTSYMZ](https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1003)

## Ресурсно-временной анализ транспортно-технологических циклов на основе GERT-сетевого моделирования

**В.А. Подоплелова\***

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90,  
Красноярск, 660049, Россия  
Сочинский государственный университет, ул. Пластунская, 94, Сочи,  
354003, Россия

\*E-mail: [podoplelovava@mail.ru](mailto:podoplelovava@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлен метод ресурсно-временного анализа транспортно-технологических циклов на основе GERT-сетевого моделирования. Рассмотрены две модели: базовая GERT с учетом только временного фактора и расширенная MTP-GERT (Multiple Transfer Parameters GERT), учитывающая время выполнения операций и потребляемые ресурсы. Предложены методы анализа неопределенности процесса реализации транспортно-технологических циклов: на основе дисперсии для однофакторного анализа и на основе ковариации для многофакторного анализа. Показано, что метод на основе ковариации позволяет получить более полную картину влияния различных факторов на неопределенность процесса реализации транспортно-технологических циклов. Применение данного подхода дает возможность выявить критические операции транспортно-технологического цикла и предоставить лицам, принимающим решения, надежную информацию для оптимизации процессов. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности управления сложными техническими системами.

**Ключевые слова:** GERT-сетевое моделирование, GERT-сетевой анализ, ресурсно-временной анализ.

## Resource-time analysis of transport-technological cycles based on GERT-network modeling

**V.A. Podoplelova\***

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049,  
Russia  
Sochi State University, Plastunskaya St., 94, Sochi, 354003, Russia

\*E-mail: [podoplelovava@mail.ru](mailto:podoplelovava@mail.ru)

**Abstract.** The article presents a method for resource-time analysis of transport-technological cycles based on GERT modeling. Two models are considered: the basic GERT taking into account only the time factor and the extended MTP-GERT (Multiple Transfer Parameters GERT) taking into account the time of operations and consumed resources. Methods for analyzing the uncertainty of the process of implementing transport-technological cycles are proposed: based on variance for single-factor analysis and based on covariance for multifactor analysis. It is shown that the method based on covariance allows obtaining a more complete picture of the influence of various factors on the uncertainty of the process of implementing transport-technological cycles. The use of this approach makes it possible to identify critical operations of the transport-technological cycle and provide decision makers with reliable information for process optimization. The results of the study can be used to improve the efficiency of complex technical systems management.

**Keywords:** GERT network modeling, GERT network analysis, resource-time analysis.

## 1. Введение

Транспортно-технологические циклы (ТТЦ) представляют собой сложные процессы, характеризующиеся высокой степенью неопределенности [1-3]. Эта неопределенность обусловлена разнообразием операционной среды, ограничениями по ресурсам и пространству, многовариантностью выполнения операций, а также различными случайными факторами [4, 5]. Все эти аспекты напрямую влияют на анализ и оптимизацию ТТЦ, затрудняя эффективное прогнозирование таких ключевых параметров, как время выполнения операций и потребность в ресурсах.

Как отмечается в [6], традиционные методы моделирования, такие как IDEF, сети Петри и PERT, хотя и позволяют описать структуру ТТЦ, не дают возможности провести полноценный анализ неопределенности процесса. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых подходов, способных учесть стохастическую природу ТТЦ и оценить влияние различных факторов на общую неопределенность процесса.

Метод графической оценки и анализа (GERT) представляет собой перспективный инструмент для моделирования сложных стохастических сетей с логическими узлами и направленными ветвями. GERT позволяет учесть вероятностный характер выполнения операций и их параметров, что делает его особенно подходящим для анализа ТТЦ [7].

В данной работе предлагается использовать расширенную версию GERT - MTP-GERT (Multiple Transfer Parameters GERT [5]) для построения модели ТТЦ, учитывающей как временные, так и ресурсные параметры операций [8-10]. На основе этой модели разрабатывается метод анализа чувствительности, позволяющий оценить вклад отдельных операций в общую неопределенность процесса реализации ТТЦ.

Предлагаемый подход направлен на решение актуальной задачи повышения эффективности управления ТТЦ путем выявления критических операций и предоставления лицам, принимающим решения (ЛПР), более надежной прогнозной информации для оптимизации процессов.

## 2. Методы и материалы исследования

В данном исследовании для ресурсно-временного анализа транспортно-технологических циклов применяются метод графической оценки и анализа и его модификация – метод оценки множественных параметров (MTP-GERT).



Для моделирования транспортно-технологического цикла с учетом только временного фактора используется базовая модель GERT [11]. Основными элементами модели являются узлы, представляющие логические операции, и направленные ветви, соответствующие отдельным операциям цикла. Каждая операция характеризуется вероятностью выполнения и передаточной  $W$ -функцией.

Для учета как временных, так и ресурсных параметров применяется расширенная модель MTP-GERT [5]. В этой модели каждая операция характеризуется временем выполнения и количеством потребляемых ресурсов. Предполагается линейная зависимость между временем и ресурсами.

Для анализа неопределенности используются два метода. Метод на основе дисперсии применяется для однофакторного анализа, где оценивается влияние изменения времени отдельной операции на общую дисперсию длительности процесса. Метод на основе ковариации используется для многофакторного анализа, где учитывается взаимосвязь между временем и ресурсами операций.

Применение данных методов позволяет выявить критические операции транспортно-технологического цикла и оценить их влияние на общую неопределенность процесса с учетом временных и ресурсных ограничений. Это дает возможность более точно моделировать сложные стохастические процессы и предоставлять надежную информацию для принятия управленческих решений по оптимизации транспортно-технологических циклов [12-14].

### 3. Результаты и обсуждение

MTP-GERT, являясь расширенной версией базовой модели GERT, позволяет учитывать несколько параметров при ресурсно-временном анализе ТТЦ. Таким образом, в рамках данного исследования будем использовать MTP-GERT для моделирования ТТЦ с учетом двух факторов: времени выполнения транспортно-технологических операций (ТТО) и потребляемых ресурсов на их выполнение [15-17].

Рассмотрим основные особенности MTP-GERT моделирования. Отметим, что базовый элемент модели представляет собой ТТО  $(i, j)$  со следующими параметрами:

- $t_{ij}$  - время выполнения операции;
- $c_{ij}$  - количество потребляемых ресурсов;
- $p_{ij}$  - вероятность выполнения операции.

Передаточная функция для операции  $(i, j)$  имеет вид:

$$W_{ij}(s_1, s_2) = p_{ij}M_{ij}(s_1, s_2),$$

где  $M_{ij}(s_1, s_2)$  – производящая функция моментов для операции  $(i, j)$ ,  $(s_1, s_2)$  – параметры, соответствующие времени и ресурсам.

При анализе используется линейная зависимость между временем и ресурсами:

$$c_{ij} = kt_{ij} + k_0$$

где  $k$  и  $k_0$  – константы.

Производящая функция моментов для допустимой реализации ТТЦ представляется, как:

$$M_E(s_1, s_2) = W_E(s_1, s_2) / P_E,$$

где  $W_E(s_1, s_2)$  – эквивалентная передаточная функция всего процесса реализации ТТЦ,  $P_E$  – вероятность выполнения ТТЦ.

Использование МТР-GERT позволяет моделировать ТТЦ, учитывая взаимосвязь между временем выполнения ТТО и потребляемыми ресурсами. Это дает возможность проводить более детальный анализ неопределенности процесса реализации ТТЦ и выявлять критические операции с учетом нескольких факторов.

Одним из методов анализа неопределенности процесса реализации ТТЦ является метод на основе дисперсии [18, 19]. Данный метод используется для однофакторного анализа неопределенности и обладает следующими характеристиками:

- анализируется только фактор времени выполнения операций ТТЦ;
- используется базовая модель GERT;
- индекс чувствительности рассчитывается как:

$$S_i = \text{Var}(T) \text{Var}(T_i),$$

где  $\text{Var}(T_i)$  – дисперсия длительности процесса реализации ТТЦ при изменении времени  $i$ -й операции;  $\text{Var}(T)$  – общая дисперсия длительности процесса реализации ТТЦ.

Используя метод на основе ковариации [20, 21], можно реализовать многофакторный анализ неопределенности. Отметим ключевые аспекты данного подхода:

- учет двух факторов: время выполнения операций ТТЦ и потребляемые ресурсы;
- использование расширенной модели МТР-GERT;
- возможность определения индекса чувствительности, который представляется в следующем виде:

$$S_i = \left| \frac{Cov(C_i, T_i)}{Cov(C, T)} \right|,$$

где  $Cov(C_i, T_i)$  – ковариация времени и ресурсов для  $i$ -й ТТО,  $Cov(C, T)$  – общая ковариация времени и ресурсов процесса реализации ТТЦ.

То есть, для заданного ТТЦ изменение общей продолжительности цикла, вызванное изменением времени ТТО или ресурсным обеспечением, может быть получено отдельно. Для ТТО  $X_j$  соответственно определим время и ресурсы реализации ТТЦ –  $T_i$  и  $C_i$ . Общая продолжительность процесса реализации ТТЦ –  $T$ , ресурсы –  $C$ . Тогда индекс чувствительности  $S_i$  является отношением ковариации  $Cov(C_i, T_i)$  определенного времени реализации ТТЦ и ресурсов для этой реализации и ковариации  $Cov(C, T)$ , соответствующей допустимой реализации полного транспортно-технологического цикла.

Подход на основе ковариации позволяет получить ЛПР более полную картину влияния различных факторов на неопределенность процесса реализации ТТЦ, учитывая взаимосвязь между временем выполнения операций и потребляемыми ресурсами.

#### 4. Заключение

В работе представлен один из подходов к анализу неопределенности процесса реализации ТТЦ на основе GERT моделирования. Рассмотрена модель на основе базовой GERT сети с учетом только фактора времени и модель на основе MTP-GERT, учитывающая факторы времени и ресурсов. Выполнен анализ неопределенности процесса реализации ТТЦ на основе дисперсии для однофакторного анализа и на основе ковариации для многофакторного анализа. Следует отметить, что анализ на основе ковариации дает индекс чувствительности влияния факторов, а результаты многофакторного анализа удобны на практике.

Предложенный подход позволяет эффективно решать задачу оценки неопределенности процессов реализации ТТЦ, так как многофакторный анализ с использованием ковариации дает более полную и достоверную картину влияния различных операций на общую неопределенность процесса реализации ТТЦ. Это позволяет выявлять наиболее критичные операции ТТЦ и предоставлять лицам, принимающим решения, более надежную прогнозную информацию для оптимизации ТТЦ.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на учет большего числа факторов неопределенности, а также разработку методов оптимизации ТТЦ на основе полученных результатов анализа и применение предложенного подхода к различным сложным техническим системам.

### Список литературы

1. Подоплелова, В. А. Обзор исследований в области Герт-анализа транспортно-технологических циклов / В. А. Подоплелова // Перспективы молодёжной науки: Материалы международной научной конференции (г. Красноярск, 25 декабря 2022 г.). – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 116-120. – EDN: TMFFCD.
2. Podoplelova, V. A. Review of research in the field of GERT analysis of transport and technological cycles / V. A. Podoplelova // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых (г. Красноярск, 29-31 марта 2023 г.). – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 785-788. – EDN: GCCTJM.
3. Li, Zh. Analysis of the Transmission of Project Duration and Cost Impacts Based on the GERT Network Technique / Zh. Li, X. Nie, B. Wang, T. Fan // Symmetry. – 2019. – V. 11. – № 3. – P. 337.
4. Wang, Zh. Research on SoS-GERT Network Model for Equipment System of Systems Contribution Evaluation Based on Joint Operation / Zh. Wang, S. Liu, Zh. Fang // IEEE Systems Journal. – 2020. – V. 14. – № 3. – P. 4188-4196.
5. Wu, Y. Multi-parameters uncertainty analysis of logistic support process based on GERT / Y. Wu, X. Pan, R. Kang, C. He and L. Gong // Journal of Systems Engineering and Electronics – 2014 – V. 25 – № 6 – P. 1011-1019 – DOI: 10.1109/JSEE.2014.00116.
6. Иконникова, М. Ф. Сравнительный анализ вероятностных показателей бизнес-процессов методами GERT-сетевого и имитационного моделирования / М. Ф. Иконникова, И. В. Ковалев, В. А. Подоплелова // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2024. – № 3. – С. 30-37. – DOI: 10.25791/asu.3.2024.1494. – EDN: EXAUPB.
7. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S

- Web of Conferences. – 2024. – V. 471. – P. 04017. – DOI: 10.1051/e3sconf/202447104017. – EDN: LGAJJO.
8. К вопросу минимизации затрат в GERT-сетевых моделях транспортно-технологических циклов БПЛА / И. В. Ковалев, Д. И. Ковалев, К. Д. Астанакулов [и др.] // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11. – № 2(41). – С. 30-31. – DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.014. – EDN: RYOYMW.
  9. Ковалев, И. В. Формализация организационной структуры предприятия на основе сетевой GERT-модели / И. В. Ковалев, М. Ф. Иконникова, В. А. Подоплелова // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2023. – № 3. – С. 144-156. – DOI: 10.18137/RNU.V9187.23.03. P.144. – EDN: CTCNNW.
  10. Зырянов, А.А. Трансляция модели бизнес-процессов в нотации ARIS eEPC в GERT-сеть / А.А. Зырянов, М.Г. Доррер // Труды XI Международной конференции «ФАМЭБ-2012». – Красноярск: НИИППБ, СФУ, 2012. – С. 186-192.
  11. Tsepkova, M.I. Time characteristics assessment of performance of information processing system using modified GERT-network / M.I. Tsepkova // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1353. – №. 1. – P. 012106. – EDN: ODSEYI.
  12. Ковалев, И.В. Анализ средств спецификации транспортно-технологических циклов БПЛА в умном сельском хозяйстве / И. В. Ковалев, Д. И. Ковалев, В. А. Подоплелова, М. Ф. Иконникова // Системы управления и информационные технологии. – 2023. – № 2(92). – С. 80-85. – EDN: JBEVZX.
  13. Kovalev, I. Digitalization of UAV transport and technological cycles in smart agriculture / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – V. 390. – P. 03014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202339003014. – EDN: MPXPRL.
  14. Kovalev, I. Conceptual basis for digitalization of specifications of transport and technological cycles of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – V. 443. – P. 06014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202344306014. – EDN: QEBFFO.
  15. Доррер, М.Г. Оценка числовых характеристик GERT-сети на основе эквивалентных преобразований / М.Г. Доррер, А.А. Зырянов // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – № 1 (4). – С. 175-184.

16. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас; пер. с англ. Е.Г. Коваленко, М.Г. Фуругяна. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
17. Neumann, K. Stochastic Project Networks: Temporal Analysis, Scheduling and Cost Minimization / K. Neumann. – Berlin: Springer-Verlag, 1990. – 237 p.
18. Жилин, С.И. Решение задач дисперсионного и ковариационного анализа методом центра неопределенности / С.И. Жилин // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – № 1-2. – С. 54-57.
19. Боровикова, О. В. Применение моделей дисперсионного и ковариационного анализа в управлении качеством / О. В. Боровикова // Актуальные проблемы экономического развития: сборник докладов XI Международной заочной научно-практической конференции (г. Белгород, 01 сентября - 01 ноября 2020 г.). – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2020. – С. 75-79.
20. Горленко, О. А. Ковариационный анализ / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць // Справочник. Инженерный журнал. – 2019. – № S1. – С. 1-20. – DOI: 10.14489/hb.supr.2019.01.pp.001-020. – EDN: VQSNVK.
21. Туровский, Я. А. Развитие метода повышения частотного разрешения на основе ковариационного анализа / Я. А. Туровский, С. В. Борзунов, А. А. Вахтин // Цифровая обработка сигналов и её применение (DSPA-2022): материалы 24-я Международной конференции (г. Москва, 30 марта - 01 апреля 2022 г.), выпуск: XXIV. – Москва: Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, 2022. – С. 211-215. – EDN: TRPZIB.

УДК 546.05:549.613.4  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1004>

EDN  
[TYXCAS](https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1004)

## Каолинфосфатная связка

**Н.В. Филатова\*, Н.Ф. Косенко, М.А. Баданов**

Ивановский государственный химико-технологический университет,  
пр. Шереметевский, 7, Иваново, 153000, Россия

\*E-mail: [zyanata@mail.ru](mailto:zyanata@mail.ru)

**Аннотация.** Синтезирована геополимерная каолинфосфатная связка, исходя из метакаолина, полученного из природного каолина (750 °С), и 40 % ортофосфорной кислоты. Выбор силиката алюминия  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  был обусловлен потенциальной возможностью введения ценного компонента – муллита  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  в состав матрицы в процессе термической обработки композита, изготовленного на данной связке по керамической технологии. С помощью ИК-спектрального анализа (полосы 1250-1030, 1113-1092, 810-609, 744  $cm^{-1}$ ) подтверждено образование связей Si–O–P, Al–O–P, Si–O–Al, характерных для геополимеров. В процессе обжига связки образовывались фосфаты алюминия различного состава, в частности  $Al(PO_3)_3$  и  $AlPO_4$ , а также силикофосфат  $SiP_2O_7$ . Начиная с 900 °С, появлялся муллит. Химическим методом (по массе остатка, не растворившегося в плавиковой кислоте) определено содержание муллита, образующегося в интервале температур 900-1500 °С. При дальнейшем использовании данной связки в синтезе высокотемпературных композитов, например огнеупорного назначения, муллитовая фаза будет играть положительную роль в составе затвердевшей матрицы, поскольку муллит имеет высокую огнеупорность, химическую и термическую стойкость.

**Ключевые слова:** каолин, метакаолин, фосфатная связка, геополимер, муллит.

## Kaolin-phosphate binder

**N.V. Filatova\*, N.F. Kosenko, M.A. Badanov**

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7 Sheremetevsky av.,  
Ivanovo, 153000, Russia

\*E-mail: [zyanata@mail.ru](mailto:zyanata@mail.ru)

**Abstract.** A geopolymer kaolin phosphate binder has been synthesized based on metakaolin obtained from natural kaolin (750 °C) and 40 % orthophosphoric acid. The choice of aluminum silicate  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  was due to the potential possibility of introducing a valuable component – mullite  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  into the matrix in the process of heat treatment of a composite made on this binder using ceramic technology. Using IR spectral analysis (bands 1250-1030, 1113-1092, 810-609, 744  $cm^{-1}$ ), the formation of Si–O–P, Al–O–P, Si–O–Al bonds characteristic of geopolymers was confirmed. In the process of the binder burning, various aluminum phosphates were formed, in particular,  $Al(PO_3)_3$  and  $AlPO_4$ , as well as silicophosphate  $SiP_2O_7$ . Starting from 900 °C, mullite appeared. By chemical method (by the mass of the residue not dissolved in hydrofluoric acid), the content of mullite formed in the temperature range of 900-1500 °C was determined. With further use of this binder in the synthesis of high-temperature composites, for example, for refractory purposes, the mullite phase will play a positive role in the composition of the solidified matrix, since mullite has high refractoriness, chemical and thermal resistance.

**Keywords:** kaolin, metakaolin, phosphate binder, geopolymer, mullite.



## 1. Введение

Фосфатные связки получили широкое распространение начиная с середины XX века, в технике высоких температур, в качестве специальных строительных материалов, в электротехнике, стоматологии и проч. [1]. Такие связующие готовят, используя чистые оксидно-гидроксидные компоненты, природное сырье и даже техногенные продукты. Неорганические полимеры, полученные в ходе реакций природных алюмосиликатных материалов или силикатов алюминия с активирующими их щелочными или кислотными реагентами, назвали геополимерами (ГП) [2-4]. В последние годы большое внимание уделяется фосфатным ГП, приготовленным на фосфорной кислоте или растворе фосфата [5-6] и имеющим хорошие термические и механические свойства. Наиболее часто в качестве алюмосиликатного компонента выбирают каолин как доступный природный материал на основе минерала каолинита  $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$  ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), содержащего сравнительно немного примесей [7]. В ряде работ используют метакаолин (МК) – обезвоженный каолин ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) [8-9]. Многочисленные публикации по ГП связующим (geopolymer binder) описывают затвердевшие вяжущие композиции, приготовленные с соотношением между жидкой и твердой фазой ( $Ж/Т$ ) от 0,28-0,45 [10-11] до 0,8-1,0 [10, 12, 13]. Использование более высоких соотношений  $Ж/Т$  позволяет приготовить связки, применимые для изготовления композиционных материалов, в том числе и высокотемпературных, по керамической технологии [14].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью настоящей работы является характеристика поведения каолинфосфатной связки (КФС) различными физико-химическими методами при термообработке.

## 3. Методы и материалы исследования

Для приготовления связки использовали обогащенный каолин месторождения Журавлиный Лог (Челябинская обл.), описанный в работах [15] с удельной площадью поверхности  $(13,8 \pm 0,4)$  м<sup>2</sup>/г. Методика приготовления связки описана в работе [14].

Для исследования связки применяли ИК-спектральный и рентгенофазовый (РФА) анализы. РФА осуществляли на установке Powdix 600/300 с медным анодом ( $\lambda=1.54$  Å, 40 кВ, 10 мА). Для расшифровки дифрактограмм использовали базы данных JCPDS/ICDD PDF ( $AlPO_4$ : 01-072-1161, 01-076-0228, 01-070-4689 00-048-0052;  $Al(PO_3)_3$ : 00-013-0430, 00-015-0364;  $SiP_2O_7$ : 15-564. 15-563;  $SiO_2$ : 01-089-1961 муллит: 79-1275). ИК-спектры снимали на спектрометре Avatar 360-FT-IR (фирма "Nicolet").

#### 4. Полученные результаты

В процессе обжига КФС образовывались фосфаты алюминия в виде  $Al(PO_3)_3$  и  $AlPO_4$ , силикофосфат  $SiP_2O_7$ ; начиная с  $900\text{ }^\circ\text{C}$  появлялся муллит  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  (рисунок 1).

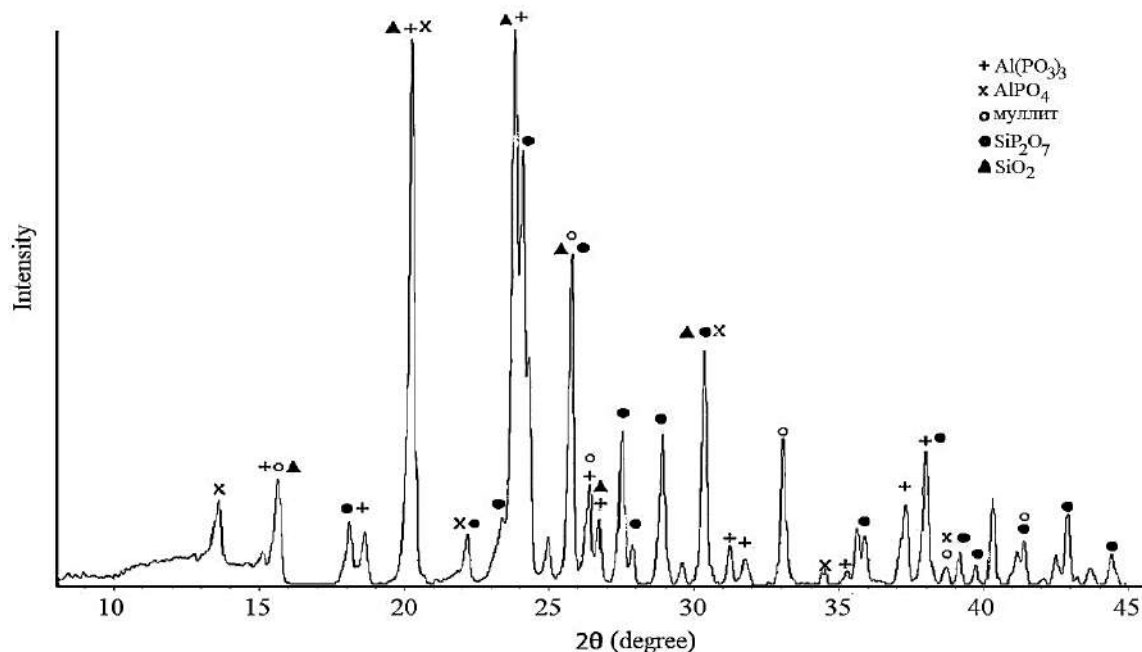
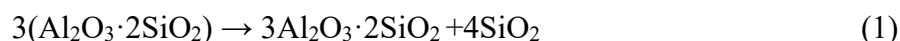


Рисунок 1. Дифрактограмма КФС, обожженной при  $900\text{ }^\circ\text{C}$ .

Присутствие значительного количества  $SiO_2$  в обожженной КАФ (рисунок 1) связано с выделением свободного кремнезема из метакаолина в процессе термообработки (уравнение 1):



Из-за сложности дифрактограмм, вследствие наложения пиков фосфатов алюминия и кремния, кремнезема, муллита, выход муллита количественно определяли химическим методом по массе остатка, не растворившегося в 20 % плавиковой кислоте [16]. Полученные данные представлены на рисунке 2. Содержание муллита возрастало с повышением температуры, достигая  $\sim 50\text{ г}/100\text{ г}$  метакаолина.

На рисунке 3 приведен ИК-спектр КФС после термообработки при  $900\text{ }^\circ\text{C}$ . Полосы в высокочастотной области ( $3448\text{ см}^{-1}$ ) соответствовали симметричным валентным колебаниям ОН-групп в гидратных оболочках октаэдрически координированных катионов металлов. Полосы  $2923\text{--}2926$  и  $2850\text{--}2853\text{ см}^{-1}$  можно объяснить СН-колебаниями за счет органических примесей [17]. Полоса  $1631\text{ см}^{-1}$

отвечала валентным колебаниям Al-OH. Характеристические колебания фосфатов и алюмосиликатов сосредоточены в низкочастотной области спектра. Колебания, присущие силикатам  $\nu(\text{Al/Si-O-Si})$  в тетраэдрах  $\text{AlO}_4$ ,  $\text{SiO}_4$ , проявлялись в полосе 1092-1113  $\text{cm}^{-1}$ .

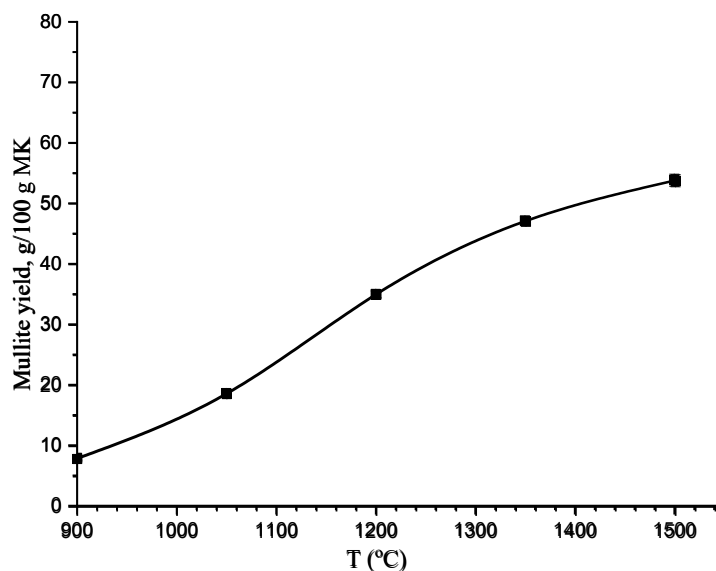


Рисунок 2. Содержание муллита в КФС после термообработки при различных температурах.

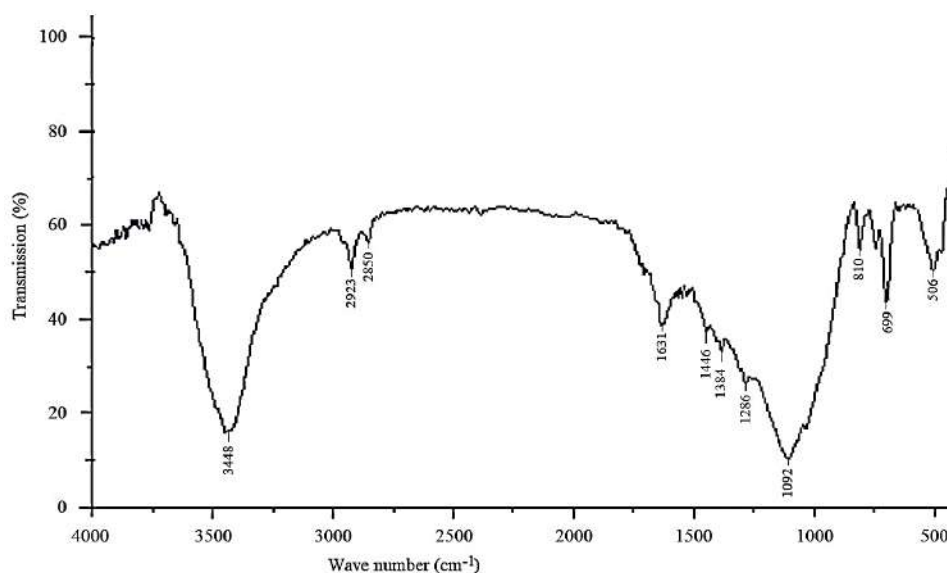


Рисунок 3. ИК-спектр КФС, обожженной при 900 °C.

Образование различных фосфатов, установленное с помощью РФА, подтверждалось наличием широкой в значительной степени неразрешенной полосы в области 1250-1030  $\text{cm}^{-1}$ , включавшей в себя валентные колебания  $\nu_{\text{as}}(\text{P-O-P})$ ,  $\nu(\text{P-O-Si})$ ,

$\nu_s(\text{P-O})$ ,  $\nu_s(\text{P-OH})$ ,  $\nu(\text{P-O-Al})$ . Появление полос в области  $810\text{-}699\text{ см}^{-1}$  можно связать с валентными колебаниями связей Al-O и колебаниями  $\delta(\text{Si-O-P})$  и  $\delta(\text{P-O-P})$ . В этом диапазоне можно выделить узкую полосу  $744\text{ см}^{-1}$ , отражающую связь Si-O-Al, характерную для алюмосиликатов, в т.ч. муллита. Небольшая полоса  $476\text{ см}^{-1}$ , по-видимому, отвечала деформационным колебаниям Si-O и P-O-P [18]. Таким образом, как рентгенофазовый, так и ИК-спектральный анализ подтверждает начало образования муллита  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  при сравнительно низкой температуре обжига ( $900\text{ }^\circ\text{C}$ ). При дальнейшем использовании КФС в синтезе высокотемпературных композитов, например огнеупорного назначения, муллитовая фаза будет играть положительную роль в составе затвердевшей матрицы, поскольку муллит имеет высокую огнеупорность, химическую и термическую стойкость.

## 5. Выводы

Изучена каолинфосфатная связка, полученная из метакаолина и ортофосфорной кислоты. С помощью рентгенофазового, ИК-спектрального и химического анализа охарактеризован ее состав после обжига. Показано, что образование муллита начинается при  $900\text{ }^\circ\text{C}$ .

## Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2024-0004).

## Список литературы

1. Судакас, Л.Г. Фосфатные вяжущие системы / Л.Г. Судакас. – СПб: РИА "Квинтет", 2008. – 260 с.
2. Davidovits, J. Geopolymer. Chemistry & Applications, 4th ed. / J. Davidovits. –Saint-Quentin, France: Geopolymer Institute, 2015.
3. Djobo, J.N.Y. Insights into alkali and acid-activated volcanic ash-based materials: A review / J.N.Y. Djobo, S. Tome // Cement and Concrete Composites. – 2024. – V. 152. – 105660. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2024.105660.
4. Cong, P. Advances in geopolymer materials: A comprehensive review / P. Cong, Y. Cheng // J. Traffic Transp. Eng. – 2021. – V. 8. – Is. 3. – P. 283-314. DOI: 10.1016/j.jtte.2021.03.004.

5. Katsiki, A. Aluminosilicate phosphate cements – a critical review / A. Katsiki // *Adv. Appl. Ceram.* – 2019. – V. 118. – Is. 5. – P. 274-286. DOI: 10.1080/17436753.2019.1572339
6. Ma, S. Comprehensive understanding of aluminosilicate phosphate geopolymers: a critical review / S. Ma, Z. Zhang, X. Liu // *Materials.* – 2022. – V. 15. – Is. 17. – 5961. DOI: 10.3390/ma15175961.
7. Mocciaro, A. Ceramic properties of kaolinitic clay with monoaluminum phosphate ( $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ ) addition / A. Mocciaro, M.S. Conconi, N.M. Rendtorff, A.N. Scian // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.* – 2021. – V. 144. – P. 1083-1093. DOI: 10.1007/s10973-020-10488-2.
8. Sellami, M. Synthesis, thermal properties and electrical conductivity of phosphoric acid-based geopolymer with metakaolin / M. Sellami, M. Barre, M. Toumi // *Applied Clay Science.* – 2019. – V. 180. – 105192. DOI: 10.1016/j.clay.2019.105192.
9. Khabbouchi, M. Interaction of metakaolin-phosphoric acid and their structural evolution at high temperature / M. Khabbouchi, K. Hosni, M. Mezni, C. Zanelli, M. Doggy, M. Dondi, E. Srasra // *Appl. Clay Sci.* – 2017. – V. 146. – P. 510-516. DOI: 10.1016/j.clay.2017.07.006.
10. Djobo, J.N.Y. Preparation of acid aluminum phosphate solutions for metakaolin phosphate geopolymer binder / J.N.Y. Djobo, R.Y. Nkwaju // *RSC Adv.* – 2021. – V. 11. – P. 32258-32268. DOI: 10.1039/d1ra05433c.
11. Djobo, J.N.Y. Understanding the binder chemistry, microstructure, and physical properties of volcanic ash phosphate geopolymer binder / J.N.Y. Djobo, D. Stephan // *J. Am. Ceram. Soc.* – 2022. – V. 105. – Is. 5. – P. 3226-3237. DOI: 10.1111/jace.18333
12. Zribi, M. Phosphate-based geopolymers: a critical review / M. Zribi, S. Baklouti // *Polymer Bull.* – 2021. – V. 79. – P. 6827-6855. DOI: 10.1007/s00289-021-03829-0.
13. Douiri, H. Water molecular dynamics of metakaolin and phosphoric acid-based geopolymers investigated by impedance spectroscopy and DSC/TGA / H. Douiri, I. Kaddoussi, S. Baklouti, M. Arous, Z. Fakhfakh // *J. Non-Cryst.* – 2016. – V. 445-446. – P. 95-101. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2016.05.013.
14. Филатова, Н.В. Геополимерное связующее на основе каолина / Н.В. Филатова, Н.Ф. Косенко, К.С. Садкова // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.* – 2024. – Т. 80. – № 4. – С. 146-152.

15. Filatova, N.V. The physicochemical investigation of the Zhuravliny Log kaolin. Part 1. / N.V. Filatova, N.F. Kosenko, O.P. Denisova, K.S. Sadkova // ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. – 2022. – V. 65. – N. 8. – P. 85-93. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6656.
16. Косенко, Н.Ф. Кинетика твердофазного синтеза муллита из активированных прекурсоров / Н.Ф. Косенко, Н.В. Филатова, Ю.В. Пимков // Изв. высш. учебн. завед. Хим. и хим. технол. – 2016. – Т. 59. – №. 1. – С. 36-38. DOI: 10.6060/tcct.20165901.5298.
17. Aroke, U.O. Fourier-transform Infrared Characterization of Kaolin, Granite, Bentonite and Barite / U.O. Aroke, A. Abdulkarim, R.O. Ogubunka // ATBU J. Environmental Technol. – 2013. – V. 6. – N. 1. – P. 42-53.
18. Khabbouchi, M. Structural, conductive and dielectric properties of silicon phosphate SiP<sub>2</sub>O<sub>7</sub> synthesis from activated clay / M. Khabbouchi, K. Hosni, R. Zidi, E. Srasra // Applied Clay Science. – 2019. – V. 178. – 105139. DOI: 10.1016/j.clay.2019.105139.

УДК 621.352

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1005>

EDN

[UIARRZ](#)

## Гибридный подход в моделировании интегрированной системы высокотемпературный твердооксидный топливный элемент-микрогазовая турбина

**Ф.Р. Гайнутдинов\*, Д.Ф. Гайнутдинова**

Казанский государственный энергетический университет, ул. Красносельская, 51, Казань, 420066, Россия

\*E-mail: [ebkkk@yandex.ru](mailto:ebkkk@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлена цифровая модель мембранно-электродного блока твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ), учитывающая гидродинамику, массоперенос, а также электрохимические и тепловые эффекты в структуре элемента. Рассмотрен гибридный подход к моделированию, повышающий точность прогнозирования производительности топливных элементов, и снижающий затраты на вычисления.

**Ключевые слова:** твердооксидный топливный элемент (ТОТЭ), микрогазовая турбина (МГТ), гибридная энергетическая система.

## Hybrid approach in modeling the integrated high-temperature solid oxide fuel cell-micro gas turbine system

**F.R. Gainutdinov\*, D.F. Gainutdinova**

Kazan State Power Engineering University, Krasnoselskaya St., 51, Kazan, 420066, Russia

\*E-mail: [ebkkk@yandex.ru](mailto:ebkkk@yandex.ru)

**Abstract.** The article presents a digital model of a solid oxide fuel cell (SOFC) membrane-electrode assembly, incorporating hydrodynamics, mass transfer, electrochemical effects, and thermal phenomena within the cell structure. A hybrid modeling approach is discussed, which enhances the accuracy of fuel cell performance prediction while reducing computational costs.

**Keywords:** solid oxide fuel cell (SOFC), micro gas turbine (MGT), hybrid energy system.



## 1. Введение

Новые системы преобразования энергии привлекают все большее внимание во всем мире из-за быстрорастущего и диверсифицированного потребления энергии. Гибридные системы твердооксидный топливный элемент – микрогазовая турбина (ТОТЭ - МГТ) считаются одной из наиболее потенциально перспективных технологий в производстве электроэнергии будущего из-за их благоприятного электрического КПД около 70% и низкого уровня деградации окружающей среды [1]. Химическая энергия в топливе может быть непосредственно преобразована в электрическую энергию в ТОТЭ посредством электрохимических реакций, на которые не распространяются ограничения эффективности Карно.

Высокий диапазон рабочих температур 600-1000 °С в ТОТЭ является ещё одним большим преимуществом, так как позволяет осуществлять внутренний реформинг углеводородного топлива и теоретически обеспечивает возможность интеграции с нисходящими циклами, тем самым повышая гибкость в выборе топлива и общую эффективность гибридной технологии. В свою очередь, соединение с микрогазовой турбиной обеспечивает ТОТЭ условия работы под давлением, благоприятные для рабочего напряжения, и позволяет максимально эффективно использовать выхлопные газы ТОТЭ, вырабатывая дополнительную энергию [2].

Значительное упрощение компоновки систем и вспомогательного оборудования может быть достигнуто за счёт высокой согласованности диапазонов параметров двух устройств, несмотря на их сильно различающиеся характеристики. Например, согласованность уровней давления означает, что между компонентами требуются менее сложные соединения, а радиальные коммерческие микротурбины без охлаждения лопастей могут использоваться для гибридизации при правильной конструкции [3].

Анализ литературных данных показал:

- недостаточную проработку режимов совместной работы ТОТЭ и турбины при переменных нагрузках (например, при пиковых нагрузках или переходных процессах);
- отсутствие комплексных моделей, учитывающих тепловые, электрические и механические взаимовлияния компонентов;
- неизученность влияния микрогазовой турбины на скорость деградации электродов (например, из-за вибраций, перепадов давления);

- недостаток исследований по снижению себестоимости гибридных систем для малой энергетики (бытовое/промышленное применение).

Обозначенные выше практические и теоретические проблемы позволили сформулировать актуальность настоящего исследования – моделирование гибридной системы ТОТЭ-МГТ с применением программного пакета ANSYS Fluent.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью работы является исследование гибридизации ТОТЭ – МГТ на органическом и альтернативных топливах в технологическом цикле производства электрической и тепловой энергии (рисунок 1).

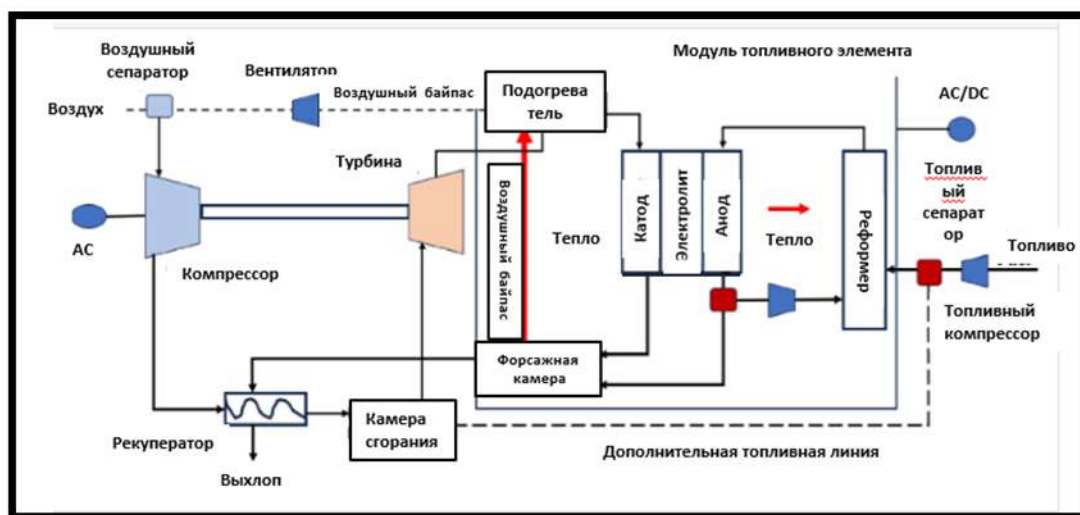


Рисунок 1. Гибридная система ТОТЭ - МГТ.

### 2.1. Математическое моделирование гибрида ТОТЭ-МГТ

В настоящее время активно развивается «цифровое производство», предполагающее точное и надёжное моделирование рабочего цикла энергетического оборудования в виртуальной среде на основе достоверной идентификации характеристик и прогнозирования неизвестных параметров. Цифровые двойники гибридных систем ТОТЭ-МГТ уже исследуются для оптимизации КПД, прогноза износа и снижения эксплуатационных рисков в энергосистемах [4]. Создание цифрового двойника требует детального моделирования компонентов (электрохимические процессы ТОТЭ, термодинамика МГТ); интеграции взаимодействий (теплообмен, управление нагрузкой, синхронизация работы).

### 3. Методы и материалы исследования

Цифровое моделирование выполнялось на персональном компьютере с процессором Intel Xeon Gold, 512 ГБ оперативной памяти и твердотельным накопителем емкостью 1 ТБ для более точного и быстрого математического моделирования.

Расчёты выполнялись с помощью программного обеспечения Ansys 2020 R2, предназначенного для анализа методом конечных элементов. Геометрическая модель блока построена в соответствии со спецификацией. Модель в этом исследовании основана на ТОТЭ на анодной основе, разработанном Ningbo SOFCMAN, Китай. Потoki поступают/выходят из блока топливных элементов через коллекторы. Каждый блок топливных элементов состоит из электролита и пористых электродов с системой газораспределительных каналов и межсоединений, для ячейки из 30 элементов имеется 900 повторяющихся блоков.

В качестве топлива были смоделированы водород, метан/водород ( $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$ ), а также смесь метана, водорода, воды, угарного газа и углекислого газа являющиеся продуктами переработки отходов нефтепереработки.

### 4. Полученные результаты

Связь с твердооксидными топливными элементами и включение рекуператора существенно изменяют количество независимых переменных в соответствующем уравнении, в то время как количество независимых параметров при моделировании уменьшается, если учитывать проблемы согласования турбомашин. По сравнению с простой гибридизацией, существует всё более сложное взаимное влияние и ограничения между параметрами на входе и выходе, которые связаны процессом рекуперации тепла. Количественный анализ факторов, влияющих на конструкцию турбины, показывает, что эффективность системы повышается на 14-16% с учётом потерь давления в компонентах. При надлежащей конструкции турбины можно достичь электрической эффективности 68% при эффективности рекуператора 0,9. Результаты также показывают значительно расширенные диапазоны рабочих режимов турбомашин при более низкой эффективности рекуператора 0,8 в качестве компенсации за снижение электрической эффективности на 3% в расчётных условиях. На основе анализа работы вне расчётных условий для предлагаемой системы разработана карта характеристик, обеспечивающая стабильное рабочее состояние.

Оптимальное использование топлива из ТОТЭ изменилось с 65% до 55%, когда рабочая температура ТОТЭ снизилась с 835 °С до 635 °С. Максимальная (минимальная) эффективность системы составила 74% (49%) при 65% (90%) использовании топлива в SOFC при температуре 835 °С (635 °С). Результаты показывают, что высокая рабочая температура приводит к высокой эффективности всей гибридной системы, но высокое потребление топлива может привести к снижению эффективности системы.

## 5. Выводы

В рамках данного исследования была создана цифровая модель, объединяющая механическую равновесную работу, электрохимические реакции и другие термодинамические процессы, для получения энергетических и эксплуатационных характеристик гибридных систем с твердооксидными топливными элементами и микрогазовой турбиной. Механизм определения равновесного режима работы предложен как для анализа на этапе проектирования, так и для эксплуатации вне проектных условий посредством повторного анализа классических требований к совместимости скорости и расхода.

## Список литературы

1. Huang, Y. Mechanical Equilibrium Operation Integrated Modelling of Recuperative Solid Oxide Fuel Cell – Gas Turbine Hybrid Systems: Design Conditions and Off-Design Analysis / Y. Huang, A. Turan // Applied Energy. – 2021. – Vol. 283. – P. 116237.
2. Гайнутдинов, Ф.Р. Твердооксидные топливные элементы в гибридных системах энергоснабжения / Ф.Р. Гайнутдинов // Тинчуринские чтения-2023 «Энергетика и цифровая трансформация»: материалы Международной молодежной научной конференции (г. Казань, 26-28 апреля 2023 г.). – 2023. – Т. 2. – С. 39-42.
3. Гайнутдинов, Ф. Р. Применение газовых турбин малой мощности в гибридных энергоустановках / Ф. Р. Гайнутдинов, Д.Ф. Гайнутдинова // XXV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. – 2023. – Ч. 2. – С. 83-87.
4. Fuel Cell System Modeling for Solid Oxide Fuel Cell/Gas Turbine Hybrid Power Plants, Part I: Modeling and Simulation Framework // Journal of Power Sources. – 2011. – Vol. 196. – P. 1205-1215.

УДК 661.961

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1006>

EDN

[HMYRMJ](#)

## Цифровая модель установки производства водорода

**К.В. Вдовина<sup>\*</sup>, Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Р.Р. Габдрахманов**

Казанский национальный исследовательский технологический университет, пр. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: [vdovina.kristina@internet.ru](mailto:vdovina.kristina@internet.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам производства водорода в промышленных масштабах. В ней анализируется применение цифрового моделирования для данного процесса. Рассмотрены преимущества компьютерного тренажерного комплекса, основанного на цифровой модели установки, позволяющего избежать возможных проблем и опасностей при производстве водорода. Отражены случаи, позволяющие оптимизировать и модернизировать технологию производства водорода путем изменения режимов отдельных блоков установки.

**Ключевые слова:** производство водорода, цифровое моделирование, компьютерный тренажерный комплекс.

## Digital model of a Hydrogen production plant

**K.V. Vdovina<sup>\*</sup>, D.S. Gaifullin, E.V. Garifullina, R.R. Gabdrahmanov**

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Ave., Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russia.

\*E-mail: [vdovina.kristina@internet.ru](mailto:vdovina.kristina@internet.ru)

**Abstract.** The article is dedicated to the problems of Hydrogen production on an industrial scale. It analyses the application of digital modelling to this process. The advantages of the computer simulator based on the digital model of the plant are considered, which allows to avoid possible problems and hazards in hydrogen production. The cases are presented, which allow to optimise and modernise the technology of Hydrogen production by changing the modes of operation of individual units of the plant.

**Keywords:** Hydrogen production, mathematical modelling, production hazards.

## 1. Введение

Современное развитие науки и техники предъявляет высокие требования к методам исследования сложных физических и химических процессов. В связи с этим растет роль математического моделирования, благодаря которому возможно не только сократить затраты на проведение экспериментов на физической модели, но и получить детальную информацию о процессе. Использование математического моделирования в химии, физике, механике и других технических дисциплинах становится ключевым инструментом для анализа сложных систем и прогнозирования их поведения.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью данной работы является изучение тренажера компании «RTSIM», установки производства водорода, а также анализ ее технологических параметров. Важной задачей является изучение актуальности использования математических моделей для описания технологических процессов.

### 2.1. Применение численных методов в научных исследованиях

Применение математического моделирования становится все более востребованным, поскольку проведение натуральных экспериментов требует значительных ресурсов, а получение детализированной информации о динамике течения процесса и химических реакциях представляет собой сложную задачу [1].

В современных исследованиях математическое моделирование позволяет определить оптимальные параметры физического эксперимента, тем самым сокращая временные и материальные затраты. В частности, моделирование течений различных процессов, осложненных химическими превращениями. Это является одной из наиболее сложных задач, которые требуют применения сложных вычислительных систем уравнений и связи с особенностью протекания тех или иных химических реакций [1].

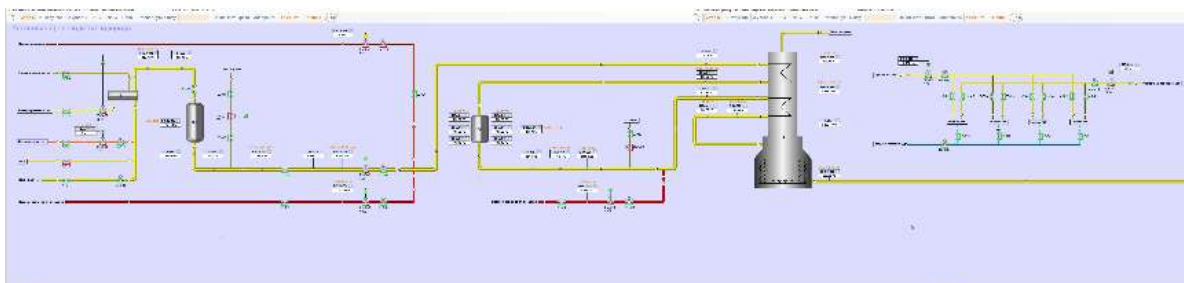
### 2.2. Компьютерное моделирование в различных науках

Компьютерное моделирование показало себя как стандартный метод исследования в различных областях науки. Этот метод позволяет получить новые знания об объектах, а также оценивать поведение сложных систем, которые трудно поддаются аналитическому исследованию. Проведение вычислительных экспериментов оказывается особенно полезным в тех случаях, когда проведение реальных экспериментов затруднено финансовыми, техническими или физическими ограничениями [3].

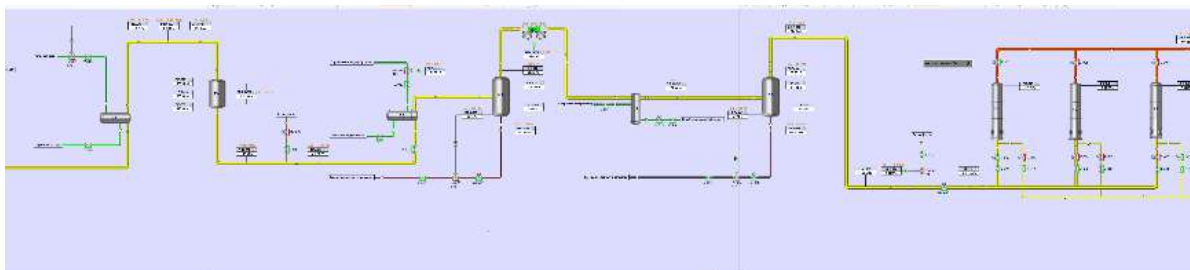
Применение компьютерных моделей в химии особенно важно, поскольку эта наука в большинстве своем опирается на экспериментальные методы. Математическое моделирование позволяет определить ключевые факторы, влияющие на свойства веществ, исследовать их реакционную способность и прогнозировать результаты химических превращений [4].

### 3. Методы и материалы исследования

Изучение работы установки производства водорода, проводилось с помощью компьютерного тренажерного комплекса компании «РТСИМ». Технологическая схема установки представлена на рисунках 1, 2.



**Рисунок 1.** Блок подготовки сырья (подогрев) и обессеривание, предрифформинг, паровой риформинг.



**Рисунок 2.** Конверсия CO в реакторе высокотемпературной конверсии, очистка конвертированного газа методом короткоцикловой абсорбции.

Установка включает в себя несколько технологических блоков:

- 1) подготовка сырья (подогрев) и обессеривание;
- 2) предрифформинг;
- 3) паровой риформинг;
- 4) конверсия CO в реакторе высокотемпературной конверсии;
- 5) очистка конвертированного газа методом короткоцикловой абсорбции.



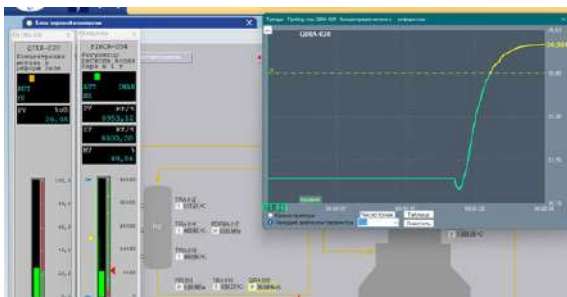
Рассмотрим преимущества использования компьютерного моделирования в технологических процессах на примере производства водорода такие как:

- Предотвращение образования взрывоопасных смесей: моделирование позволяет оптимизировать соотношение реагентов и условия процесса (температуру, давление), чтобы избежать накопления водорода в опасных концентрациях с воздухом или другими газами.
- Оптимизация процесса очистки водорода: в процессе получения водорода могут образовываться токсичные примеси, такие как монооксид углерода (CO) и сероводород (H<sub>2</sub>S). Моделирование позволяет разработать эффективные методы очистки водорода от этих примесей до безопасного уровня.
- Оптимизация энергопотребления: моделирование позволяет оптимизировать параметры процесса, чтобы снизить потребление энергии и повысить эффективность производства водорода. Это снижает стоимость производства и делает процесс более конкурентоспособным.
- Минимизация выбросов парниковых газов: некоторые методы получения водорода могут быть связаны с выбросами парниковых газов. Моделирование позволяет оптимизировать процесс, чтобы минимизировать эти выбросы и сделать его более экологичным.
- Утилизация отходов: моделирование может помочь разработать эффективные методы утилизации отходов производства водорода, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

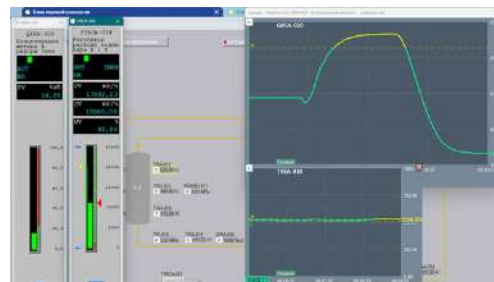
#### 4. Полученные результаты

Рассмотрим возможности и эффективность работы модели. Процесс паровой конверсии предназначен для получения технического водорода, который в дальнейшем идет на другие блоки такие как: гидроочистка, гидрокрекинг, изомеризация и т.д. Из особенностей ведения технологического процесса нужно отметить, что целевая реакция является эндотермической и протекает с увеличением объема. На графиках (рисунки 3,4) можно заметить, как изменяется концентрация метана в газе после прохождения реактора предриформинга. На рисунке 3 представлен вариант ведения технологического процесса, при условии когда на смешение с метаном подается меньшее количество водяного пара чем нужно, из-за чего после реактора остается повышенный процент непрореагировавшего метана. На рисунке 4 можно увидеть обратную ситуацию, когда

подается избыток водяного пара, что ведет в дальнейшем к уменьшению количества метана в газе, что приводит к росту температуры, которую необходимо подвести для проведения реакции. Следствием роста температуры является увеличение нагрузки на печь.



**Рисунок 3.** Тренд изменения концентрации метана после реактора предрифформинга при малой подаче водяного пара/



**Рисунок 4.** Тренд изменения температуры перед реактором и тренд концентрации метана после реактора предрифформинга при избыточной подаче водяного пара.

## 5. Выводы

Таким образом, моделирование процесса получения водорода является мощным инструментом для обеспечения безопасности, эффективности и экологической устойчивости производства. Оно позволяет заблаговременно выявлять и устранять потенциальные опасности, оптимизировать параметры процесса и разрабатывать эффективные стратегии контроля и защиты. Это, в свою очередь, позволяет снизить риски аварий, отравлений, коррозии оборудования и других нежелательных явлений, а также повысить экономическую эффективность и экологическую чистоту производства водорода.

## Список литературы

1. Евсеев, А. В. Совершенствование методов исследования технологий с химическими превращениями и их внедрение на графических процессорах: автореферат диссертации ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Евсеев Александр Владимирович. – Иваново, 2011. – 24 с.
2. Каримов, Е.Г. Компьютерное моделирование химических процессов / Е.Г. Каримов // Студенческий научный форум 2017: Материалы IX Международной студенческой

- научной конференции. – URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017037801> (дата обращения: 07.02.2025).
3. Габдрахманов, Р.Р. Цифровые тренажеры технологических процессов ртсим. карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе / Р.Р. Габдрахманов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, А.И. Черевина, Э.И. Мустеева // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: материалы IV Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием (г. Красноярск, 10 ноября 2023 г.). – Красноярск: ОУ «ККДНиТ», 2023. – С. 131-135.
  4. Гайфуллин, Д.С. Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде aspen hysys и анализ работы модели / Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Н.Ю. Башкирцева // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: материалы V Всероссийской (национальной) научной конференции (г. Красноярск, 08 ноября 2024 г.). Красноярск: ОУ «ККДНиТ», 2024. – С. 56-61.

УДК 632.952  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1007>

EDN  
[HXKLBV](#)

## Влияние растворов коммерческих фунгицидов различной концентрации на грибы *p. Fusarium*

К.В. Кукушкина\*

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, пр. Свободный, 66, Красноярск, 660041, Россия  
Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

\*E-mail: kristina\_fenix92@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена эффективность коммерческих фунгицидов разного состава и концентрации в отношении грибов *p. Fusarium*. Изучена чувствительность *in vitro* выделенных из зерен мягкой яровой пшеницы урожая 2022 года фитопатогенных грибов *p. Fusarium*. Использовали пять коммерческих фунгицидов, рекомендованных для борьбы с заболеваниями, вызванными грибами *p. Fusarium*, основанных на тебуконазоле и протиоконазоле, тебуконазоле, дифеноконазоле и тебуконазоле, тиabendазоле и тебуконазоле, флудиоксониле, карбоксине и тираме в концентрациях 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 и 1/32 от рекомендованной производителем. Прорастание конидий грибов *p. Fusarium* в контрольной группе составило 100 % на 5 сутки эксперимента. На рабочей концентрации все препараты, за исключением препарата Максим оказывают полное ингибирующее действие. Наиболее эффективными в отношении возбудителей заболеваний фузариозной этиологии действующими веществами являются тиabendазол, тебуконазол, протиоконазол, карбоксин и тирам, а флудиоксонил оказывает практически нулевой ингибирующий эффект. Препарат на основе флудиоксонил оказывает наилучший ингибирующий эффект, а тебуконазол в сочетании с дифеноконазол, в единичных случаях, оказывает слабое фунгицидное воздействие начиная с 1/4 от рекомендованной рабочей концентрации.

**Ключевые слова:** *p. Fusarium*, штаммы, фунгициды, ингибирующее действие, зерна пшеницы.

## The effect of commercial fungicide solutions of various concentrations on *P. Fusarium* fungi

K.V. Kukushkina<sup>2\*</sup>

Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Agriculture is a separate unit of the FITC KSC SB RAS, 66 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia  
Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

\*E-mail: kristina\_fenix92@mail.ru

**Abstract.** The effectiveness of commercial fungicides of various compositions and concentrations against *P. Fusarium* fungi is considered. The *in vitro* sensitivity of phytopathogenic *P. Fusarium* fungi isolated from grains of soft spring wheat harvested in 2022 was studied. Five commercial fungicides recommended for the control of diseases caused by *P. Fusarium* fungi were used, based on tebuconazole and prothioconazole, tebuconazole, diphenconazole and tebuconazole, thiabendazole and tebuconazole, fludioxonil, carboxine and tiram in concentrations 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 and 1/32 of the recommended by the manufacturer. The germination of conidia of *P. Fusarium* fungi in the control group was 100% on the 5th day of the experiment. At the operating concentration, all drugs, with the exception of Maxim, have a complete inhibitory effect. The most effective active substances against causative agents of fusarium etiology are thiabendazole, tebuconazole, prothioconazole, carboxine and tiram, and fludioxonil has almost zero inhibitory effect. The fludioxonil-based drug has the best inhibitory effect, and tebuconazole in combination with difenoconazole, in isolated cases, has a weak fungicidal effect starting from 1/4 of the recommended working concentration.

**Keywords:** *p. Fusarium*, strains, fungicides, inhibitory effect, wheat grains.

## 1. Введение

Грибы *p. Fusarium* являются распространенными возбудителями заболеваний зерновых культур во всех зернопроизводящих регионах мира. В зависимости от степени поражения данными фитопатогенами потери урожая могут достигать 40 % [1-3]. Основным методом борьбы с представителями данного рода является химический метод обработки посевного материала перед высевом в почву [4].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Изучить воздействие растворов коммерческих фунгицидов разной концентрации на грибы *p. Fusarium*.

## 3. Методы и материалы исследования

Объектами исследования были коммерческие фунгициды широкого спектра действия, рекомендованные в том числе к применению против фитопатогенных грибов *p. Fusarium* [5]. Химический состав фунгицидов представлен в таблице 1.

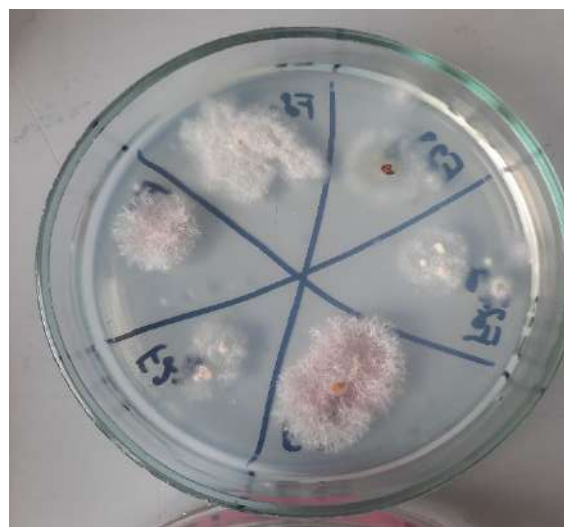
**Таблица 1.** Химический состав фунгицидов.

Препарат	Действующее вещество, г/л						
	Дифено- коназол	Тебу- коназол	Тиабе- ндазол	Проти- оконазол	Флуди- оксонил	Карбоксин	Тирам
Оплот	90	45	-	-	-	-	-
Виал	-	60	80	-	-	-	-
ТрасТ	-	150	-	250	-	-	-
Максим	-	-	-	-	25	-	-
Витарос	-	-	-	-	-	198	198

Тест-объектами служили 6 штаммов фитопатогенных грибов *p. Fusarium* выделенные из зерна мягкой яровой пшеницы. Активность препаратов проверяли по прорастанию конидий грибов в рабочих растворах, приготовленных в соответствии с рекомендациями производителей для протравливания зерна пшеницы, а также в растворах препаратов в концентрации 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 и 1/32 от рекомендованной рабочей концентрации. Контролем служили конидии штаммов, высаженные на питательную среду Чапека-Докса в чашки Петри.



**Рисунок 1.** Типичный вид чашек Петри с исследуемыми штаммами на различных концентрациях препарата Виал ТростТ. (первые сутки).



**Рисунок 2.** Типичный вид чашки Петри с исследуемыми штаммами. Контрольная группа (третьи сутки).

#### 4. Полученные результаты

Проращение конидий грибов *p. Fusarium* в контрольной группе составило 100 % на 5 сутки эксперимента. На рабочей концентрации все препараты, за исключением препарата Максим оказывают полное ингибирующее действие. Для препарата Максим для двух штаммов отмечен рост. На 1/2 от рабочей концентрации препараты сохраняют ингибирующее воздействие. Для препарата Максим зафиксировано рост 5 штаммов из 6. Для 1/4 от рабочей концентрации подавляющее воздействие на штаммы отмечено у трех коммерческих фунгицидов. Это препараты Ламадор, Витарос и Виал ТростТ. Данное воздействие сохраняется и для 1/8 и 1/16 от рекомендованной концентрации. На 1/32 от рабочей концентрации в единичных случаях зафиксирован рост с дальнейшим подавлением у препаратов Ламадор (1 штамм), Виал ТростТ (3 штамма) и Витарос (2 штамм). Препарат Оплот не смог ингибировать рост одного штамма начиная с 1/4 от рабочей концентрации.

#### 5. Выводы

1. Наиболее эффективными в отношении возбудителей заболеваний фузариозной этиологии действующими веществами являются тиабендазол, тебуконазол, протиокназол, карбоксин и тирам.

2. Препарат на основе флудиоксонил оказывает наилучший ингибирующий эффект.

3. Тебуконазол в сочетании с дифеноконазол в единичных случаях оказывает слабый фунгицидный эффект начиная с 1/4 от рекомендованной рабочей концентрации.

4. Флудиоксонил оказывает практически нулевой ингибирующий эффект для большинства штаммов грибов *p. Fusarium* начиная с 1/2 от рабочей концентрации и в единичных случаях начиная с рабочей концентрации.

### Список литературы

1. Дорофеева, Л. Л. Болезни зерновых культур / Л.Л. Дорофеева, В.А. Шкаликов. – М.: Bayer CropScience, 2008. – 96 с.
2. Хижняк, С. В. Чувствительность фитопатогенных грибов pp. *Bipolaris* и *Fusarium* к фунгицидам разного химического состава / С. В. Хижняк // Вестник КрасГАУ. – № 2. – 2015. – С. 3-10.
3. Кукушкина, К.В. Чувствительность возбудителей гельминтоспориозной и фузариозной гнили зерновых культур в Канско-Красноярской лесостепи к протравителям семян различного химического состава / К.В. Кукушкина, С.В. Овсянкина, С.В. Хижняк // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 2. – С. 1-11. – URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_232.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_232.pdf). – DOI: 10.51419/202122232.
4. Кекало, А.Ю. Защита зерновых культур от болезней / А.Ю. Кекало, В.В. Немченко, Н.Ю. Заргарян, М.Ю. Цыпышева / Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. – 172 с.
5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, с дополнениями (2011 г.). Издание официальное. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – URL: <http://www/mcx.ru/documents/section/show/16376.88.htm>.



УДК 004.682

EDN  
[YLCCRJ](#)

## Применение фреймовой онтологии в предметной области

Л.Е. Свиридова\*

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

\*E-mail: [svirli95@yandex.ru](mailto:svirli95@yandex.ru)

**Аннотация:** Фреймовая онтология – это модель представления знаний, сочетающая в себе декларативный и процедурный компоненты, состоит из фреймов-классов, а также определённых связей между ними, при этом классы содержат слоты. В настоящее время процесс разработки онтологий обычно носит формальное описание различных терминов предметной области, а также имеющихся взаимоотношений, протекающих между ними. В глобальной сети «Internet» онтологии получили настолько широкое применение, что стали довольно обычным явлением. Онтологии могут быть в виде значительных в объёме таксономий (от греч. – строй или порядок), которые категоризируют (разделяют на категории) веб-сайты. На данный момент широкое применение получил процесс разработки стандартных онтологий в различных научных дисциплинах. Полученные онтологии в последующем могут применяться экспертами для переработки информации в своей сфере. Онтологии уже сейчас стали наиболее важным компонентом огромного количества веб-приложений. По сути своей, онтологии обозначают общий словарь, который необходим исследователям для последующего совместного использования необходимой информации в предметной области. В первую очередь, данная научная статья ориентирована на пользователей фреймовых систем, но вместе с тем, она будет весьма ценным источником для построения онтологий в разных объектно-ориентированных системах.

**Ключевые слова:** фактор, пользователь, модель, класс, компьютер.

## Application of frame ontology in the domain

L.E. Sviridova\*

Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

\*E-mail: [svirli95@yandex.ru](mailto:svirli95@yandex.ru)

**Abstract:** A frame ontology is a knowledge representation model that combines declarative and procedural components. It consists of class frames, as well as certain relationships between them, while classes contain slots. Currently, the process of developing ontologies usually has a formal description of the various terms of the subject area, as well as the existing relationships between them. Ontologies have become so widely used on the global Internet that they have become quite commonplace. Ontologies can be in the form of significant taxonomies (from Greek. – order or order), which categorize (divide into categories) websites. At the moment, the process of developing standard ontologies in various scientific disciplines is widely used. The obtained ontologies can later be used by experts to process information in their field. Ontologies have already become the most important component of a huge number of web applications. In essence, ontologies denote a common vocabulary that is necessary for researchers to later share the necessary information in a subject area. First of all, this scientific article is aimed at users of frame systems, but at the same time, it will be a very valuable source for building ontologies in various object-oriented systems.

**Keywords:** factor, user, model, class, computer.



## 1. Введение

С начала XXI в., в области человеко-компьютерного взаимодействия стал активно развиваться интерес к процессу категоризации пользователей ЭВМ по характеристике возраста. Так как возрастная группа, является наиболее важной индивидуальной характеристикой рядового пользователя [1], которая также позволяет наиболее точно определить и остальные характеристики пользователя ЭВМ.

Индивидуальные характеристики обычных пользователей компьютера, используются учеными в своих исследованиях для определения категорий, здесь также можно выявить культурные и национальные отличительные черты [2], а также фактор пола.

В итоге, можно сказать то, что индивидуальные характеристики обычных пользователей ЭВМ оказывают огромное влияние на контекст проектируемого взаимодействия. Это делает целесообразным представление таких характеристик в виде классов баз данных (БЗ). Однако анализ литературы показывает, что в научном сообществе до сих пор нет единого мнения относительно набора ключевых характеристик пользователей и их влияния на разработку компьютерных интерфейсов.

## 2. Постановка задачи

Среди факторов, влияющих на взаимодействие пользователей с ЭВМ, выделяют две основные группы: индивидуальные характеристики пользователей и контекст использования системы. К индивидуальным характеристикам относятся возраст, опыт, пол, национальность и уровень образования [3, 4].

Контекст использования определяется как технологическая и социальная среда, в которой происходит взаимодействие с системой. Этот контекст не является универсальным: его значимость варьируется в зависимости от особенностей разрабатываемой системы и целевой аудитории.

Значительная часть исследований в области человеко-компьютерного взаимодействия сосредоточена на категоризации пользователей по их индивидуальным характеристикам [3]. Например, опыт пользователя часто служит основой для выделения таких категорий, как «новичок», «опытный пользователь» или «эксперт». Такая классификация позволяет изучать особенности взаимодействия и разрабатывать рекомендации для создания интерфейсов, которые могут быть эффективно применены в проектах различной специфики.

### 3. Методы и материалы исследования

Требования к программному продукту формируются на этапе анализа и делятся на два типа:

- 1) Функциональные требования – описывают задачи, выполняемые системой, и фиксируются с помощью метода прецедентов.
- 2) Нефункциональные требования – касаются надежности, безопасности и технических характеристик системы.

Прецеденты используются для описания взаимодействия, но не подходят для фиксации всех видов функциональных требований. Качественные требования к веб-приложениям включают аспекты юзабилити [5] и эмоционального восприятия. Часть требований формулируется в количественных показателях, другая – в качественных.

На этапе проектирования веб-приложения определяются:

- 1) Содержание – состав разделов и сервисов.
- 2) Дизайн – структура и графическое оформление интерфейса.

Структура и содержание зависят от функциональных требований, а дизайн – от качественных требований и характеристик пользователей [2].

Требования также имеют показатель приоритетности, который может быть выражен количественно или качественно. Взаимосвязь между требованиями и рекомендациями в области человеко-компьютерного взаимодействия фиксируется через классы «прецедент» и «связанные рекомендации» [6, 4].

### 4. Полученные результаты

В ходе исследования были проанализированы различные уровни знаний в области человеко-компьютерного взаимодействия. На основе этого в онтологии были созданы классы: Law, Principle, Guideline, объединенные в мета-класс HCI.

Эффективность проектирования взаимодействия зависит от понимания контекста и поведения пользователей. Это подчеркивает важность организации знаний в виде набора рекомендаций, которые должны учитывать:

- 1) Возможность установления связей между этапами знаний в рамках одного уровня.
- 2) Ссылки на обоснования для конкретных экземпляров.
- 3) Связь между экземплярами и контекстом взаимодействия.
- 4) Уровень результативности рекомендаций.

В онтологии были введены классы «сведение» и «ссылка», а все классы, связанные с человеко-компьютерным взаимодействием, объединены в мета-класс HCI.

Класс «сведение» отражает эмпирические данные, полученные в ходе научных исследований. Слоты «тег» и «эффективность» используются для связи контекста взаимодействия с конкретными экземплярами знаний и оценки результативности рекомендаций [2, 7].

## 5. Выводы

Проектировщики интерфейсов могут опираться на рекомендации и знания из области человеко-компьютерного взаимодействия. Интерфейс веб-приложений реализуется как макет веб-страницы, созданный с использованием языка разметки HTML, который отражает содержательный и дизайнерский компоненты.

Веб-приложения состоят из двух ключевых компонентов: дизайна и содержания. Качественная организация содержания и адаптация стиля восприятия пользователя являются важными факторами повышения юзабилити [3].

Дизайн включает проектирование интерфейса и представление элементов веб-страницы. С точки зрения пользователя, веб-приложение должно предоставлять набор сервисов, реализованных в классе «сервис веб-приложения» (Website service). Структурно веб-приложение состоит из страниц, которые, в свою очередь, включают блоки, элементы и узлы, реализованные с помощью HTML и CSS [8].

В онтологию добавлены классы «правило стиля», «объявление стиля» и «свойство стиля», которые позволяют представить логическую структуру прототипа интерфейса и создать рабочий HTML-код.

## Список литературы

1. Clemmensen, T. An Overview of a Decade of Journal Publications about Culture and Human-Computer interaction (HCI) in Human Work Interaction Design: Usability in Social, Cultural and Organizational Contexts / T. Clemmensen, K. Roesse. – New York: Springer, 2010. – 251 p. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/225715091\\_An\\_Overview\\_of\\_a\\_Decade\\_of\\_Journal\\_Publications\\_about\\_Culture\\_and\\_HumanComputer\\_Interaction\\_HCI](https://www.researchgate.net/publication/225715091_An_Overview_of_a_Decade_of_Journal_Publications_about_Culture_and_HumanComputer_Interaction_HCI) (дата обращения: 09.12.2024).
2. Загорюлько, Ю.А. Построение порталов научных знаний на основе онтологии / Ю.А. Загорюлько // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12(2). – С. 169-177. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-portalov-nauchnyh-znaniy-na-osnove-ontologii>  
(дата обращения: 09.12.2024).

3. Su, X. A comparative study of ontology languages and tools / X. Su, L.A. Ilebrette // Advanced Information Systems Engineering: Proceedings of 14th International Conference (Toronto, Canada, May 27-31, 2002). – 2002. – V. 2348. – P. 761-765. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/220920988\\_A\\_Comparative\\_Study\\_of\\_Ontology\\_Languages\\_and\\_Tools](https://www.researchgate.net/publication/220920988_A_Comparative_Study_of_Ontology_Languages_and_Tools) (дата обращения: 16.11.2024).

4. Гладун, А. Я. Онтологии в корпоративных системах / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогущина // Корпоративные системы. – 2006. – № 1. – URL: <https://donntu.ru/2012/iii/kalinin/library/article1.html> (дата обращения: 21.12.2024).

5. Nielsen, J. Website Response Times: сайт. – 2010. – URL: <https://www.nngroup.com/articles/website-response-times/> (дата обращения: 22.12.2024).

6. Vanderdonckt, J. Development milestones towards a tool for working with guidelines / J. Vanderdonckt // Interacting with Computers. – 1999. – V. 12. – I. 2. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8160659> (дата обращения: 18.12.2024).

7. Гаврилова, Т.А. База знаний интеллектуальных систем: учебник. / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошёвский. – Санкт-Петербург: Питер, 2000. – 383 с. – URL: [https://djvu.online/file/8sd4yIHkefX5D\\_](https://djvu.online/file/8sd4yIHkefX5D_) (дата обращения: 28.11.2024).

8. World Wide Web Consortium. W3C Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification: сайт. – URL: <https://www.w3.org/TR/CSS2/> (дата обращения: 28.11.2024).

УДК 544.723.2

EDN  
[UMJQPZ](#)

## Основные направления применения адсорбции в целях устойчивого развития

О.С. Харитонов<sup>1,\*</sup>, А.В. Клинов<sup>1</sup>, В.В. Бронская<sup>1</sup>, В.В. Макарихин<sup>1</sup>,  
К.Х. Гарипов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Россия

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ ул. Б. Красная, 55 Казань, 420015, Россия

\*E-mail: os\_kharitonova@mail.ru

**Аннотация.** Защита окружающей среды от вредных выбросов промышленности является одной из ключевых глобальных проблем современности. Адсорбция играет важную роль в достижении целей устойчивого развития (ЦУР), таких как чистая вода и санитария (ЦУР 6), доступная и чистая энергия (ЦУР 7), ответственное потребление и производство (ЦУР 12) и борьба с изменением климата (ЦУР 13). В статье основное внимание уделяется экологическим аспектам адсорбции, и ее роли в решении экологических проблем.

**Ключевые слова:** адсорбция, окружающая среда, углеводородные газы.

## Key applications of adsorption for sustainable development

O.S. Kharitonova<sup>1,\*</sup>, A.V. Klinov<sup>1</sup>, V.V. Bronskaya<sup>1</sup>, D.V. Makarikhin<sup>1</sup>,  
K.Kh. Garipov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University, Karl Marx Street, 68, Kazan, 420015, Russia

<sup>2</sup>Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI, 55 B. Krasnaya St., Kazan, 420015, Russia

\*E-mail: os\_kharitonova@mail.ru

**Abstract.** Protecting the environment from harmful industrial emissions is one of the key global challenges of our time. Adsorption plays an important role in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs) such as clean water and sanitation (SDG 6), affordable and clean energy (SDG 7), responsible consumption and production (SDG 12) and combating climate change (SDG 13). The article focuses on the environmental aspects of adsorption and its role in solving environmental problems.

**Keywords:** adsorption, environment, hydrocarbon gases.

## 1. Введение

Защита окружающей среды от вредных выбросов промышленности и транспорта является одной из ключевых глобальных проблем современности [1,2]. Интенсивная индустриализация, рост населения и урбанизация создают значительную нагрузку на биосферу, включая атмосферу, гидросферу и литосферу. В связи с этим перед учеными и инженерами стоит задача разработки и внедрения безотходных технологий, которые минимизируют негативное воздействие на окружающую среду [3-6].

Основными аспектами защиты окружающей среды являются:

1. Создание технологий, которые исключают или минимизируют образование отходов, реконструкция существующих очистных сооружений и внедрение новых методов очистки.

2. Адсорбция является эффективным методом для очистки промышленных газов и сточных вод. Этот метод позволяет не только удалять вредные вещества, но и возвращать ценные компоненты в производственный цикл.

3. В России, как и в других странах, выделяются значительные средства на охрану окружающей среды в рамках устойчивого развития, на эти цели уже были направлены миллиарды рублей.

4. Установление норм предельно допустимых концентраций (ПДК) для вредных веществ в воздухе и воде является важным инструментом контроля за состоянием окружающей среды. ПДК определяются с учетом токсикологических показателей и рефлекторных реакций организма человека.

## 2. Применение адсорбции для защиты окружающей среды

Существуют множество способов применения адсорбции для защиты окружающей среды. Рассмотрим основные аспекты их использования для этих целей.

### 2.1. Очистка воздуха от сернистого ангидрида

Очистка воздуха от сернистого ангидрида ( $\text{SO}_2$ ) — это важный процесс, направленный на снижение выбросов этого вредного газа, который образуется при сжигании ископаемого топлива, содержащего серу (например, угля или нефти), а также в некоторых промышленных процессах. Сернистый ангидрид или диоксид серы  $\text{SO}_2$  является одним из основных загрязнителей атмосферы, вызывающих кислотные дожди и негативно влияющих на здоровье человека и экосистемы.

Для проведения очистки используются твердые сорбенты, такие как активированный уголь, оксиды металлов или цеолиты, для поглощения  $SO_2$ . Преимущества данного метода: отсутствие жидких отходов, простота эксплуатации. Недостатки данного метода: меньшая эффективность по сравнению с абсорбционным методом очистки.

### *2.2. Рекуперация летучих растворителей и углеводородов*

Рекуперация летучих растворителей и углеводородов – это процесс их улавливания и возврата в производственный цикл с целью снижения потерь, экономии ресурсов и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду. Летучие органические соединения (ЛОС), такие как бензол, толуол, ксилол, ацетон, спирты и другие углеводороды, широко используются в различных отраслях промышленности (химической, лакокрасочной, нефтеперерабатывающей и др.). Их выбросы в атмосферу могут быть опасны для здоровья человека и окружающей среды.

Экологические и экономические аспекты рекуперации:

- Рекуперация позволяет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу, что способствует улучшению экологической обстановки.
- Возврат растворителей и углеводородов в производственный цикл снижает затраты на сырье.
- Важно учитывать энергозатраты и стоимость оборудования при выборе метода.

Рекуперация летучих растворителей и углеводородов является важным элементом экологически безопасного и экономически эффективного производства.

### *2.3. Очистка сточных вод*

Очистка сточных вод — это процесс удаления загрязнений из бытовых, промышленных и ливневых сточных вод с целью их безопасного возврата в окружающую среду или повторного использования.

Основные этапы очистки сточных вод адсорбционным методом:

1. Подготовка сточных вод (удаление крупных примесей и взвешенных веществ (механическая очистка), регулирование pH (для повышения эффективности адсорбции))
2. Контакт сточных вод с адсорбентом (введение адсорбента в воду (например, порошкообразный активированный уголь, пропускание воды через адсорбционные колонны или фильтры, заполненные гранулированным адсорбентом),

3. Отделение адсорбента (если используется порошкообразный адсорбент, его отделяют от воды путем отстаивания или фильтрации, гранулированный адсорбент остается в колонне и периодически регенерируется или заменяется).

4. Регенерация адсорбента (активированный уголь и другие адсорбенты могут быть восстановлены для повторного использования, методы регенерации: термическая (прокаливание), химическая (обработка растворами) или физическая (промывка).

Экологическими аспектами процесса очистки сточных вод являются снижение нагрузки на природные водоемы, предотвращение распространения заболеваний и сохранение водных ресурсов.

#### *2.4. Роль адсорбции в устойчивом развитии*

Существует несколько областей применения адсорбционного метода в рамках устойчивого развития:

1. Очистка воды (Цель устойчивого развития 6: Чистая вода и санитария):

2. Очистка воздуха (Цель устойчивого развития 13: Борьба с изменением климата): адсорбция помогает улавливать вредные газы, такие как диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), летучие органические соединения (ЛОС) и углекислый газ (CO<sub>2</sub>).

3. Энергоэффективность (Цель устойчивого развития 7: Недорогостоящая и чистая энергия): адсорбционные технологии применяются для хранения энергии (например, адсорбционные тепловые насосы) и разделения газов (например, кислорода и азота) с меньшими энергозатратами.

4. Переработка отходов (Цель устойчивого развития 12: Ответственное потребление и производство): адсорбция позволяет извлекать ценные материалы (например, драгоценные металлы) из промышленных отходов и утилизировать токсичные вещества.

5. Сельское хозяйство (Цель устойчивого развития 2: Ликвидация голода): адсорбенты используются для улучшения качества почвы, удержания влаги и очистки воды для орошения.

### **3. Выводы**

Адсорбционные методы имеют важнейшее значение в охране окружающей среды, обеспечивая эффективную очистку воздуха и воды от загрязняющих веществ. Их использование способствует развитию безотходных производственных процессов и уменьшению вредного влияния промышленности на экосистемы. Для обеспечения



устойчивого развития необходимо продолжать научные исследования, внедрять инновационные технологии и строго придерживаться установленных нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК).

### Список литературы

1. Мануйко, Г.В. Кинетическая неоднородность неодимовой каталитической системы, модифицированной метилалюмоксаном / Г.В. Мануйко, Г.А. Аминова, Г.С. Дьяконов, И.Г. Ахметов, В.В. Бронская // Теоретические основы химической технологии. – 2015. – Т. 49. – № 3. – С. 261.
2. Багиров, Р.А. Адсорбционные процессы осушки, очистки и разделения газов / Р.А. Багиров // Обз. информ. сер.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. – М.: ВНИИЭгазпром, 1983. – Т. 7. – 44 с.
3. Дегтярева, О. Г. Методы и технические средства по охране окружающей среды при разливе нефтепродуктов / О.Г. Дегтярева, Т.И. Сафронова, Г.В. Дегтярев // Научный журнал КубГАУ. – 2005. – № 9.
4. Ефимович, Д.О. Оптимизация адсорбционной осушки углеводородных газов / Д.О. Ефимович // Научный электронный журнал «Матрица научного познания». – 2018. – № 7. – С. 6-7.
5. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки: учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 210 с.
6. Калыгин, А. В. Промышленная экология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. В. Калыгин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.

УДК 336.763-039-542

EDN  
[QEGYLA](#)

## Инвестиционные фонды в РФ: текущее состояние

**В.К. Бровко, Е.Д. Рубинштейн\***

Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс 10, о. Русский, Владивосток, 690922, Россия

\*E-mail: [fineasusual@mail.ru](mailto:fineasusual@mail.ru)

**Аннотация.** Данная работа посвящена весьма актуальной теме - паевым инвестиционным фондам, которые являются одним из важнейших инструментов коллективного инвестирования на фондовом рынке, и, в свою очередь, являются источником инвестиций, которые являются драйвером экономики. В работе представлен анализ текущей ситуации с паевыми инвестиционными фондами в РФ. Также анализируется динамика числа паевых инвестиционных фондов, динамика стоимости чистых активов инвестиционных фондов, динамика числа управляющих компаний за период с 2018 по 2024годы. Кроме того, более детально исследуется динамика стоимости чистых активов паевых инвестиционных фондов для неквалифицированных инвесторов в разрезе видов ПИФов: открытых, закрытых, интервальных, БПИФов. В работе делаются выводы о том, что в современных условиях волатильности финансового рынка, недоверия неквалифицированных инвесторов необходимо не только повышать финансовую грамотность неквалифицированных инвесторов, но и стимулировать прозрачность финансового рынка и поддерживать управляющие компании.

**Ключевые слова:** паевые инвестиционные фонды, национальная ассоциация участников фондового рынка, управляющая компания, стоимость чистых активов ПИФа.

## Investment funds in Russian Federation: current state

**V.K Brovko, E.D. Rubinshtein\***

Faastern Federal University, Ajax village 10, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

\*E-mail: [fineasusual@mail.ru](mailto:fineasusual@mail.ru)

**Abstract.** This work is devoted to a very current topic - mutual investment funds, which are one of the most important tools for collective investment in the stock market, and, in turn, are a source of investment that drives the economy. The paper presents an analysis of the current situation with mutual investment funds in the Russian Federation. The dynamics of the number of mutual investment funds, the dynamics of the net asset value of investment funds, and the dynamics of the number of management companies for the period from 2018 to 2024 are also analyzed. In addition, the dynamics of the net asset value of mutual investment funds for unqualified investors by type such as open, closed? Interval, is examined in more detail. The paper draws conclusions that in modern conditions of financial market volatility and distrust of unqualified investors, it is necessary not only to increase the financial literacy of unqualified investors, but also to stimulate the transparency of the financial market and support management companies .

**Keywords:** mutual funds, national association of stock market participants, management company, net asset value of mutual fund.

## 1. Введение

Макроэкономическая теория считает инвестиции одним из важнейших факторов экономического роста. Инвестиции запускают экономический рост за счет своего мультипликативного эффекта. Рост экономики далее генерирует дополнительные инвестиции за счет эффекта акселератора, а затем эти стадии повторяются, и, тем самым, происходит экономический рост.

Что касается инвестиционных фондов, то они представляют собой важнейший инструмент финансового рынка, обеспечивая перераспределение капитала, поддержку инновационных проектов и развитие ключевых отраслей экономики [1, 2].

В современных условиях цифровизации экономики инвестиционные фонды занимают значимое место как механизм привлечения капитала, диверсификации рисков и стимулирования экономического роста. Деятельность инвестиционных фондов есть важный элемент финансовой системы, способствующий формированию устойчивой экономической среды и поддержке перспективных проектов.

Указ президента РФ № 309 от 7 мая 2024, в котором поставлена задача увеличения к 2030 году капитализации фондового рынка до 66% ВВП, является доказательством значимости инвестиционных фондов для финансового рынка РФ. Более того, осенью 2024 года Национальная ассоциация участников фондового рынка (НАУФОР) направила в Банк России комментарии к проекту развития финансового рынка России в 2025 и 2026 году. Среди прочих предложений ассоциация подчеркнула важность паевых инвестиционных фондов (ПИФ) как одного из приоритетных инструментов для начала инвестирования на финансовом рынке розничными инвесторами [3]. Для стимулирования привлекательности ПИФов НАУФОР выдвинула инициативы, касающиеся налоговых льгот, расширить линейку активов для неквалифицированных инвесторов и другие [4].

## 2. Цель исследования

Цель исследования заключается в анализе текущего состояния инвестиционных фондов, выявлении существующих проблем и разработке рекомендаций для их успешного развития.

## 3. Методы и материалы исследования, полученные результаты

За последнее время ситуация с инвестиционными фондами менялась и значительно. Проанализируем деятельность ПИФов в РФ за 2018 - 2024гг. Структура

паевых инвестиционных фондов претерпела значительные изменения под воздействием экономических и регуляторных факторов. Эти изменения отразились как на численности фондов и стоимости активов, так и на составе инвесторов.

На рисунке 1 показана численность ПИФов в РФ поквартально с середины 2018 года по сентябрь 2024 года.

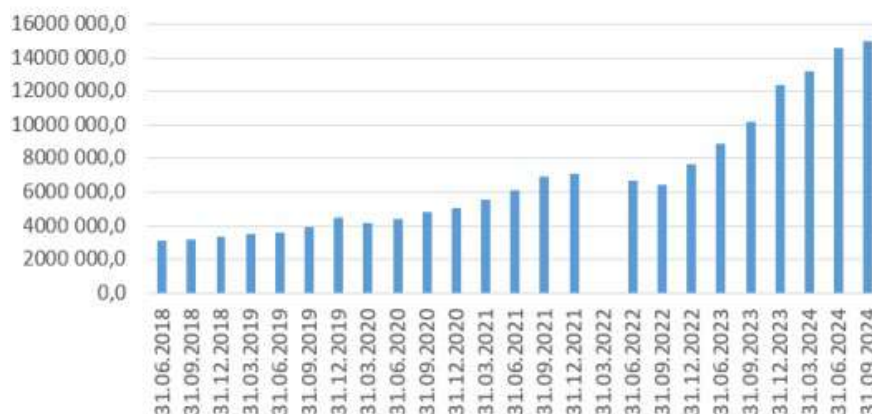


**Рисунок 1.** Число ПИФов в РФ за 2018-2024гг., ед. [3].

Диаграмма отражает динамику количества паевых инвестиционных фондов (ПИФов) в России за период с июня 2018 года по сентябрь 2024 года. На диаграмме представлены три категории ПИФов: общее количество ПИФов (обозначено синим цветом), количество зарегистрированных ПИФов для неквалифицированных инвесторов (обозначено оранжевым цветом) и количество зарегистрированных ПИФов для квалифицированных инвесторов (обозначено серым цветом).

Как видно из диаграммы общее количество ПИФов выросло за 7 лет в два раза. В начале периода с середины 2018г до середины 2020г количество ПИФов находилось на относительно стабильном уровне. Затем наблюдался рост числа фондов в 2021 году и в 2023-2024 годах. Понятно, что инвесторы были осторожны в 2022году и выжидали.

Число ПИФов это один из значимых показателей, но более значимым показателем является стоимость чистых активов (СЧА) ПИФов. На Рисунке 2 представлена динамика стоимости активов ПИФов за 2018 - 2024гг. в миллионах рублей. Из рисунка видно, что рост СЧА наблюдался практически весь период, исключением является только 2024 год по понятным причинам.

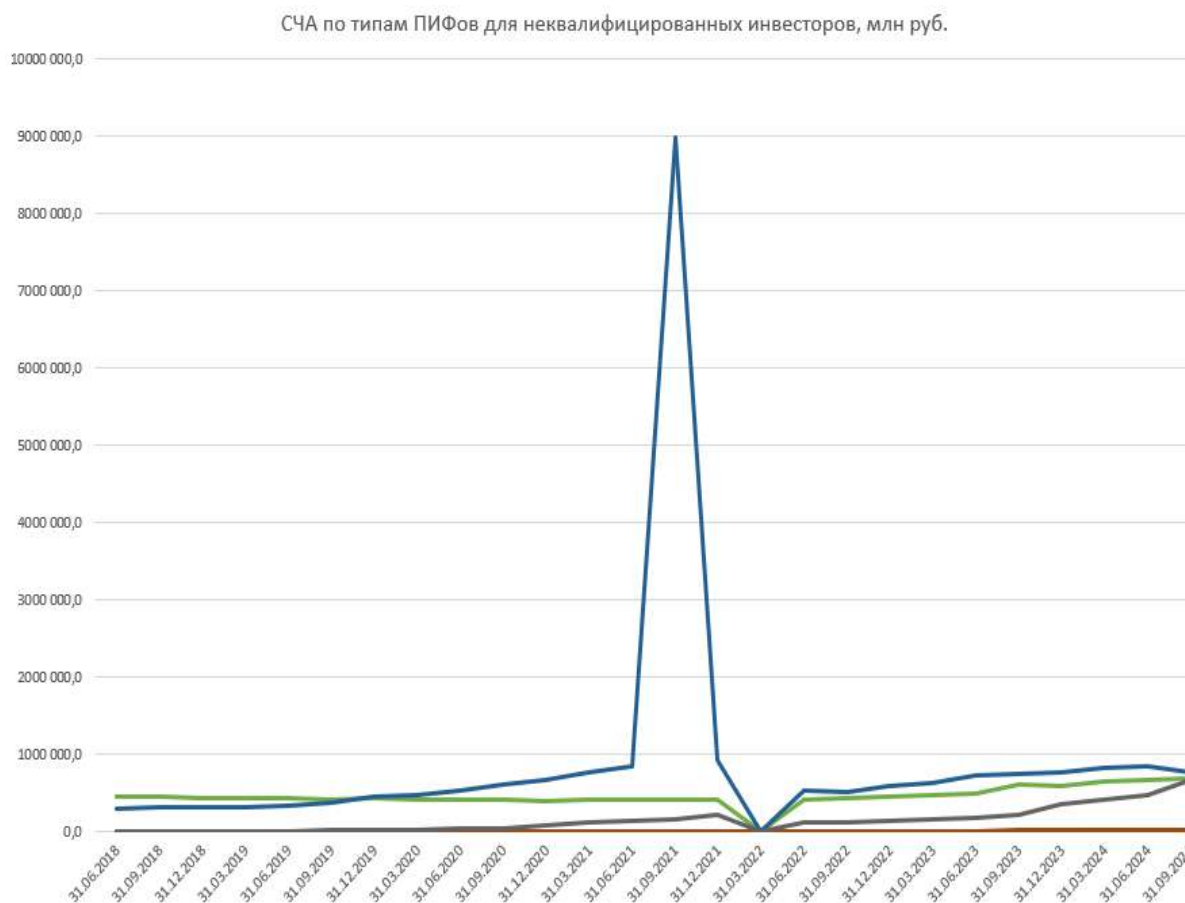


**Рисунок 2.** Стоимость чистых активов (СЧА) ПИФов в 2018-2024 гг. в млн руб. [3].

Количество управляющих компаний за анализируемый период менялось незначительно, с 290 до 320, что является предсказуемым, так как собрать квалифицированных людей с нуля достаточно сложно, поэтому в числе управляющих компаний взрывного роста нет.

Рассмотрим динамику СЧА для неквалифицированных инвесторов на рисунке 3. На диаграмме показатели отмечены разными цветами, а именно синим цветом отмечен показатель стоимость чистых активов (СЧА) по открытым ПИФам для неквалифицированных инвесторов (млн руб.), зеленым цветом – стоимость чистых активов (СЧА) по закрытым ПИФам для неквалифицированных инвесторов (млн руб.), красным цветом – стоимость чистых активов (СЧА) по интервальным ПИФам для неквалифицированных инвесторов (млн руб.), серым цветом – стоимость чистых активов (СЧА) по БПИФам для неквалифицированных инвесторов (млн руб.).

Фонды акций занимают значительную долю портфелей неквалифицированных инвесторов. Это связано с их потенциалом высокой доходности, несмотря на риски. Причинами роста являются рост интереса к фондам акций, который объясняется активным продвижением этого инструмента управляющими компаниями, а также ростом фондового рынка в предыдущие годы, и высокая доля облигаций, которая обусловлена стремлением инвесторов защитить свои активы в условиях экономической нестабильности.



**Рисунок 3.** Динамика СЧА по типам ПИФов для неквалифицированных инвесторов в РФ в 2018-2024 гг., млн руб. [3].

Облигационные фонды остаются популярными среди консервативных инвесторов, которые предпочитают минимизировать риски.

Как видно из рисунка 3 в 2021 году был одномоментный всплеск СЧА открытых ПИФов, тем не менее доходность открытых ПИФов в 2021 году не превысила 8,6%

#### 4. Выводы

Рисунки 1-3 показывают основные тенденции и проблемы развития ПИФов в России. Несмотря на общий рост интереса к инвестициям в последние годы, рынок сталкивается с такими вызовами, как снижение числа УК, волатильность фондового рынка и недостаток доверия неквалифицированных инвесторов. Улучшение финансовой грамотности, стимулирование прозрачности и поддержка УК являются важными мерами для дальнейшего развития этого сегмента.

## Список литературы

1. Малиева, Ф.Г. Паевые инвестиционные фонды в России: особенности функционирования и проблемы / Малиева Ф. Г., Приходько Д. А. // В центре экономики. – 2021. – С. 22-28. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/paevye-investitsionnye-fondy-v-rossii-osobennosti-funktsionirovaniya-i-problemy/viewer/> (дата обращения: 20.02.2025).
2. Брокеры направили в ЦБ предложения по привлечению инвесторов в фонды. – URL: <https://www.rbc.ru/quote/news/article/671b54059a79474b098c53c6/> (дата обращения: 20.02.2025).
3. Динамические ряды основных показателей деятельности паевых инвестиционных фондов и акционерных инвестиционных фондов. – URL: [https://cbr.ru/statistics/RSCI/activity\\_uk\\_if/stat\\_pif\\_aif/](https://cbr.ru/statistics/RSCI/activity_uk_if/stat_pif_aif/) (дата обращения: 20.02.2025).
4. Примачек, А. А. Оценка инвестиционной привлекательности паевых инвестиционных фондов Российского рынка / А. А. Примачек // Экономика и социум. – 2022. – № 6(97)-2. – С. 654-658.

УДК 001.89

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1011>

EDN

[QFGKPT](#)

## Сравнительная модель процессов производственного менеджмента в России и зарубежом

**В.В. Пряников**\*

Акционерное общество «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

\*E-mail: [pryanikov@sintez.niiefa.spb.su](mailto:pryanikov@sintez.niiefa.spb.su)

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема отсутствия единого подхода к определению производственного менеджмента и его процессов. Статья нацелена на решение обозначенной проблемы, предложения ответа на заданный вопрос, а также на привлечение широкой аудитории к проблемам организации и совершенствования процессов производственного менеджмента в условиях НИОКР. В основном содержании статьи представлен подробный литературный обзор источников – представлены результаты методической работы российских и зарубежных авторов. В результате анализа и обобщения изученной информации сформирована всеобъемлющая модель процессов производственного менеджмента.

**Ключевые слова:** процесс, производственный менеджмент, управление качеством, стандартизация.

## The comparative model of the production management processes in Russian and abroad

**V.V. Pryanikov**\*

Join Stock Company «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus», Saint-Petersburg, Russia

\*E-mail: [pryanikov@sintez.niiefa.spb.su](mailto:pryanikov@sintez.niiefa.spb.su)

**Abstract.** The article presents the problem of the lack of a unified approach to the definition of production management and its processes. The article is aimed at solving the identified problem, offering an answer to the question, as well as attracting a wide audience to the problems of organizing and improving production management processes during the R&D. The main content of the article provides a detailed literary review of the sources – the results of the methodological work of Russian and foreign authors are presented. As a result of the analysis and generalization of the studied information, a comprehensive model of production management processes has been formed.

**Keywords:** process, production management, quality management, standardization.



## 1. Введение

Актуальность настоящего исследования обусловлена развитием деятельности в областях менеджмента качества и производства, а именно:

1. Организация и ведение образовательной деятельности по указанным дисциплинам в рамках Федерального государственного образовательного стандарта 38.03.02 «Менеджмент», 27.02.07 «Управление качеством»,

2. Федеральный проект «Содействие проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в гражданских отраслях промышленности» Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» и «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» до 2030 года.

В начале своего исследования обратился к поиску стандартизированной информации в отношении темы: «Производственный менеджмент», но единого информационного ресурса, отвечающего на вопрос: «Какие слагаемые входят в производственный менеджмент?», не нашлось. Таким образом, в целях настоящей статьи был избран подход, предполагающий поиск различных источников научно-технической информации на иностранном языке для основного содержания и на отечественном языке – для заключения в части сравнения подходов.

Поиск соответствующей научно-технической информации был осуществлён в поисковых системах Google и Яндекс, научной электронной библиотеке eLIBRARY, научно-информационной социальной сети и средстве сотрудничества учёных всех научных дисциплин ResearchGate, а также иных электронных библиотечных системах с использованием таких ключевых слов и комбинаций, как: «production management», «manufacturing management», «operation management», «organization of production», «quality management», «management process», «handbook management», «R&D management» и другие.

В результате была выполнена выборка источников научно-технической литературы на иностранном языке авторов из Соединённых Штатов Америки и Швейцарии, Индии, Европейского союза, что, как минимум, может обеспечивать наиболее многогранный «взгляд со стороны» на производственный менеджмент, организацию производства, обеспечения качества продукции и их слагаемых.

## 2. Основное содержание

### 2.1. Процессы производственного менеджмента зарубежом

В соответствии с изданием под редакцией Michel Baudin, Torbjorn Nethland «Introduction of Manufacturing. An Industrial Engineering and Management Perspective» производство – это преобразование физических материалов в физические товары с использованием повторяющихся процессов [1, с. 4]. Здесь указано, что даже самая сложная производственная задача может быть разбита на процессы и подпроцессы, что в свою очередь именуется IPO (аббревиатура на английском языке – Input-Process-Output, перевод на русский язык – Вход-Процесс-Выход) моделью. Модель IPO может быть использована для картирования и понимания производственных операций всех уровней. Процесс может быть разбит на части и детализирован по мере продвижения от предприятия до торгового зала. Общий производственный процесс может быть разбит на несколько подпроцессов: закупки и логистика, производство чугуна, стали, литьё и прокатка, например; при этом каждый из перечисленных подпроцессов может быть ещё более детализирован.

«Вход» может быть представлен ресурсами: человек, машина, методы, материалы. Здесь стоит отметить, что даже при полностью автоматизированных процессах нужен человек, который напишет программу или устранит аппаратный сбой [1, с.4-9]. Таким образом можно сделать вывод, что производство состоит из процессов, которые смоделированы в IPO модели.

В соответствии с изданием под редакцией коллегии из Индии Dr. Ranjeet Verma, Ms. Mandeep Kaur Wellwritten Publishing производственный менеджмент играет очень важную роль в достижении организационного совершенства. Производственный менеджмент представляет собой совокупность различных видов деятельности, которые задействованы в производстве определённых продуктов. Здесь же приводится ссылка на определение менеджмента American Production and Inventory Control Society (перевод на русский язык – Американское сообщество производства и управления запасами): область исследований, которая сфокусирована на эффективное планирование, составление графиков, использовании и контроле организации производства и сервиса посредством изучения концепций проектирования, промышленного инжиниринга, информационных систем управления, системы менеджмента качества, управления производством, управления запасами, бухгалтерского учёта и других систем [3, с. 1].

Весьма интересный подход высказан в [1] в отношении того, что может входить в понятие «производство», используя первые буквы английского слово «manufacture» как аббревиатуру. В иностранном эквиваленте получается формула функций производства (русскоязычное пояснение соответственно указано в скобках): «Management (руководящий персонал)», «Agents (заинтересованные стороны)», «Nature (законы физики, химии или биологии)», «Users (конечные потребители или покупатели)», «Funds (инвестиции и выручка от продаж)», «Approach (подходы к решению задач)», «Context (внешняя среда)», «Technology (технологические процессы)», «Utilities (накладные расходы)», «Raw materials (сырьё)», «Economics (экономика)» and «Suppliers (поставщики)» [1, с.10-11].

Важную роль в организации производства занимает строительство организационной структуры и её внедрение в реальность. Приведено описание того, что организационная структура (далее – оргструктура) – не есть абсолютная истина, описывающая взаимоотношения на конкретном предприятии: допускаются исключения, а оргструктуры разных компаний вряд ли идентичны друг другу. Однако, оргструктуры являются полезным аналитическим инструментом для понимания функций, отношений и масштабов предприятия и его структурных подразделений. Особое внимание уделяется звено оргструктуры, подчинённое руководителю предприятия: «Operations» (перевод с английского языка – осуществление деятельности, оперативное подразделение, нормальная деятельность предприятия, операционная деятельность [2]), в функции которого входят: планирование, производственный процесс, логистика в пределах предприятия, организация инжиниринговых коммуникаций и производственной инфраструктуры, качество продукции, поддержание работоспособности и обслуживания оборудования, склад. Помимо «операционной деятельности» в оргструктуру предприятия могут входить подразделения, обеспечивающие функции: продажи и маркетинг, закупки, работа с человеческими ресурсами, бухгалтерия, информационное обеспечение и подразделения, выполняющие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (далее – НИОКР) [1, с.14-15].

Здесь можно сделать вывод о том, что в состав производственного менеджмента входит операционный менеджмент (операционная деятельность).

Что не скажешь о мнении авторского коллектива из Индии, которые сформировали отдельную таблицу, которая определяет различия между производственным и операционным менеджментом. Так, определение производственного менеджмента означает управление различными видами деятельности, связанных с созданием продуктов или услуг надлежащего качества, количества в установленный срок, а операционный менеджмент – часть общего менеджмента, которая связана с производством и поставкой товаров и услуг. Производственный менеджмент, по мнению авторов [3], имеет место только в компаниях, где производятся товары. В отличие от этого, операционный менеджмент существует во всех компаниях [3, с. 5].

В стратегическом смысле в состав понятия «производство» в соответствии с идеологией основателя компании Асер Стэна Ши, может быть представлено как «кривая улыбки»: НИОКР, проектирование, брендинг, закупки, производство, движение товаров от производства к потреблению, маркетинг, продажи и сервис [1, с. 58-59].

Чтобы запустить производство и начать наполнять «прямоугольник» процессов модели IPO, по мнению Michel Baudin, Torbjorn Nethland, необходимо совершить 7 шагов:

- составить список этапов, через которые должен пройти продукт производства;
- определить методы для осуществления переходов между этапами;
- интегрировать отдельные процессы в единый технологический процесс;
- определить требования для оборудования в соответствии с технологическим процессом;
- определить роли для персонала;
- приобрести и ввести в эксплуатацию недостающее оборудование с одновременным обучением персонала;
- запустить производство и продолжить его наращивание [1, с. 114-115].

Не обязательно совершать данные шаги последовательно. Одним из главных моментов в вопросе проектирования «прямоугольника» процессов является необходимость наглядной демонстрации карты процессов, которая может быть полезной с точки зрения выявления проблем и нахождения решений [1, с. 117].

В исследовании авторов из Индии приводится такая модель того, что стоит понимать под функциями производственного менеджмента: управление запасами, управление качеством, управление материальными потоками, закупки, управление техническим обслуживанием, снижение затрат и контроль [3, с. 10-11]. Если взять для исследования книгу другого авторского коллектива из этого же государства, то вновь перед нам возникает формула производственного менеджмента – планирование, контроль, управление цепочкой поставок, управление запасами и проектный менеджмент [4, с. 14, 25, 49, 61].

В этой книге 2019 года издания [4] уделяется особое место и даже целая глава составной части производственного менеджмента – проектный менеджмент, то есть управление проектом. Здесь даётся определение. Проект – это организованная деятельность по выполнению неповторяющейся задачи, а управление проектом – это применение знаний, навыков, инструментов и методов управления проектами для удовлетворения проектных требований. С этого момента процессы производственного менеджмента благодаря его составной части – проектному менеджменту разрастаются до ещё больших масштабов и включают в себя: интеграция, объём работ, сроки, стоимость, качество, закупки, человеческие ресурсы, коммуникации, управление рисками, взаимодействие с заинтересованными сторонами [4, с. 26-27].

Особенно хотелось бы отметить одну из подглав издания индийского авторского коллектива, который делает акцент на инновационный менеджмент в составе проектного менеджмента. Здесь представлена цитата Питера Друкера, написанная им в возрасте 80 лет с вершины его мудрости, которая гласит о том, что «для выживания инновации практически обязательны». Функции инноваций: повышение эффективности, гарантия долгосрочного успеха, увеличение успеха на рынке, снижение затрат, сокращение времени протекания процессов, запуск инновационного процесса, снижение риска поглощения бизнеса конкурентами, повышение шансов на выживание на рынке [4, с. 44].

Ведь, действительно, если проект – это неповторяющаяся задача, а любая конкретная инновация – единична, то можно сделать вывод о том, что проект равно инновация, а инновация – продукт НИОКР.

Вот автор из Польши, например, шагнул ещё дальше в своих суждениях и представил взгляд на производственный менеджмент с вершины «Индустрии 4.0», как верхний этаж в цепочке индустриальных революций,

закрывающейся в развитии киберфизических систем и Интернета вещей. Предыдущий «этаж» – «Индустрия 3.0»: компьютеры, автоматика, электроника [5, с. 75].

Вновь и вновь подсвечиваются слагаемые производственного процесса, который по мнению европейского автора, включает подготовку производства (технические и организационные мероприятия), реализация производственных задач и контроль производства. Подготовка производства здесь включает в себя, в том числе, процессы проектирования и конструирования изделий: определение технических характеристик изделия, выбор материалов для изготовления, определение технических норм для материала. Когда данный этап пройден, то очень важно рассмотреть пожелания и нужды потребителя. Всё названное должно, в конечном счёте, быть соотнесено с продолжительностью подготовки производства такого изделия и его экономической рентабельности.

Интересно, что автор отмечает важность процедуры разделения работ перед началом производства продукции: какие процессы и составные части конечного продукта будут производиться внутри головной организации, а какие будут выполняться сторонними силами. В случае необходимости привлечения услуг аутсорсинга, разделения труда, возникает потребность подумать и спланировать этапы заключения контракта, в котором необходимо отразить целый ряд требований к составной части продукта, включая дизайн и качество [5, с.75-77].

С середины XX столетия управление закупочной деятельностью, необходимой для заключения контракта на услуги аутсорсинга, например, претерпело значительные изменения и прошло путь от отсутствия к нему особого внимания до стратегической роли в современных компаниях, стремящихся повысить свою эффективность. Закупки теперь – это не поход в магазин, а целый набор задач, которые решает компания: сегментация товаров для покупки, определение спроса и разработка стратегии, поиск источников снабжения, классификация и оценка поставщиков, переговоры и заключение контрактов, планирование и контроль запасов, управление поставками [5, с. 83].

Не одним содержанием едины, так ещё и по тексту издания европейского автора в ряде подпроцессов производственного менеджмента включается вездесущее слово «планирование». В его целях и на фоне промышленной революции «Индустрии 3.0» и «Индустрии 4.0» отмечается роль автоматизированных систем для управления ресурсами предприятия – ERP (перевод аббревиатуры с английского языка – Enterprise

Resource Planning). Такие системы призваны повысить конкурентное преимущество, а также увеличить финансовые показатели предприятия при производстве продукта. ERP системы поддерживают эффективное планирование корпоративными ресурсами. Цель ERP системы – интегрировать информацию из основных функциональных областей организации (например, финансы, человеческие ресурсы, производство, отношения с клиентами, управление цепочкой поставок) в одном автоматизированном узле, обеспечивающем облегчение управления, и оптимизация потока информации [5, с. 78].

Одной из интереснейших книг на иностранном языке в отношении производственного менеджмента, которая была обнаружена в целях настоящего исследования: «Mechanical Engineers' Handbook. Manufacturing and Management», что в переводе на русский язык обозначает: «Справочник инженера механика. Производство и менеджмент» в редакции американского автора Майер Кутца, возглавляющего с 1990 года собственную одноимённую фирму, оказывающую консалтинговые услуги различным компаниям и научным обществам, обладатель инженерной степени в Массачусетском технологическом институте, работник аэрокосмической отрасли [6; 7].

Названное издание [6] включает в себя детальное описание производственных процессов и машин производства: например, резка металла, токарная обработка, сверление, измельчение, электронно-лучевое оборудование, а также непосредственно правила расчёта различных производственных показателей. Однако, это издание интересно также тем, что в нём уделяется внимание не только прикладному производству, но и процессам его управления. В этой работе подсвечиваются такие важные функциональные области управления организацией производства, не только те, что упоминаются и другими авторами: производственное планирование, производственный контроль, управление качеством продукции и так далее, но и совершенно новыми в этом смысле: компьютеризированное производство, теория решения изобретательских задач (далее – ТРИЗ), финансовый менеджмент, патенты – определённо, новый подход в анализе литературы в отношении производства.

Первое в рассмотрении «компьютеризированное производство» знакомо отечественному учёному из привычной аббревиатуры CALS, которая составлена из слов английского языка: «Continuous Acquisition and Life cycle Support», что в переводе на русский язык обозначает: непрерывная информационная поддержка поставок и



жизненного цикла изделий. Информационная поддержка включает в себя огромное разнообразие компьютерных систем, например, САД (аббревиатура от английского языка – Computer-Aided Design, что в переводе на русский язык – автоматизированное проектирование) или САМ (аббревиатура от английского языка – Computer-Aided Manufacturing, что в переводе на русский язык – автоматизированное производство).

К слову сказать, компьютеры – это необходимая часть автоматического производства, обеспечивающая контроль над автономными производственными системами: обрабатывающими инструментами, сварочными машинами, лазерными станками резки, роботами и автоматическими сборочными машинами.

Основные причины для автоматизации производственного процесса: снижение себестоимости выпускаемой продукции за счёт экономии материалов и человеческих ресурсов, повышение качества продукции за счёт устранения ошибок и снижения переменной составляющей в качестве продукции, увеличение скорости производства, сокращение времени протекания процессов, создание более безопасных условий труда [6, с. 339-341].

Весьма необычным было заметить в американском издании целую главу, посвящённую ТРИЗ. Аббревиатура, расшифрованная выше и упомянутая в тексте, как российский акроним, указывает не на что иное, как на совершенствование производства – инновационный и творческий процесс. Понятие «ТРИЗ» явило свет благодаря русскому исследователю Генриху Альтшуллеру (1926 – 1998), изучавшему разные изобретения и понимание того, как работает мозг их изобретателей, что легло в основу «Уровней изобретательности Альтшуллера»: параметрическое решение (например, проблема обледенения дороги можно решить при помощи соли), значительное улучшение технологической парадигмы (например, проблема обледенения дороги решается «автоматически» при достижении определённой температуры), изобретение в рамках парадигмы (например, использование в самолётах для роста прочности сотовидных конструкций), изобретение вне парадигмы (объединяет несколько отраслей науки, например, изобретение радио), настоящее открытие (выходящее за рамки современной науки, например, лазер или Интернет) [6, с. 363-364].

Уровни изобретательности Альтшуллера являются прародителем международного стандарта ISO 16290: «Космические системы. Определение уровней и критериев оценки

технологической готовности (TRL) космических систем и их элементов» [8] или национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 58048-2017: «Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий» [9], например.

Выше написано об изобретательности и о потенциальных научных открытиях, которые рано или поздно необходимо будет обеспечить правовой охраной – об этом американский автор сформулировал целую главу. Патенты разделяются на патенты на изобретения, патенты на промышленные образцы, патенты на растения [6, с.773-774]. Субъекты правовой охраны могут приносить экономическую полезность, чему также посвящена одна из глав – инженерная экономика и вопросы финансового менеджмента, которые обеспечивают рациональный процесс выбора способа распределения капитала, а также ответы на вопросы бизнеса о приоритетности выбора технических проектов, в том числе с точки зрения окупаемости инвестиций в приобретение новых машин или сохранения старых версий [6, с. 582].

Рассмотрение вопросов инженерной экономики, как части управления и организации производства, позволяет найти ответы на важные вопросы до реализации какого угодно значимого проекта: оценить денежные потоки, оценить временную ценность денег, процентную ставку для привлекаемого финансирования, чтобы рассчитать чистую приведённую стоимость, внутреннюю норму доходности и период окупаемости – важные параметры инвестиционного проекта [6, с. 592-598].

Для целей настоящего исследования был осуществлён поиск и изучение не менее 6 источников научно-технической информации, в последнем из которых традиционно по сравнению с предыдущими пятью, нашли отражение такие слагаемые производственного менеджмента: управление запасами, планирование, проектный менеджмент, управление цепочкой поставок, инновационный менеджмент, управление качеством.

В очередном рассматриваемом издании представлена целая глава, посвящённая качеству. С одной точки зрения, «качество» – это набор стандартов и спецификаций, которые должны соблюдаться; с другой стороны, «качество» – это атрибуты, которые важны потребителям. Однако, существует объективная картина, позволяющая ответить на вопросы про качество продукции – международные стандарты системы менеджмента качества.

Качество имеет собственные показатели, модели, стоимость, методологию, контроль [10, с. 275]. Практически каждое из слагаемых формулы «качества» стандартизировано: существует даже международный стандарт ISO 9000:2015, стандартизирующий только основные положения и словарь терминов, используемых в системе менеджмента качества.

## 2.2. Формула качества

Во многих иностранных изданиях раздел «Управление качеством» или «Повышение качества» включён в основное содержание в отношении научного направления: «Производственный менеджмент», что нельзя сказать об отечественных изданиях, которые словно разделяют понятие «Производство» и «Качество». В оргструктурах современных отечественных предприятий нередко встречаются структурные подразделения, которые ответственны за качество всего предприятия, но, что касается научно-технической литературы, здесь присутствует разделение, то есть источники в рамках области знаний «Производственный менеджмент» и «Управление качеством» признаются, в процессе осуществлённого анализа, различными.

В иностранных источниках научно-технической информации «качество» является слагаемым в формуле «производственного менеджмента». Так, например, опубликованное издательством Индии произведение повествует о том, что «управление качеством имеет первостепенное значение для удовлетворения потребностей клиентов с помощью непрекращающихся инноваций и совершенствований в соответствии с согласованными техническими требованиями» и «качество играет важную роль в современной производственной среде» [3, с. 253].

Теоретическая основа системы менеджмента качества представлена в работах известных представителей школ в области управления качеством, такие как Джозеф Джуран (1904), Филипп Кросби (1926-2001), Арманд Фейгенбаум (1920), Каору Исикава (1915-1989), А. Гастев, Г.Г. Азгальдов, А.В. Гличев и другие. Системы менеджмента качества, как мы их сейчас понимаем, впервые начали разрабатываться в 1920–х годах, когда в методологию контроля качества были внедрены методы статистической выборки, впервые разработанные Уолтером Шухартом (1891-1967), которого иногда называют отцом статистического контроля качества и программы постоянных совершенствований предприятий. Позже Уильям Эдвардс Деминг внёс вклад в развитие этой программы и в области управления качеством появился цикл Шухарта-Деминга [11].

Качество – это не только часть производственного менеджмента или процесса, а то, с чем каждый из нас сталкивается в повседневной жизни, например, поход в магазин с определёнными требованиями к приобретаемым продуктам или посещение ресторана с набором определённых критериев, например: сервис, время ожидания, приготовление еды, атмосфера, цена, разнообразие блюд – показатели качества.

Помимо определений «качества» есть такое понятие, как общий менеджмент качества – подход к выполнению бизнес-задач так, чтобы максимизировать конкурентоспособность организации посредством непрекращающихся улучшений качества продуктов, услуг, людей, процессов и окружения. Ключевые элементы общего качества: стратегия обеспечения качества (видение, миссия, цели, деятельность для достижения целей), ориентация на потребителя, одержимость качеством, научный подход (структурирование работы и принятие решений для решения проблем), долгосрочные обязательства, командная работа, непрекращающийся процесс улучшений, обучение и тренинг, свобода через контроль, единство цели, вовлечённость персонала и доверие, максимальная производительность [12, с.2-8].

Автор убеждён, что на современной мировой арене бизнеса качество – есть ключ к конкурентоспособности, а самый важный ключ для максимизации конкурентоспособности – это человеческий ресурс. В книге подсвечен стратегический менеджмент, состоящий из стратегического планирования на основании разработки видения, проведения SWOT (аббревиатура на английском языке – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats; перевод на русский язык – сильные стороны, слабые стороны, возможности, угрозы) анализа, разработки миссии (что, как и где?), принципов и целей, а также из стратегии реализации [12, с. 34-38].

Анализ иностранной литературы в отношении производственного менеджмента в предыдущей главе показал увлечение вопросами качества среди авторов тех книг, а также и других, специализирующихся на углубленных вопросах качества продукции. В рамках данной главы в таблице 1 хотелось бы представить формулу качества – компонентов качества, на которые сделан главный акцент авторов литературы на иностранном языке (ниже и далее «+» означает соответствие наличие наименования в строке содержанию в источнике, ссылка на который указана в столбце).

**Таблица 1.** Матрица содержания литературных источников по компонентам системы менеджмента качества.

Наименование слагаемого качества	[1]	[3]	[5]	[6]	[10]	[12]
Мониторинг ошибок, контроль операций	+		+	+	+	+
Международная конкурентоспособность						+
Планирование и реализация конкурентных преимуществ	+	+		+		+
Лидерство и перемены	+					+
Построение команды и командная работа		+				+
Международный стандарт ISO 9000				+	+	+
Инструменты общего менеджмента качества (диаграмма Парето, диаграмма Исикавы, гистограммы, диаграммы)	+	+		+	+	+
Инструменты решения проблем и принятия решений	+					+
Бенчмаркинг		+				+
Статистический контроль процессов	+	+		+	+	+
Шесть сигма, бережливое производство	+	+				+

Анализ литературы на иностранном языке показал неподдельный интерес авторов к управлению качеством и системы менеджмента качества. Общими слагаемыми в формуле качества среди большинства авторов стали:

- вопросы мониторинга несоответствий, контроль операций;
- планирование качества и реализация конкурентных преимуществ;
- применимость положений международных стандартов;
- инструменты общего менеджмента качества;
- статистический контроль процессов.

В процессе выбора литературы на иностранном языке отметил, что зарубежом существует целый пласт литературы в части организации производства, производственного менеджмента и обеспечения качества продукции по узкоспециализированным тематикам в этой области знаний, например, в части управления производством кроликов «Handbook of Rabbit Production and Management» издательства New Delhi Publishing Agency.

В результате работы над этой статьёй было изучено большое число иностранной литературы на английском языке. Анализ основного содержания литературы на иностранном языке позволил сформировать таблицу 2, которая описывает слагаемые процесса организации производства и производственного менеджмента в целом.

**Таблица 2.** Компоненты процесса организации производства и производственного менеджмента в иностранной литературе.

Наименование	[1]	[3]	[4]	[5]	[6]	[10]
Управление запасами (инвентарём)		+	+	+		+
Персонал (управление и обучение)		+			+	
Автоматизация (информационные технологии)	+	+		+	+	+
Планирование	+	+	+	+	+	+
Контроль	+	+	+	+	+	
Управление основными данными	+				+	
Логистика внутренняя и внешняя	+			+		
Управление складом	+				+	
Управление цепочкой поставок или закупки	+	+	+	+	+	+
Проектный менеджмент	+		+			+
Управление качеством продукции	+	+		+	+	+
Инженерная экономика					+	
Снижение затрат (бережливое производство)		+			+	+
Техническое обслуживание и ремонт	+	+		+		

Анализ иностранной литературы позволил определить важные слагаемые, входящие в производственный менеджмент, упомянутые большинством авторов из разных государств:

- автоматизированные и информационные технологии,
- производственное планирование,
- производственный контроль,
- управление цепочкой поставок или закупки,
- управление качеством продукции:
  - вопросы мониторинга несоответствий, контроль операций;
  - планирование качества и реализация конкурентных преимуществ;
  - применимость положений международных стандартов;
  - инструменты общего менеджмента качества;
  - статистический контроль процессов.

### 2.3. Процессы производственного менеджмента в России

Отечественная литература в моём исследовании представлена работами изданий различных Федеральных государственных образовательных учреждений высшего образования Министерства образования и науки Российской Федерации после

рекомендации к опубликованию научно-методическими советами, кафедрами соответствующих направлений подготовки. Результат аналогичного анализа научно-технических источников информации на русском языке представлен в таблице 3.

**Таблица 3.** Компоненты процесса организации производства и производственного менеджмента в отечественной литературе.

Наименование	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
Организация производства	+	+	+	+	+	+	+	+
Управление производством	+	+	+		+	+		+
Планирование производства	+	+	+	+	+	+	+	+
Управление запасами	+							
Управление персоналом на производстве	+	+				+	+	+
Управление инновациями		+				+		
Управление стратегией		+		+	+			
Управление инфраструктурой		+				+		
Управление материально-техническим обеспечением		+	+		+	+		
Проектирование производственных систем		+	+					
Управление процессами		+	+	+		+	+	
Бережливое производство			+				+	+
Организационная структура		+		+	+	+	+	+
Управление логистикой		+			+	+	+	
Проектное управление					+			
Управление качеством					+	+		

Сравнивая подход иностранных авторов с отечественными изданиями, бросается в глаза, что российский бизнес разделяет производственный менеджмент и управление качеством, проектный менеджмент. Так, например, в 80% проанализированных источниках научно-технической информации в издании, посвящённом производственному менеджменту, встречаются целые главы по управлению качеством, а «проектный менеджмент» и его процессы – в половине рассмотренной иностранной литературы.

Акцент большинства отечественных авторов, изучающих вопросы и проблемы производственного менеджмента, делается на организацию и управление производством, планирование производства, управление процессов, вопросы организационных структур.







3. Подведены итоги настоящего исследования, проведено сравнение подходов в отношении направлений научной специальности на основании прочитанной иностранной и отечественной литературы.

Модель процессов производственного менеджмента представлена следующими составными компонентами:

- Управление запасами (инвентарём),
- Персонал (управление и обучение),
- Автоматизация (информационные технологии),
- Планирование,
- Контроль,
- Управление основными данными,
- Логистика внутренняя и внешняя,
- Управление складом,
- Управление цепочкой поставок или закупки,
- Проектный менеджмент,
- Управление качеством продукции,
- Инженерная экономика,
- Снижение затрат (бережливое производство),
- Техническое обслуживание и ремонт,
- Организация производства,
- Управление производством,
- Управление персоналом на производстве,
- Управление инновациями,
- Управление стратегией,
- Управление инфраструктурой,
- Проектирование производственных систем,
- Управление процессами,
- Бережливое производство,
- Организационная структура.

## Список литературы

1. Baudin, M. Introduction of Manufacturing. An Industrial Engineering and Management Perspective / M. Baudin, T. Nethland. – New York and London: Routledge, 2023. – 781 p.
2. Мультитран. Operations – русский перевод: сайт. – URL: <https://www.multitrans.com/m.exe?l1=1&l2=2&s=operations&l2=2> (дата обращения: 25.04.2024).
3. Verma, R. Production and Operations Management / R.Verma, M. Kaur. – Wellwritten Publishing, 2022. – 366 p.
4. Das, U. C. Production and Operation Management / U.C. Das, A.K. Mishra. – Excel Books Private Limited, 2019. – 76 p.
5. Marcinkowski, B. Production-operation management. The chosen aspects / B. Marcinkowski. – Poznan University of Economics and Business Poznan, 2021. – 98 p.
6. Kutz, M. Mechanical Engineers` Handbook. Manufacturing and Management / M. Kutz. – Willey, 2015. – 865 p.
7. Judge – Myer Kutz – Prose Awards. – URL: <https://proseawards.com/judge-bios/judge-myer-kutz/> (дата обращения: 02.05.2024).
8. ISO 16290:2013(R). Космические системы. Определение уровней и критериев оценки технологической готовности (TRL) космических систем и их элементов = Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment: международный стандарт: издание первое: дата введения 2013-11-01 / разработан Техническим комитетом ISO/TC 20 Авиационные и космические аппараты, Подкомитетом SC 14, Космические системы и их эксплуатация.
9. ГОСТ Р 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2017 г. № 2128-ст: введен впервые: дата введения 2018-06-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского». – Москва: Стандартинформ, 2018.
10. Gupta, S., Production and Operation Management Systems / S. Gupta, M. Starr. – CRC Press, 2014. – 475 p.

11. The History of Quality Management System. – URL: <https://www.juran.com/blog/quality-management-system/> (дата обращения: 03.05.2024).
12. Goetsch, D.L. Quality Management for Organizational Excellence. Introduction to Total Quality / D.L. Goetsch, S.B. Davis. – Pearson, 2016. – 451 p.
13. Пряников, В.В. Анализ соблюдения стандартов при организации НИОКР / В.В. Пряников, И.Ю. Родин, П.Ю. Чайка // Стандарты и качество. – 2023. – № 8 (1034). – С. 49-53.
14. Куликова, Т.А. Производственный менеджмент: учебно-методическое пособие для магистрантов / Т.А. Куликова. – Пенза: Издательство ПГУ, 2017. – 100 с.
15. Сорокин, А.В. Производственный менеджмент: учебное пособие для студентов всех форм обучения УГСН «Экономика» направления подготовки «Менеджмент» / А.В. Сорокин, Л.В. Шнейдер. – Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт АлтГТУ, 2014. – 48 с.
16. Боргардт, Е.А. Производственный менеджмент: электронное учебное пособие / Е.А. Боргардт, С.Ю. Данилова, Н.М. Дегтерева, О.М. Сярдова. – Тольятти: ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2017. – 272 с.
17. Кашицына, Т.Н. Производственный менеджмент: учебное пособие / Т.Н. Кашицына, Е.С. Ловкова. – Владимир: Издательство ВлГУ, 2020. – 201 с.
18. Алёшкина, А.М. Производственный менеджмент: курс лекций / А.М. Алёшкина, И.В. Стоянова. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2020. – 92 с.
19. Иванов, И.Н. Производственный менеджмент. Теория и практика: учебник для бакалавров / И.Н. Иванов, А.М. Беляев. – Москва: Издательство Юрайт, 2014. – 574 с.
20. Нордин, В.В. Производственный менеджмент: учебно-методическое пособие для магистратуры по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование, профиль программы «Экологический менеджмент» / В.В. Нордин. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 110 с.
21. Кудряшов, В.С. Производственный менеджмент: учебное пособие / В.С. Кудряшов, О.В. Кучина. – Санкт-Петербург: Астерион, 2022. – 208 с.

УДК 629.12

EDN  
[QGZWB](#)

## Безэкипажные суда и проблемы интеграции новых технологий

**Н.Ф. Тихонов \***

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,  
пр. Московский, 15, Чебоксары, 428015, Россия

\*E-mail: ds2585@mal.ru

**Аннотация.** Безэкипажные суда представляют собой направление, которое активно развивается в судоходстве. В статье отмечается, что тенденция к автоматизации и удаленному управлению судами открывает новые горизонты для повышения безопасности и снижения затрат на экипаж. Однако, следует отметить, что несмотря на очевидные преимущества, интеграция безэкипажных технологий сталкивается с рядом проблем, включая правовые и этические аспекты, а также необходимость создания надежной инфраструктуры для поддержки таких судов. Важно, чтобы регуляторы и судоходные компании работали совместно для разработки стандартов и норм, которые обеспечат безопасное и эффективное использование безэкипажных судов.

**Ключевые слова:** судостроение, эксплуатация, новые технологии, требования, безопасность, эффективность, умная система, надежность, автоматика.

## Unmanned vessels and the challenges of integrating new technologies

**N.F. Tikhonov \***

I.N. Ulyanov Chuvash State University, 15 Moskovsky Ave., Cheboksary, 428015,  
Russia

\*E-mail: ds2585@mal.ru

**Abstract.** Unmanned vessels represent a trend that is actively developing in shipping. The trend towards automation and remote control of ships opens up new horizons for improving safety and reducing crew costs. However, despite the obvious advantages, the integration of unmanned technologies faces a number of challenges, including legal and ethical aspects, as well as the need to create a reliable infrastructure to support such vessels. It is important that regulators and shipping companies work together to develop standards and regulations that will ensure the safe and efficient use of unmanned vessels.

**Keywords:** shipbuilding, operation, new technologies, requirements, safety, efficiency, smart system, reliability, automation.

## 1. Введение

### *1.1. Безэкипажные суда: современные тенденции*

Безэкипажные суда становятся все более важными в контексте развития международного судоходства, открывая новые горизонты для оптимизации операций и повышения безопасности на море. Эти суда, управляемые с удаленных центров или полностью автономные, способны не только снизить затраты на эксплуатацию, но и уменьшить риски, связанные с человеческим фактором. В условиях растущей глобализации и увеличения грузопотоков необходимость в инновационных подходах к управлению судоходством становится очень актуальной.

Современные технологии в области автоматизации и сенсорных систем играют важную роль в внедрении безэкипажных решений. Интеграция систем GPS, радарных датчиков, камер и других сенсоров позволяет судам в реальном времени отслеживать обстановку на море и принимать обоснованные решения, минимизируя вероятность столкновений. Применение искусственного интеллекта для обработки данных и принятия управленческих решений становится ключевым элементом успешного функционирования безэкипажных судов.

Одним из основных вызовов, с которыми сталкиваются безэкипажные суда, является необходимость создания надежной системы связи для обеспечения постоянного контроля и управления [1-3]. Проблемы, связанные с задержками в передаче данных, могут привести к серьезным последствиям, особенно в условиях сложного морского ландшафта или неблагоприятной погоды. Поэтому исследования в области создания программного обеспечения и сетевых технологий становятся критически важными для повышения безопасности и эффективности безэкипажных операций. [4-6].

Вопрос нормативно-правового регулирования также стоит на повестке дня. Мир судоходства требует создания новых стандартов и правил, регулирующих использование автономных систем. На данный момент некоторые страны уже начали предпринимать шаги в этом направлении, однако глобальный консенсус все еще остается вызовом. Протестированные и сертифицированные подходы для внедрения таких технологий в уже существующие суда могут обеспечить плавный переход и минимизировать риски.

Экологические аспекты также играют значительную роль в развитии технологий безэкипажного судоходства. Понижение углеродного следа и соответствие строгим международным стандартам по выбросам являются основными задачами для судоходной отрасли. Безэкипажные суда могут использовать более эффективные и

чистые источники энергии, такие как электроэнергия от гибридных систем или водорода, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Необходимо также отметить, что безэкипажные суда способны обеспечивать большую гибкость в управлении флотом. Отсутствие зависимости от количества экипажа позволяет быстро изменять маршруты и адаптироваться к изменяющимся условиям рынка, что является немаловажным фактором для доставки грузов в режиме реального времени. Также это предоставляет возможности для максимизации загрузки судов, что в свою очередь влияет на экономическую эффективность.

## **2. Материалы и методы**

Проблемы, возникающие в процессе трансформации судоходной отрасли, связаны не только с техническими аспектами, но и с социальными. Существуют опасения по поводу потери рабочих мест в результате автоматизации процессов. Эти вопросы требуют комплексного подхода и диалога между заинтересованными сторонами, включая судоходные компании, профсоюзы и образовательные учреждения.

Существуют также интересные перспективы для партнерства между различными игроками в индустрии. Системные интеграторы, разработчики программного обеспечения, судостроители и операторы могут совместно работать над созданием гармоничных и эффективных решений, способствующих успешному внедрению безэкипажных технологий. Совместные исследования и разработки, следуя современным трендам, могут вывести на рынок более безопасные и эффективные решения.

Безэкипажные суда представляют собой важное направление в будущем судоходной отрасли, предлагая множество преимуществ и возможностей для эффективной работы, однако их успешная реализация требует проработки множества технических, юридических и социальных аспектов. С учетом текущих трендов и вызовов, активное исследование и внедрение данных технологий может значительно преобразовать отрасль и поспособствовать ее устойчивому развитию.

## **3. Результаты и обсуждение: проблемы интеграции новых технологий**

Современные судовые энергетические установки сталкиваются с рядом проблем, связанных с интеграцией новейших технологий. Эффективное внедрение передовых решений представляется сложной задачей, требующей комплексного подхода и учета множества факторов. Важным аспектом является адаптация существующих систем к

новым требованиям, которые диктуются как рыночными условиями, так и законодательными инициативами, касающимися охраны окружающей среды.

Одной из ключевых трудностей является несовместимость новых технологий с устаревшими системами. Модернизация устаревших установок часто усложняется необходимостью адаптировать их к современным стандартам безопасности и эффективности. Это требует значительных затрат времени и ресурсов, а также наличия квалифицированного персонала, готового к освоению новых технологий. Вдобавок к этому, старые системы могут быть сконструированы так, что их модернизация практически невозможна без полной замены. Не менее важным аспектом является необходимость проведения глубокого анализа экономической целесообразности внедрения новых решений. Инвестиции в высокие технологии могут приносить отдачу в очень долгосрочной перспективе, что создает риски для судоходных компаний, ориентированных на быстрые результаты. Таким образом, принятие решения о модернизации часто связано с неопределенностью, особенно в условиях конкурентного рынка.

Техническое оборудование нуждается в комплексном тестировании и сертификации. Новые технологии, особенно те, что касаются альтернативных источников энергии, как водород или электризация, требуют сертификации согласно международным стандартам. Этот процесс может занять значительное время и стать серьезным препятствием для внедрения новых систем. Работы по адаптации к стандартам класса, разрабатываемым организациями как Департамент судоходства и организации морской безопасности (ИМО), также требуют внимания.

Нынешние требования к экологической устойчивости предъявляют дополнительные вызовы. Для соответствия установленным нормам, судовые энергетические установки должны учитывать механизмы снижения выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ. Сложность этой задачи заключается в том, что интеграция новых технологий должна осуществляться параллельно с поддержанием текущей эффективности и безопасности работы судна. Внедрение технологий улавливания и хранения углерода является одним из примеров, где требуется тщательное планирование и расчет затрат.

Сложности могут возникнуть и на уровне учебных заведений и квалификации кадров. Многие из новых технологий требуют совершенно других навыков и знаний,

которых не хватает у нынешнего персонала. Это создает необходимость в обновлении образовательных программ и повышения квалификации уже существующих работников. В результате становится очевидным, что модернизация образовательных подходов должна идти параллельно с развитием технологий. Кроме того, важно учитывать вопросы совместимости новых энергоносителей с уже существующими системами логистики и хранения. Например, переход на электрические установки требует создания соответствующей инфраструктуры для зарядки, что является вызовом не только для судовых компаний, но и для портов и операторов логистики.

На фоне этого необходимо понимать, что рынок ожидает не только высоких технологий, но и их надежности. Сравнение новых решений с традиционными может выявить потенциальные риски и ограничения, которые необходимо учесть при принятии решений. Комплексный анализ жизненного цикла установок, включая их эксплуатационные характеристики и потенциальные проблемы, связанных с их обслуживанием и ремонтом, должен стать составной частью любого проектирования и модернизации.

Оптимизация процессов интеграции технологий может быть достигнута при наличии четкого стратегического плана, который включает оценку возможностей, рисков и потенциальных выгод от будущих инвестиций. Участие всех заинтересованных сторон, включая проектировщиков, судостроителей, судовладельцев и регуляторов, крайне важно для выработки эффективных решений.

В числе критически важных задач оказывается создание эффективной информационной системы для мониторинга и оценки новых технологий на разных этапах их внедрения. Обмен информацией между различными участниками процесса может существенно сократить время на освоение и минимизировать риски, что приведет к созданию более безопасных и эффективных судовых энергетических установок.

#### **4. Заключение**

Таким образом, интеграция новых технологий в судовые энергетические установки требует многоаспектного подхода и внимательного планирования. Внимание к техническим, экологическим, социальным и экономическим аспектам будет способствовать созданию эффективных и устойчивых решений, адаптированных к современным требованиям судоходства [7-10].



## Список литературы

1. Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС) НД № 2-030101-037, Санкт-Петербург, 2020.
2. Тихонов, Н. Ф. Судовая автоматизация / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее: Материалы V международной научно-практической конференции (г. Ростов-на-Дону, 29 июля 2022 г.), часть 2. – Ростов-на-Дону: ООО «Манускрипт», 2022. – С. 85-87. – EDN: KVKQEF.
3. Борисова, А.Ю. Анализ разработок современных беспилотных инерциальных навигационных систем / А.Ю. Борисова, А.В. Смаль // Инженерный вестник. – 2017. – № 5. – С. 50-57.
4. Тихонов, Н. Ф. Концепция «интеллектуального двигателя» / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Наука и образование в эпоху перемен: перспективы развития, новые парадигмы: материалы X Всероссийской научно-практической конференции (г. Ростов-на-Дону, 15 июля 2022 г.), часть 1. – Ростов-на-Дону: ООО «Манускрипт», 2022. – С. 231-233. – EDN: RKLEPT.
5. Сазонов, А.Е. Прогнозирование траектории движения судна при помощи нейронной сети / А.Е. Сазонов, В.В. Дерябин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени Макарова. – 2013. – № 3 (22). – С. 6-13.
6. Дерябин, В.В. Прогноз счислимых координат судна на основе нейронных сетей / В.В. Дерябин // Транспортное дело России. – 2015. – № 4. – С.159-165.
7. Тимофеев, В. Н. Модернизация систем наддувочного воздуха судовых дизелей / В. Н. Тимофеев, Н. Ф. Тихонов // Наука. Исследования. Практика: сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, 23 февраля 2021 г.). – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. – С. 89-94. – EDN: GUJMNR.
8. Шумихина, Е. Г. Режимы охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания / Е. Г. Шумихина // Научные теории и разработки в условиях глобальных перемен: пределы и возможности: материалы XI Международной научно-практической конференции (г. Рязань, 28 июля 2023 г.). – Рязань: ООО «Издательство «Концепция», 2023. – С. 249-251. – EDN: AQRRMM.

9. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI: 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN: MUUXCM.
10. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, 28 марта 2021 г.). – Санкт-Петербург: ЧНОУ ДПО ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – EDN: JOOBAS.

УДК 544.723.2

EDN  
[NGSFEO](#)

## Анализ применения системы адсорбции с применением цеолита для удаления газообразных загрязняющих веществ

**О.С. Харитонова\***, В.В. Бронская, А.В. Клинов, Д.В. Башкиров, В.В. Макарихин

Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Россия

\*E-mail: os\_kharitonova@mail.ru

**Аннотация.** Для удаления кислых газов и летучих органических соединений из газовой среды перед сбросом в атмосферу чаще всего применяют процесс адсорбции с применением цеолитов. В настоящее время цеолиты привлекают внимание исследователей благодаря своим свойствам, а именно адсорбционным свойствам, каталитическим свойствам и другие. В статье представлен анализ применения процесса адсорбции для удаления загрязняющих газообразных веществ из газовой смеси.

**Ключевые слова:** адсорбция, цеолиты, углеводородные газы.

## Analysis of the adsorption system application using zeolite for the removal of gaseous pollutants

**O.S. Kharitonova\***, V.V. Bronskaya, A.V. Klinov, D.V. Bashkirov, V.V. Makarikhin

Kazan National Research Technological University, Karl Marx Street, 68, Kazan, 420015, Russia

\*E-mail: os\_kharitonova@mail.ru

**Abstract.** Removing acid gases and volatile organic compounds from the gas environment before discharging into the atmosphere, the adsorption using zeolites is most often used. Currently, zeolites attract the attention of researchers due to their properties, namely adsorption properties, catalytic properties, and others. The article presents an analysis of the application of the adsorption process to remove polluting gaseous substances from the gas mixture.

**Keywords:** adsorption, zeolites, hydrocarbon gases.

## 1. Введение

Цеолиты являются эффективными адсорбентами для удаления кислых газов и летучих органических соединений (ЛОС) из газовых потоков. Их уникальные свойства делают их популярным выбором для очистки газов в промышленных условиях [1-3]. Рассмотрим подробнее, как цеолиты применяются для этих целей и какие преимущества они обеспечивают.

- **Высокая селективность.** Цеолиты имеют кристаллическую структуру с определённым размером пор, что позволяет им избирательно адсорбировать молекулы определённого размера и формы. Это особенно полезно для разделения смесей газов и удаления целевых загрязнителей, таких как сероводород ( $H_2S$ ), диоксид серы ( $SO_2$ ), аммиак ( $NH_3$ ) или ЛОС. Селективность также зависит от химического состава цеолита, который можно модифицировать для улучшения адсорбции конкретных веществ.
- **Возможность регенерации.** После насыщения адсорбента загрязнителями цеолиты можно регенерировать. Обычно это делается путём нагревания (термическая десорбция) или продувки инертным газом, что позволяет удалить адсорбированные вещества и восстановить адсорбционную способность цеолита. Регенерация делает процесс экономически выгодным, так как один и тот же материал можно использовать многократно.
- **Пористая структура.** Цеолиты имеют высокую удельную поверхность благодаря своей микропористой структуре. Это увеличивает их адсорбционную ёмкость и позволяет эффективно улавливать даже низкие концентрации загрязнителей. Размер пор можно регулировать, выбирая цеолиты с определённой структурой (например, цеолиты типа А, X, Y или ZSM-5).
- **Физико-химическая стабильность.** Цеолиты устойчивы к высоким температурам, что делает их пригодными для использования в процессах, где газы имеют повышенную температуру. Они также устойчивы к химической коррозии и механическим воздействиям, что обеспечивает их долговечность в промышленных условиях.
- **Экологичность.** Цеолиты являются природными или синтетическими материалами, которые считаются безопасными для окружающей среды. Они не выделяют вредных веществ в процессе эксплуатации и могут быть

утилизированы без значительного экологического ущерба. В некоторых случаях использованные цеолиты можно перерабатывать или использовать в других сферах деятельности, например, в строительстве или сельском хозяйстве.

## 2. Применение цеолитов для удаления кислых газов и ЛОС

Применение цеолитов для удаления кислых газов и летучих органических соединений (ЛОС) широко распространено в промышленности. Рассмотрим основные аспекты их использования для этих целей [4].

### 2.1. Удаление кислых газов

Кислые газы, такие как сероводород ( $H_2S$ ), диоксид серы ( $SO_2$ ), диоксид углерода ( $CO_2$ ) и оксиды азота ( $NO_x$ ), часто присутствуют в промышленных выбросах. Цеолиты эффективно адсорбируют эти газы благодаря своей пористой структуре и химическим свойствам [5-6].

Механизм адсорбции кислых газов:

- Физическая адсорбция: кислые газы улавливаются в порах цеолита за счёт сил Ван-дер-Ваальса.
- Химическая адсорбция: некоторые цеолиты модифицируются для усиления химического взаимодействия с кислыми газами. Например, цеолиты, пропитанные щелочными металлами (например, натрием или калием), лучше адсорбируют  $H_2S$  и  $SO_2$ .

Примеры применения:

- Нефтегазовая промышленность: удаление  $H_2S$  и  $CO_2$  из природного газа и попутного нефтяного газа.
- Энергетика: очистка дымовых газов от  $SO_2$  и  $NO_x$  на электростанциях.
- Химическая промышленность: улавливание кислых газов в процессах производства серной кислоты, аммиака и других химических веществ.

### 2.2. Удаление летучих органических соединений (ЛОС)

Летучие органические соединения, такие как бензол, толуол, ксилолы, формальдегид и другие, часто присутствуют в выбросах химических, лакокрасочных и нефтеперерабатывающих производств. Цеолиты эффективно адсорбируют ЛОС благодаря своей высокой удельной поверхности и селективности.

Механизм адсорбции летучих органических соединений:

- ЛОС адсорбируются в порах цеолита за счёт физических взаимодействий (сил Ван-дер-Ваальса) и, в некоторых случаях, за счёт химических взаимодействий (если цеолит модифицирован).
- Селективность цеолитов позволяет улавливать определённые ЛОС даже при низких концентрациях.

### 3. Ограничения и пути их преодоления. Области промышленного применения

Любые системы и процессы имеют достоинства и недостатки в работе. Применение цеолитов имеет следующие ограничения [7-10]:

- Чувствительность к влаге. Вода может «конкурировать» с целевыми загрязнителями, а именно занимать поры адсорбента вместо целевого загрязнителя. Для решения этой проблемы газовый поток предварительно осушают. Для осушки возможно также применение специальных цеолитов.
- Высокая стоимость синтетических цеолитов: Использование природных цеолитов или комбинирование с другими адсорбентами (например, активированным углём) может снизить затраты.
- Ограниченная ёмкость. Для повышения эффективности используют многоступенчатые системы очистки или комбинируют цеолиты с другими методами (например, каталитическим окислением).

С каждым годом возрастает потребность в цеолитах и область их применение увеличивается, появляются новые способы применения данных веществ. Основные пути использования цеолитов является:

- Нефтепереработка. Очистка попутного нефтяного газа от  $H_2S$  и ЛОС.
- Энергетика. Улавливание  $SO_2$  и  $NO_x$  из дымовых газов.
- Химическая промышленность. Очистка выбросов от ЛОС в производстве пластмасс, красок и растворителей.
- Очистка воздуха. Использование цеолитов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха на промышленных объектах.

### 4. Выводы

Цеолиты являются эффективным и экологически безопасным решением для удаления кислых газов и ЛОС из промышленных выбросов. Их высокая селективность, возможность регенерации и устойчивость к экстремальным условиям делают их

незаменимыми в современных системах очистки газов. Однако для достижения максимальной эффективности важно правильно подбирать тип цеолита и условия его использования.

### Список литературы

1. Zhang, P. Direct synthesis of liquefied petroleum gas from syngas over H-ZSM-5 enwrapped Pd-based zeolite capsule catalyst / P. Zhang, G. Yang, L. Tan, P. Ai, R. Yang, N. Tsubaki // *Catal Today*. – 2018. – № 303. – P. 77-85.
2. Lu, P. Direct syngas conversion to liquefied petroleum gas: importance of a multifunctional metal-zeolite interface / P. Lu, J. Sun, D. Shen, R. Yang, C. Xing, C. Lu [et al]. // *Appl Energy*. – 2018. – № 209. – P. 1–7.
3. Moretti, A. F. Incorporation of *Lactobacillus plantarum* and zeolites in poultry feed can reduce aflatoxin B1 levels / A. F. Moretti, R. R. Gamba, J. Puppo, N. Malo, A. Gómez-Zavaglia, Á. L. Peláez, M. A. Golowczyc // *J Food Sci Technol*. – 2018. – № 55. – P. 431-436.
4. Meunier, F. Second law analysis of a solid adsorption heat pump operating on reversible cascade cycles: application to the Zeolite-water pair / F. Meunier // *J Heat Recovery Syst* 1985. – № 5. – P. 133-141.
5. Li, A. Performance evaluation of a zeolite- water adsorption chiller with entropy analysis of thermodynamic insight / A. Li, I.A. Bin, K. Thu, K.C. Ng, W.S. Loh // *Appl Energy*. – 2014. – № 13. – P.702-711.
6. Харитонов, О. С. Применение цеолитов для осушки углеводородного газа / О. С. Харитонов, В. В. Бронская, А. В. Клинов [и др.] // *Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: сборник научных статей международной конференции (г. Красноярск, 09-10 ноября 2023 г.)*. – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2023. – С. 103-107.
7. Харитонов, О. С. Современные цеолиты / О. С. Харитонов, В. В. Бронская, Д. В. Башкиров, А. В. Клинов // *Интенсификация тепломассообменных процессов, промышленная безопасность и экология: материалы VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции (г. Казань, 28-30 мая 2024 г.)*. – Казань: ООО«Конверс», 2024. – С. 527-530.



8. Багиров, Р.А. Адсорбционные процессы осушки, очистки и разделения газов / Р.А. Багиров // Обз. информ. сер.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. – М.: ВНИИЭгазпром, 1983. – В. 7. – 44 с.
9. Ефимович, Д.О. Оптимизация адсорбционной осушки углеводородных газов / Д.О. Ефимович // Научный электронный журнал «Матрица научного познания». – 2018. – № 7. – С. 6-7.

УДК 66.047.3:622.7

EDN  
[SJKCAE](#)

## Экспериментальная валидация и оценка производительности процесса сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи

Н.Т. Кулмуродова\*

Навоийский государственный горно-технологический университет, г. Навои, Узбекистан

\*E-mail: nafisakulmurodova2@gmail.com

**Аннотация.** Статья посвящена экспериментальной валидации и оценке производительности процесса сушки флотоконцентрата в барабанных сушильных печах. Рассматриваются этапы лабораторных испытаний, пилотной валидации и мониторинга промышленного внедрения на горнометаллургическом предприятии. Результаты демонстрируют снижение энергопотребление на 15-20%, повышение производительности на 10-12% и улучшение качества продукта. Экономический анализ показывает снижение эксплуатационных расходов и увеличение выручки. Результаты могут быть использованы для модернизации сушильных комплексов горнометаллургических предприятий, повышая конкурентоспособность отрасли на мировом рынке.

**Ключевые слова:** сушка флотоконцентрата, барабанная сушильная печь, горнометаллургическая промышленность, эксперимент, валидация, энергоэффективность, оптимизация производительности.

## Experimental validation and performance evaluation of the flotation concentrate drying process in rotary drum dryers

N.T. Kulmurodova\*

Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan

\*E-mail: nafisakulmurodova2@gmail.com

**Abstract.** The article focuses on the experimental validation and performance evaluation of the flotation concentrate drying process in rotary drum dryers. It examines the stages of laboratory testing, pilot validation, and industrial implementation monitoring at a mining and metallurgical enterprise. The results demonstrate a 15–20% reduction in energy consumption, a 10–12% increase in productivity, and improved product quality. Economic analysis reveals decreased operating costs and increased revenue. The findings can be applied to modernize drying systems at mining and metallurgical enterprises, enhancing the industry's competitiveness in the global market.

**Keywords:** flotation concentrate drying, rotary drum dryer, mining and metallurgical industry, experiment, validation, energy efficiency, performance optimization.

## 1. Введение

Процесс сушки флотоконцентрата играет ключевую роль в горнометаллургической промышленности, особенно в производстве цветных металлов и золота [1]. Эффективность этого процесса напрямую влияет на качество конечного продукта и экономические показатели предприятий [2-5]. В данной статье рассматриваются методы экспериментальной валидации и оценки производительности процесса сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи, с акцентом на специфику горнометаллургической отрасли Узбекистана.

Сушка флотационных концентратов, особенно полученных из окисленных руд, представляет собой сложную технологическую задачу из-за высокой отшлакованности материала и наличия растворенных веществ, затрудняющих процесс сушки. Присутствие таких веществ, как известь, делает материал вязким и липким, что создает дополнительные трудности при обработке. Кроме того, по мере удаления основной массы влаги и повышения концентрации раствора, процесс сушки значительно замедляется.

В условиях возрастающего накопления техногенных отходов, удорожания энергоресурсов и ужесточения природоохранных нормативов, поиск экономичных и эффективных способов переработки и возврата в производство металлоотходов становится критически важным [6]. Оптимизация процесса сушки флотоконцентрата может внести существенный вклад в решение этих проблем, способствуя ресурсосбережению и снижению негативного экологического воздействия горнометаллургического производства.

Данное исследование исходит из комплексной оценки и оптимизации процесса сушки флотоконцентрата в барабанных сушильных печах, учитывающей специфику горнометаллургической отрасли Узбекистана. Особое внимание уделяется экспериментальной валидации и оценке производительности, что позволит выработать рекомендации по повышению эффективности процесса и снижению энергозатрат.

## 2. Методы и материалы

Комплексная оценка производительности процесса сушки флотоконцентрата требует применения обоснованных методик тестирования, позволяющих количественно определить улучшения по ряду ключевых параметров в контролируемых условиях [7, 8].  
Базовые этапы исследования:

- лабораторные испытания;
- пилотная валидация;
- мониторинг промышленного внедрения.

Лабораторные испытания, как правило, проводятся на малогабаритных барабанных сушилках с возможностью изменения конфигурации. Это позволяет проводить прямое сравнение различных внутренних конструкций, температурных профилей и характеристик подачи материала. Основные параметры, которые варьируются в ходе экспериментов:

- температура сушильного агента (100-300°C);
- скорость вращения барабана (2-10 об/мин);
- угол наклона барабана (1-5°);
- время пребывания материала в сушилке (5-30 мин).

На этапе пилотной валидации используется специальная экспериментальная установка, моделирующая реальные производственные условия. Особое внимание следует уделять вопросам масштабирования и практическим аспектам, которые могли быть не в полной мере учтены при ранее проведенных лабораторных испытаниях.

Мониторинг промышленного внедрения является заключительным этапом исследования, выполняемым, как правило, на действующем производстве. В качестве примера приведем действующее производство АО "Алмалыкский ГМК", на котором была внедрена комплексная система мониторинга, отслеживающая следующие параметры [9]:

- потребление энергии;
- содержание влаги во входящем и выходящем материале;
- скорость пропускания материала;
- характеристики качества продукта.

### 3. Результаты и обсуждение

Лабораторные эксперименты показали, что оптимальные параметры сушки флотоконцентрата находятся в следующих диапазонах:

- температура сушильного агента: 180-220°C;
- скорость вращения барабана: 4-6 об/мин;
- угол наклона барабана: 2-3°;

- время пребывания материала: 15-20 мин.

При этих параметрах достигалось снижение влажности флотоконцентрата с начальных 24-26% до целевых 12-14% при минимальном энергопотреблении.

Пилотные испытания подтвердили эффективность использования камерного фильтр-пресса для предварительного механического обезвоживания флотоконцентрата. Было достигнуто снижение влажности до 25% при продолжительности цикла 20 минут. Это позволило значительно снизить нагрузку на барабанную сушилку и повысить общую энергоэффективность процесса.

Мониторинг промышленного внедрения оптимизированного процесса сушки на действующем горнометаллургическом производстве предоставил следующие результаты:

- снижение энергопотребления на 15-20%;
- увеличение производительности на 10-12%;
- стабильное достижение целевой влажности 12-14%;
- улучшение качества конечного продукта (снижение пылеобразования на 30%).

Экономический анализ позволяет сделать вывод о том, что внедрение оптимизированного процесса сушки флотоконцентрата способствует достижению следующих экономических эффектов, связанных со снижением эксплуатационных расходов на 12-15% за счет уменьшения энергопотребления и увеличением выручки на 8-10% благодаря повышению производительности и качества продукции. Срок окупаемости инвестиций в модернизацию оборудования составляет 2,5-3 года.

#### 4. Заключение

Экспериментальная валидация и оценка производительности процесса сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи позволяет определить оптимальные параметры процесса для условий горнометаллургического производства. Представленное внедрение оптимизированного процесса на АО "Алмалыкский ГМК" демонстрирует повышение энергоэффективности и производительности. Полученные результаты могут быть использованы для модернизации сушильных комплексов на других предприятиях отрасли, что будет способствовать повышению конкурентоспособности горнометаллургического сектора Узбекистана на мировом рынке.

## Список литературы

1. Кулмуродова, Н.Т. Особенности автоматизации управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи / Н. Т. Кулмуродова, И. В. Ковалев, З. С. Кулмуродов, Е. Б. Кадиров // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий (НТО-V-2024): Материалы V Всероссийской (национальной) научной конференции (г. Красноярск, 07-08 ноября 2024 г.). – Красноярск: Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений», 2024. – С. 67-75. – DOI: 10.47813/nto.5.2024.1010. – EDN: AEXNLZ.
2. Kovalev, I. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – V. 70. – P. 012007. – DOI: 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN: UEMYPJ.
3. Kovalev, I. The Efficiency Analysis of Automated Lines of Companies Based on DEA Method / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov // Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. – 2014. – V. 675. – P. 107-115. – DOI: 10.1007/978-3-319-03907-7\_12. – EDN: UFMVAV.
4. Ковалев, И.В. Оценка надежности АСУ с блокирующими модулями защиты / И. В. Ковалев, П. А. Кузнецов, П. В. Зеленков [и др.] // Приборы. – 2013. – № 6(156). – С. 20-23. – EDN: QYWUTD.
5. Ковалев, И. В. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И. В. Ковалев, А. А. Новожилов, Т. А. Рукавицына // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 4(42). – С. 36-39. – EDN: NBIRKP.
6. Kulmurodova, N. Ensuring environmental safety of the filtration, drying, and roasting installation at a mining and metallurgical enterprise / N. Kulmurodova, I. Kovalev, Y. Kadirov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2025. – Vol. 613. – P. 04008. DOI: 10.1051/e3sconf/202561304008.
7. Лакомкин, В.Ю. Расчет и проектирование барабанной сушильной установки / В.Ю. Лакомкин, С.Н. Смородин. – СПб.: СПб ГТУ РП. – 2012. – 38 с.

8. Храмов, А. Н. Выбор внутренних устройств барабанных сушилок при сушке флотационных концентратов / А.Н. Храмов, М.Ю. Субботин, В.П. Хамьянов, Б.А. Кутлин // Горный журнал. – 2014. - № 11. - С. 88-90.
9. Kovalev, I. The research of the formation of phase portraits of linear second-order systems taking into account the dynamic characteristics of the model / I. Kovalev, N. Kulmurodova, M. Saramud [et al.] // EPJ Web of Conferences. – 2025. – V. 318. – P. 04007. DOI: 10.1051/epjconf/202531804007.
10. Yakubov, M. M. Understanding the possibility of using secondary raw materials when smelting copper sulphide concentrates in Almalyk MMC's Vanyukov furnace / M.M. Yakubov, Kh. Yu. Dzhumaeva, I.S. Umaraliev, Sh. A. Mukhamedzhanova // Tsvetnye Metally. –2023. – № 5. – DOI:10.17580/tsm.2023.05.02.



УДК 519.8:658.5

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1015>

EDN

[SLMQMY](#)

## Подходы к разработке комбинированных DEA-методов для анализа сравнительной эффективности сложных систем

**Е.В. Туева, Р.Ю. Шапорова\*, Р.Ю. Шапоров**

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

\*E-mail: [r.shaporova@mail.ru](mailto:r.shaporova@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена анализу подходов к разработке комбинированных методов анализа среды функционирования (DEA) для оценки сравнительной эффективности сложных систем. В работе рассматриваются основные проблемы традиционных DEA-методов, такие как ограниченность относительной оценки, сложность агрегирования оценок, неуникальность весов и отсутствие Парето-оптимальности. Предлагаются различные подходы к преодолению этих ограничений, включая модификацию DEA с искусственными границами, использование вторичных целевых моделей, комбинирование с другими методами анализа, применение динамического DEA, модификацию для работы с отрицательными данными и использование нелинейных моделей. Статья также обсуждает преимущества комбинированных подходов и намечает перспективные направления дальнейших исследований в области DEA-методологии.

**Ключевые слова:** DEA-метод, анализ среды функционирования, сложная система, анализ сравнительной эффективности.

## Approaches to developing combined DEA methods for analyzing comparative efficiency of complex systems

**E.V. Tueva, R.Yu. Shaporova\*, R.Yu. Shaporov**

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

\*E-mail: [r.shaporova@mail.ru](mailto:r.shaporova@mail.ru)

**Abstract.** This article analyzes approaches to developing combined Data Envelopment Analysis (DEA) methods for assessing the comparative efficiency of complex systems. The paper examines the main problems of traditional DEA methods, such as the limitations of relative evaluation, the complexity of aggregating assessments, non-uniqueness of weights, and the lack of Pareto optimality. Various approaches to overcoming these limitations are proposed, including DEA modification with artificial boundaries, the use of secondary goal models, combination with other analysis methods, application of dynamic DEA, modification for working with negative data, and the use of nonlinear models. The article also discusses the advantages of combined approaches and outlines promising directions for further research in DEA methodology.

**Keywords:** DEA method, data envelopment analysis, complex system, comparative effectiveness analysis.

## 1. Введение

В настоящее время использование DEA-метода (анализа среды функционирования) характеризуется широким спектром применений и постоянным совершенствованием методологии [1-4]. DEA активно применяется для оценки эффективности в различных отраслях, включая высшее образование, финансовый сектор [5], здравоохранение и производство [6-9].

В высшем образовании DEA используется для оценки эффективности университетов, факультетов и исследовательских подразделений, анализируя эффективность преподавания, научных исследований и трансфера технологий. В банковском секторе метод применяется для оценки эффективности банков и их филиалов, помогая оптимизировать операционную деятельность. В здравоохранении DEA используется для анализа эффективности больниц, врачей и медицинских учреждений [10].

Современное использование DEA характеризуется интеграцией с другими методами анализа. Разрабатываются гибридные модели, сочетающие DEA с алгоритмами машинного обучения для повышения точности прогнозирования эффективности. Применение нечетких DEA-моделей позволяет учитывать неопределенность входных и выходных данных.

DEA адаптируется для работы с большими объемами данных, что позволяет проводить более детальный анализ эффективности [11]. Метод также используется для оценки экологической и социальной эффективности организаций в контексте устойчивого развития [12, 13].

В методологическом плане разрабатываются динамические DEA-модели для анализа эффективности во времени, сетевые DEA-модели для оценки сложных систем с внутренними взаимосвязями, а также стохастические DEA-модели для учета случайных факторов в оценке эффективности [14-16].

Современное использование DEA-метода отличается его гибкостью и способностью адаптироваться к различным контекстам. Метод постоянно совершенствуется для решения сложных задач оценки эффективности в различных сферах деятельности, что делает его востребованным инструментом анализа в современных условиях.

Опыт применения традиционных DEA-методов позволяет сформулировать ряд проблем и ограничений, которые заставляют исследователей прибегать к модификации

методов или разработке комбинированных подходов. Статья [17] представляет собой комплексный обзор теории и применений метода оценки кросс-эффективности (CREE) в анализе среды функционирования - DEA. Авторы подчеркивают актуальность темы в контексте инженерного менеджмента, где часто возникают задачи оценки и ранжирования, такие как выбор проектов, оценка эффективности команд и выбор технологий. Традиционный метод DEA имеет недостатки, в частности, тенденцию преувеличивать влияние отдельных входов или выходов, что может приводить к нереалистичным результатам.

В качестве решения этой проблемы авторы рассматривают метод CREE, который обладает рядом преимуществ. CREE позволяет более полно ранжировать объекты оценки, используя обоснованные веса, сочетает механизмы самооценки и оценки со стороны, а также создает более справедливую атмосферу оценивания. Однако с расширением применения CREE выявились и некоторые проблемы, в частности, неуникальность весов из-за множественности оптимальных решений в DEA и неоптимальность по Парето при агрегировании оценок кросс-эффективности. В связи с этим авторы обсуждают основные направления исследований, направленных на совершенствование метода CREE. Среди них разработка вторичных целевых моделей для решения проблемы неуникальности весов, улучшение методов агрегирования оценок кросс-эффективности и расширение применений в различных областях инженерного менеджмента.

Статья также отмечает растущий интерес исследователей к CREE в последние годы, что подтверждается увеличением числа публикаций по этой теме. Большинство работ публикуется в журналах, специализирующихся на производственных операциях, исследовании операций и промышленной инженерии. В целом, статья предоставляет всесторонний обзор теоретических аспектов и практических применений CREE, а также намечает перспективные направления дальнейших исследований в этой области, что делает ее ценным ресурсом для специалистов и исследователей в сфере инженерного менеджмента и анализа эффективности. Таким образом, использование данного подхода позволяет избежать проблемы DEA-метода, связанной с неуникальностью весов, которая, как правило, приводит к нестабильным результатам.

В работе [18] отмечается ограниченность относительной оценки. Например, метод DEA-АСФ позволяет оценивать только относительную эффективность объектов

по сравнению друг с другом, что затрудняет получение абсолютных оценок эффективности. Здесь же внимание уделено сложности агрегирования оценок. Как показывает практика, часто возникают трудности при агрегировании оценок эффективности объектов в подсистемах на разных уровнях иерархии в единую интегральную оценку.

Авторы [19] описывают ситуации, когда результат DEA-анализа не является Парето-оптимальным, то есть, когда оценка эффективности, полученная методом арифметического усреднения, не является Парето-оптимальной. Это подчеркивает, что в DEA-методологии существует ряд сложностей, связанных с Парето-оптимальностью. Одна из основных проблем заключается в несоответствии между слабой DEA-эффективностью и слабой Парето-эффективностью. Хотя слабая DEA-эффективность является достаточным условием для слабой Парето-эффективности, она не является необходимым условием. Это означает, что DEA-неэффективная единица анализа (объект) может оказаться слабо Парето-эффективной. Кроме того, возникают трудности с граничными единицами, которые могут быть слабо Парето-эффективными, но не обязательно слабо DEA-эффективными.

В сетевых моделях DEA (NDEA) проблема усугубляется, так как некоторые распространенные методы не соответствуют понятию Парето-эффективности, что является фундаментальным свойством в DEA. Более того, в NDEA единица, признанная эффективной, может быть доминируема другой наблюдаемой единицей, что также нарушает принцип Парето-оптимальности. При оценке эффективности в сетевых структурах также необходимо учитывать не только входные и выходные параметры, но и промежуточные продукты между подразделениями, что усложняет анализ Парето-оптимальности. Эти трудности указывают на необходимость разработки более совершенных подходов к оценке эффективности в DEA, особенно для сложных сетевых структур, чтобы обеспечить соответствие принципам Парето-оптимальности и повысить точность оценки эффективности.

Данный анализ позволяет сформулировать следующие проблемы традиционных DEA-методов:

1. Ограниченность относительной оценки. Метод DEA-АСФ позволяет оценивать только относительную эффективность объектов по сравнению друг с другом, что затрудняет получение абсолютных оценок эффективности.

2. Сложность агрегирования оценок. Возникают трудности при агрегировании оценок эффективности объектов в подсистемах на разных уровнях иерархии в единую интегральную оценку.

3. Неуникальность весов. При использовании DEA возникает проблема неуникальности весов, что может приводить к нестабильным результатам.

4. Отсутствие Парето-оптимальности. Эффективность, полученная методом арифметического усреднения, не является Парето-оптимальной.

## **2. Материалы и методы**

Данное исследование базируется на комплексном анализе литературы по проблемам и подходам к разработке комбинированных методов анализа среды функционирования – DEA-методов. Исследование включало сбор данных, в ходе которого была осуществлена систематическая выборка научных статей, монографий, посвященных DEA и его модификациям. Включались работы, содержащие описание проблем традиционных DEA-методов, предложения по модификации DEA, комбинированные подходы на основе DEA и перспективные направления исследований в области DEA. Использовался метод контент-анализа, в результате чего ключевые проблемы и подходы были систематизированы и сгруппированы. Это позволяет сформулировать основные проблемы традиционных DEA-методов, подходы к разработке комбинированных методов и перспективные направления исследований. Данная методология позволила провести анализ современного состояния и тенденций развития комбинированных DEA-методов для оценки сравнительной эффективности сложных систем.

## **3. Результаты и обсуждение**

Анализ современных исследований в области DEA выявил несколько ключевых подходов к разработке комбинированных методов, направленных на преодоление ограничений классического DEA и повышение его эффективности в оценке сложных систем [20-22].

Модификация DEA с искусственными границами представляет собой перспективное направление развития метода. Введение искусственных эталонных границ эффективности, формируемых экспертами на основе внешней информации, позволяет учитывать дополнительные факторы, не отраженные в исходных данных. Этот

подход особенно ценен в ситуациях, когда имеющиеся данные не в полной мере отражают реальную эффективность оцениваемых объектов.

Использование вторичных целевых моделей для выбора весов в DEA является эффективным решением проблемы неуникальности весов. Разработка расширенных вторичных целевых моделей позволяет получить более стабильные и обоснованные результаты оценки эффективности. Этот подход особенно важен в контексте кросс-эффективности, где проблема неуникальности весов может существенно влиять на итоговые оценки.

Комбинирование DEA с другими методами анализа открывает новые возможности для комплексной оценки эффективности. Интеграция DEA с методами многокритериальной поддержки принятия решений позволяет учитывать противоречивые критерии и получать более сбалансированные оценки. Сочетание DEA с методами регрессионного анализа и анализа стохастической границы производственной функции расширяет аналитические возможности метода, позволяя учитывать стохастическую природу данных и выявлять факторы, влияющие на эффективность.

Динамический анализ с использованием DEA представляет собой важное направление развития метода, позволяющее оценивать эффективность объектов во времени. Этот подход особенно ценен для анализа долгосрочных тенденций и оценки устойчивости эффективности объектов.

Модификация DEA для работы с отрицательными данными расширяет область применения метода. Разработка подходов на основе функции направленного расстояния позволяет анализировать ситуации, где присутствуют отрицательные значения входов или выходов, что часто встречается в реальных экономических и управленческих задачах.

Использование нелинейных моделей в DEA открывает новые возможности для анализа сложных систем с нелинейными зависимостями между входами и выходами. Разработка структуры для нелинейных моделей DEA на основе подхода наименьшего расстояния позволяет более точно описывать реальные производственные процессы.

Комбинирование DEA с методами, основанными на энтропии Шеннона, представляет собой инновационный подход к повышению дискриминационной

способности DEA. Этот метод позволяет учитывать важность различных комбинаций переменных и получать более полную картину эффективности оцениваемых объектов.

Представленные результаты и их обсуждение позволяет сформировать основные подходы к разработке комбинированных методов [23-25], которые целесообразно сгруппировать следующим образом.

1. Модификация DEA с искусственными границами. Предлагается модифицировать метод DEA-АСФ путем введения искусственных эталонных границ эффективности, формируемых экспертами на основе внешней информации.

2. Использование вторичных целевых моделей. Разработка расширенных вторичных целевых моделей для выбора весов в DEA позволяет решить проблему неуникальности весов.

3. Комбинирование с другими методами:

- Интеграция DEA с методами многокритериальной поддержки принятия решений для объединения противоречивых критериев.
- Сочетание DEA с методами регрессионного анализа и анализа стохастической границы производственной функции.

4. Динамический анализ. Применение динамического DEA для оценки эффективности объектов во времени.

5. Модификация для работы с отрицательными данными. Разработка подходов на основе функции направленного расстояния для работы с отрицательными данными в DEA.

6. Использование нелинейных моделей. Разработка структуры для нелинейных моделей DEA на основе подхода наименьшего расстояния.

На основе анализа в таблице 1 представлены основные проблемы традиционных DEA-методов и подходы к их решению. Таблица 2 представляет преимущества комбинированных подходов в DEA-методологии.



**Таблица 1.** Подходы к решению основных проблем традиционных DEA-методов.

Проблема	Подход к решению
Ограниченность относительной оценки	Модификация DEA с искусственными границами
Сложность агрегирования оценок	Использование вторичных целевых моделей
Неуникальность весов	Разработка расширенных вторичных целевых моделей
Отсутствие Парето-оптимальности	Комбинирование DEA с методами многокритериальной поддержки принятия решений

**Таблица 2.** Достигнутые преимущества комбинированных подходов.

Комбинированный подход	Преимущество
DEA + Искусственные границы	Учет дополнительных факторов, не отраженных в исходных данных
DEA + Вторичные целевые модели	Получение более стабильных и обоснованных результатов оценки
DEA + Многокритериальные методы	Учет противоречивых критериев и получение сбалансированных оценок
Динамический DEA-метод	Оценка эффективности объектов во времени
DEA для отрицательных данных	Анализ ситуаций с отрицательными значениями входов/выходов
Нелинейные модели DEA	Анализ систем с нелинейными зависимостями между входами и выходами

В целом, разработка комбинированных DEA-методов направлена на преодоление ограничений классического подхода и расширение возможностей анализа сравнительной эффективности сложных систем. Интеграция различных подходов позволяет создавать более гибкие и точные инструменты оценки эффективности, учитывающие специфику конкретных прикладных областей и особенности анализируемых данных.

#### 4. Заключение

В результате проведенного исследования были выявлены основные проблемы традиционных DEA-методов и рассмотрены подходы к разработке комбинированных



методов для анализа сравнительной эффективности сложных систем. Ключевыми проблемами являются ограниченность относительной оценки, сложность агрегирования оценок, неуникальность весов и отсутствие Парето-оптимальности.

Для преодоления этих ограничений предложены различные подходы, включая модификацию DEA с искусственными границами, использование вторичных целевых моделей, комбинирование с другими методами анализа, применение динамического DEA, модификацию для работы с отрицательными данными и использование нелинейных моделей.

Перспективные направления дальнейших исследований включают разработку методов формирования искусственных эталонных границ эффективности с учетом специфики конкретных предметных областей, исследование возможностей интеграции DEA с методами машинного обучения и искусственного интеллекта для повышения точности оценок, развитие подходов к анализу эффективности сложных иерархических систем с учетом взаимосвязей между уровнями иерархии, совершенствование методов агрегирования оценок эффективности для получения интегральных показателей сложных систем, а также разработку комбинированных методов, позволяющих одновременно оценивать эффективность и выявлять факторы неэффективности объектов.

Дальнейшее развитие комбинированных DEA-методов позволит создать более гибкие и точные инструменты оценки эффективности, учитывающие специфику различных прикладных областей и особенности анализируемых данных.

### Список литературы

1. Kovalev, I. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – V. 70. – 2015. – P. 012007. – DOI: 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN: UEMYPJ.
2. Ковалев, И. В. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И. В. Ковалев, А. А. Новожилов, Т. А. Рукавицына // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 4(42). – С. 36-39. – EDN: NBIRKP.
3. Kovalev, I. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et

- al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – V. 471. – P. 04017. – DOI: 10.1051/e3sconf/202447104017. – EDN: LGAJJO.
4. Akramova, O. K. Improvement of assessment system of investment attractiveness of regions / O. K. Akramova // Informatics. Economics. Management. – 2024. – № 3(2). – С. 0115-0125. – DOI:10.47813/2782-5280-2024-3-2-0115-0125.
  5. Карцан, И. Н. Использование искусственного интеллекта в бизнес-аналитике / И. Н. Карцан, С. А. Нуриев // Современные инновации, системы и технологии. – 2024. - № 4(3). – С. 0146-0156. –DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-3-0146-0156.
  6. Ковалев, И. В. Принятие управленческих решений на основе анализа эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И. В. Ковалев, А. А. Новожилов, Т. А. Рукавицына // Экономика и менеджмент систем управления. – 2011. – № 1(1). – С. 36-42. – EDN: OEZOXJ.
  7. Туев, Е. В. Реализация мониторинга эффективности предприятий с помощью специальной подсистемы АСУП / Е. В. Туев, М. Козлова, О. Ольшевская // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – № 1(2). – С. 34–45. – DOI: 10.47813/2782-2818-2021-1-2-34-45.
  8. Масаев, С. Н. Методика комплексной оценки управленческих решений в производственных системах с применением корреляционной адаптометрии: диссертация ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Масаев Сергей Николаевич. – Красноярск, 2011. – 214 с. – EDN QFEOEV.
  9. Ковалев, Д.И. Обзор подходов и методов к оценке сравнительной эффективности технологических процессов и производств / Д. И. Ковалев, М. Козлова, О. Ольшевская, Т. Мансурова // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – № 1(3). – С. 1-21. – DOI: 10.47813/2782-2818-2021-1-3-1-21.
  10. Покушко, М. В. Использование метода анализа охвата данных для оценки эффективности предприятий / М.В. Покушко, А.А. Ступина, Е.С. Дресвянский [и др.] // Информатика. Экономика. Управление. – 2022. - № 1(1). – С. 0101–0109. – DOI: 10.47813/2782-5280-2022-1-1-0101-0109.
  11. Моторыгин, П. Ю. Применение больших данных для прогнозирования финансовых рынков / П. Ю. Моторыгин, А. Д. Ветрова // Информатика. Экономика. Управление. – 2024. – № 3(4). – С. 0322-0329. – DOI: 10.47813/2782-5280-2024-3-4-0322-0329.

12. Zenyutkin, N. V. DEA method application to evaluating the efficiency of heat and wind generating complexes / N. V. Zenyutkin, I. V. Kovalev, M. V. Karaseva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – V. 734. – 2020. – P. 12213. – DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012213. – EDN: YRSOGB.
13. Kovalev, I.V. Analysis of the comparative efficiency of wind turbines based on the basic and modified DEA model / I. V. Kovalev, A. A. Voroshilova, D. I. Kovalev [et al.] // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2. – P. 060052. – DOI: 10.1063/5.0092423. – EDN: UILKAT.
14. Гончарова, И. С. Повышение эффективности метода DEA за счет предварительного анализа параметров предприятия / И. С. Гончарова, И. В. Ковалев // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – Т. 1. – № 7. – С. 313-314. – EDN: ТАОУИ.
15. Kovalev, I.V. Combined efficiency margin in the implementation of the DEA method / I. V. Kovalev, A. S. Kuznetsov, N. V. Zenutkin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – V. 734. – P. 12036. – DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012036. – EDN: AQYUVC.
16. Kovalev, I. Extension of a model in the DEA methodology / I. Kovalev, M. Karaseva, T. Rukavitsyna // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2010. – No. S. – P. 58-60. – EDN: MVMLBH.
17. Wu, J. Methods and applications of DEA cross-efficiency: Review and future perspectives / J. Wu, J. Sun, L. Liang // Frontiers of Engineering Management. – 2021. – V. 8. – I. 2. – P. 199-211. – DOI: 10.1007/s42524-020-0133-1.
18. Моргунова, О. Н. Экспертные методы формирования искусственных границ эффективности / О. Н. Моргунова // Научное обозрение. – 2006. – № 5. – С. 37-41.
19. Wu, J. DEA cross-efficiency evaluation based on Pareto improvement / J. Wu, J. Chu, J. Sun, Q. Zhu // European Journal of Operational Research. – 2016. – V. 248(2). – P. 571-579.
20. Kuosmanen, T. Theory of integer-valued data envelopment analysis / T. Kuosmanen, R. Kazemi Matin // European Journal of Operational Research. – 2009. – V. 192. – № 3. – P. 658-667.
21. Tone, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis / K. Tone // European Journal of Operational Research. – 2001. – V. 130. – № 3. – P. 498-509.

22. Moazenzadeh, Z. A slacks-based nonlinear DEA model with integer data: an application to departments of the Islamic Azad University, Karaj Branch in Iran / Z. Moazenzadeh, S. Saati, R.F. Saen [et al.] // *Operations Research and Decisions*. – 2022. – V. 32. – № 3. – P. 80-91.
23. Ковалев, Д. И. Анализ организационно-технологических комплексов предприятий на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем / Д.И. Ковалев, Е.В. Туева, А.В. Клименко // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 8-2. – С. 159-162.
24. Gareev, T. R. Evaluating the efficiency of the research sector in Russian regions: a dynamic data envelopment analysis / T. R. Gareev, I. Yu. Peker, T. Yu. Kuznetsova, N.A. Eliseeva. // *Baltic Region*. – 2023. – № 15(2). – P. 82-102. – DOI:10.5922/2079-8555-2023-2-5.
25. Pokushko, M. Algorithm for Application of a Basic Model for the Data Envelopment Analysis Method in Technical Systems / M. Pokushko, A. Stupina, I. Medina-Bulo [et al.] // *Algorithms*. – 2023. – V. 16(10). – P. 460. – DOI: 10.3390/a16100460.

УДК 629.12

EDN  
[STAZOO](#)

## Сравнительный анализ и будущее показателей надежности судовых энергетических установок

**Н.Ф. Тихонов\***

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,  
пр. Московский, 15, Чебоксары, 428015, Россия

\*E-mail: ds2585@mal.ru

**Аннотация.** Сравнительный анализ показателей надежности различных судовых энергетических установок показывает, что существует значительное разнообразие в их характеристиках, что обусловлено как техническими, так и эксплуатационными факторами. Это разнообразие подчеркивает необходимость индивидуального подхода к проектированию и эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ), учитывающего специфику каждого конкретного судна и его назначения. Современные стандарты и регламенты требуют от судостроителей и операторов судов учитывать не только экономические, но и экологические аспекты, что в свою очередь влияет на выбор технологий и материалов, используемых в СЭУ. Это создает дополнительные вызовы, но также открывает новые возможности для инновационных решений, которые могут повысить надежность и эффективность работы судов.

**Ключевые слова:** судостроение, дизель, система, модернизация, нагрузка, показатель надежности, морской транспорт, оптимизация, экологическая безопасность, эксплуатационные уровни.

## Comparative analysis and future of ship power plant reliability indicators

**N.F. Tikhonov\***

I.N. Ulyanov Chuvash State University, 15 Moskovsky Ave., Cheboksary, 428015,  
Russia

\*E-mail: ds2585@mal.ru

**Abstract.** A comparative analysis of the reliability indicators of various marine power plants shows that there is a significant diversity in their characteristics, due to both technical and operational factors. This diversity highlights the need for an individual approach to the design and operation of marine power plants (SEUs), taking into account the specifics of each specific vessel and its purpose. Modern standards and regulations require shipbuilders and ship operators to take into account not only economic but also environmental aspects, which in turn affects the choice of technologies and materials used in SEU. This creates additional challenges, but also opens up new opportunities for innovative solutions that can improve the reliability and efficiency of ships.

**Keywords:** shipbuilding, diesel, system, modernization, load, reliability indicator, marine transport, optimization, environmental safety, operational levels

## 1. Введение

Современные судовые энергетические установки (СЭУ) представляют собой сложные и высокотехнологичные системы, которые играют ключевую роль в обеспечении эффективной и безопасной работы морского транспорта. В условиях глобализации и увеличения объемов морских перевозок, требования к надежности и эффективности СЭУ становятся все более актуальными. Надежность судовых энергетических установок не только влияет на безопасность судна и его экипажа, но и определяет экономическую эффективность эксплуатации судов, что в свою очередь сказывается на конкурентоспособности судоходных компаний [1, 2].

## 2. Материалы и методы: сравнительный анализ показателей надежности

Надежность судовых энергетических установок (СЭУ) является многофакторной характеристикой, определяющейся не только техническими характеристиками оборудования, но и условиями эксплуатации, режимами работы, а также рядом внешних факторов. В данном разделе проводится сравнительный анализ показателей надежности различных судовых энергетических установок, что позволяет выделить сильные и слабые стороны существующих решений. Показатели надежности включают такие параметры, как вероятность безотказной работы, среднее время наработки до отказа (MTBF), среднее время восстановления (MTTR), а также коэффициенты доступности и эксплуатационной готовности.

Для оценки надежности различных установок необходимо учитывать последние достижения в области технологий, использованных в конструкциях и системах управления. Современные судовые энергетические установки часто интегрируют функции автоматизации управления и систем диагностики, что существенно сказывается на показателях их надежности. Например, установки, оснащенные системами мониторинга состояния, позволяют проводить предсказательную диагностику, что сокращает количество неожиданных отказов и время простоя [3, 4].

Сравнение традиционных и современных СЭУ показывает, что последние, как правило, имеют более высокие показатели надежности благодаря использованию передовых материалов, систем управления и алгоритмов обработки данных. В частности, применение композитных материалов и улучшенных конструктивных решений ведет к снижению влияния механических напряжений и усталостных процессов, что, в свою очередь, уменьшает вероятность отказов. На практике

существенным влиянием на надежность систем обладают и организационные аспекты — подготовка экипажа, соблюдение регламентов технического обслуживания и эксплуатации. Показатели надежности могут различаться в зависимости от уровня профессионализма обслуживающего персонала и навыков экипажа, что также важно учитывать при сравнительном анализе.

В последних исследованиях обращается внимание на использование методов математической статистики для анализа надежности. Применение соответствующих моделей и уравнений позволяет делать более точные прогнозы о вероятности отказов конкретных компонентов СЭУ. Таким образом, статистический подход, учитывающий данные из эксплуатации различных типов установок, показывает различные уровни надежности, что помогает выбора оптимальной конфигурации и конструктивного решения для новых проектов.

Сравнительный анализ показывает, что для достижения высоких показателей надежности необходим системный подход, который сочетает в себе высококачественную проектную разработку, использование передового оборудования и регулярное техническое освежение знаний экипажа. Эффективная эксплуатация СЭУ требует от оператора умения анализировать и устранять возникшие проблемы, что непосредственно сказывается на показателях надежности. Некоторые СЭУ, использующие технологии автономного мониторинга и сбора данных о работе всех систем, демонстрируют наиболее впечатляющие результаты. В таких установках интегрированы механизмы, позволяющие инженерам в реальном времени отслеживать состояние системы и оперативно реагировать на изменения, избегая серьезных последствий.

Учитывая неоднородность подходов к проектированию и эксплуатации судовых энергетических установок, следует выделить несколько категорий: устаревшие системы с недостаточной степенью автоматизации, современные установки, обладающие элементами умного управления, и экспериментальные образцы, разрабатываемые в рамках научных исследований. Каждая из категорий имеет свои уникальные показатели надежности, которые отображают как достижения в области технологий, так и недостатки, оставшиеся с предыдущих этапов.

Важным этапом анализа является определение сильных и слабых сторон каждой из рассматриваемых технологий с точки зрения надежности. Сравнительный анализ

подчеркивает преимущества использования новых технологий, таких как блоки управления на основе искусственного интеллекта, которые способны оптимизировать работу установки в зависимости от меняющихся условий. По завершении анализа становится очевидным, что надежность судовых энергетических установок претерпевает изменения в зависимости от используемых технологий, подходов к проектированию и организационных процессов. Сравнительные данные показывают, что внедрение комплексных решений, таких как автоматизация процессов диагностики и мониторинга, значительно повышает надежность системы, что, в свою очередь, ведет к более безопасной и эффективной эксплуатации судов.

Таким образом, анализ показателей надежности различных СЭУ дает возможность выявить тренды и направления для дальнейшего улучшения, что является важным шагом на пути к созданию более надежных и безопасных судовых энергетических установок. Важно продолжать изучение влияния различных факторов на надежность, что позволит углубить понимание процессов, происходящих в СЭУ, и на их основе разработать рекомендации по улучшению проектирования и эксплуатации современных судовых энергетических систем.

### **3. Результаты и обсуждение: будущее развития показателей надежности**

Развитие показателей надежности судовых энергетических установок (СЭУ) в будущем обусловлено несколькими значительными трендами, среди которых можно выделить интеграцию численных технологий, применение искусственного интеллекта, а также увеличивающуюся автоматизацию процессов. Эти факторы будут влиять на архитектуру и функциональные характеристики СЭУ.

К числовым технологиям можно отнести моделирование и симуляцию работы систем, что позволяет более точно прогнозировать их поведение в различных режимах эксплуатации. Высококачественные модели, идентифицирующие критические точки отказа, позволяют заранее принимать меры по улучшению надежности. Таким образом, возможности виртуального прототипирования обеспечивают превентивный подход к выявлению и устранению уязвимостей, что становится залогом безопасной эксплуатации.

Искусственный интеллект и машинное обучение помогают анализировать большие объемы данных, получаемых с сенсоров на борту судов. Системы предиктивной аналитики могут использоваться для оценки состояния оборудования в реальном



времени, позволяя операторам предсказывать, когда может произойти отказ. Это способствует не только снижению времени простоя, но и оптимизации обслуживания, что в свою очередь затрагивает экономические аспекты. Установка систем мониторинга, опирающихся на AI, требует минимизации взаимозависимостей между компонентами, что опять же подчеркивает важность надежности [5, 6].

Автоматизация процессов контроля и диагностики также будет играть важную роль в повышении надежности. Современные судовые энергетические установки все чаще оснащаются автоматизированными системами управления, которые позволяют реагировать на отклонения в работе под системами моментально, сокращая время, необходимое для внесения корректировок. Важно, что такие системы могут самостоятельно анализировать отклонения от норм, что позволяет минимизировать человеческий фактор и снизить вероятность ошибок, вызванных неосторожностью или недостаточной квалификацией персонала. Процесс стандартизации и сертификации показателей надежности также не стоит в стороне от процессов модернизации. Стандарты постоянно обновляются с учетом внедрения новых технологий и методов оценки. Важным аспектом является включение экологических норм и требований в стандартные процедуры проектирования и эксплуатации СЭУ, что также подчеркивает современный тренд на устойчивое развитие.

Внедрение электрификации и новых источников энергии, таких как водород и солнечные панели, также несет в себе изменение показателей надежности. Переход на более чистые и высокоэффективные источники энергии подразумевает необходимость разработки новых систем управления и мониторинга, что в свою очередь требует пересмотра критериев оценки надежности. Показатели, присущие традиционным установкам, могут не отражать реальной надежности новых решений.

Изменения в нормативно-правовой базе, касающейся международных стандартов по безопасности и экологии, будут непосредственно влиять на проектирование и эксплуатацию СЭУ. Ужесточение требований может привести к необходимости создания дополнительных систем контроля и безопасности, что в результате будет способствовать повышению общей надежности конструкции. Однако, несмотря на развитие технологий, важно учитывать вероятность человеческого фактора. Применение передовых методик в обучении и подготовке персонала по-прежнему остается критически важным для достижения высоких показателей надежности. Организации

должны сосредоточиться не только на технических аспектах, но и на подготовке операторов, которые смогут эффективно использовать новые технологии и реагировать на нестандартные ситуации.

Будущее судовых энергетических установок также связано с необходимостью адаптации к изменяющимся условиям международного рыбопромыслового, транспортного и пассажирского рынков. Это включает в себя обязательства по уменьшению выбросов и улучшению экономической эффективности. Внедрение технологий, способствующих адаптации к этим вызовам, станет необходимостью, что повлечет за собой изменение требований к надежности.

#### 4. Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно предсказать, что в будущем показатели надежности будут интегрированы с экологическими и экономическими требованиями, а также адаптированы к новым технологическим решениям. Способность адаптироваться к новым условиям и тенденциям станет решающим при создании эффективных и надежных судовых энергетических установок. Ключевым аспектом будет являться постоянное обновление показателей, основанное на практическом опыте и текущих технологических достижениях. Таким образом, можно ожидать появления новых подходов, методов и критериев, что будет опираться на прогрессивное развитие всех элементов энергосистемы судов [7-9].

#### Список литературы

1. Баев, А. С. Инновационная концепция судовых энергетических установок / А. С. Баев // Новые технологии в судостроении: Сборник трудов отраслевой научно-технической конференции (г. Санкт-Петербург, 22 ноября 2022 г.) / Сост.: А.А. Калиниченко, А.Н. Кириллов, В.К. Ханухов; АО «Центр технологии судостроения и судоремонта». – Санкт-Петербург: Центр технологии судостроения и судоремонта, 2022. – С. 12-15. – EDN KGOYKH.
2. Тихонов, Н. Ф. Судовая автоматизация / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее: Материалы V международной научно-практической конференции. В 2-х частях (г. Ростов-на-Дону, 29 июля 2022 г.). Часть 2. – Ростов-на-Дону: ООО, 2022. – С. 85-87. – EDN: KVKQEF.

3. Онищенко, И. С. Обзор развития требований по обеспечению безопасности эксплуатации судов внутреннего плавания / И. С. Онищенко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2025. – Т. 17. – № 1. – С. 75-85. – DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-1-75-85. – EDN: VWLOBD.
4. Leonov, V.Y. Research on the processes of increasing the efficiency of ship cargo transportation by sea / V.Y. Leonov // Cifra. Economics. – 2023. – № 3(3). – DOI: 10.23670/ECNMS.2023.3.6.
5. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, 28 марта 2021 г.). – Санкт-Петербург: ЧНОУ ДПО ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – ED: JOOBAS.
6. Баёв, А.С. Технологии искусственного интеллекта судовых энергетических установок: монография / А.С. Баёв. – Beau Bassin: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 196 с. – ISBN: 978-620-0-47653-1.
7. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI: 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN: MUUXCM.
8. Голоскоков, К. П. Комплексная оценка качества и эффективности автоматизированных систем управления / К. П. Голоскоков, О. Н. Губернаторов, М. Н. Губернаторов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 145-152. – DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-1-145-152. – EDN: UBREQA.
9. Тимофеев, В. Н. Модернизация систем наддувочного воздуха судовых дизелей / В. Н. Тимофеев, Н. Ф. Тихонов // Наука. Исследования. Практика: сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, 23 февраля 2021 г.). – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. – С. 89-94. – EDN: GUJMNR.

УДК 621.74

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.1017>

EDN

[OSTTDN](#)

## Разработка цифровых моделей литейного процесса изготовления сложнофасонных отливок

**А.О. Фирсин<sup>\*</sup>, Р.А. Вдовин, Е.С. Гончаров, И.Д. Марканов**

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086, Россия

\*E-mail: [firsin.ao@ssau.ru](mailto:firsin.ao@ssau.ru)

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследований, направленные на разработку цифровых моделей литейного процесса для изготовления сложнофасонных отливок, используемых в аэрокосмической отрасли. На первом этапе был создан цифровой двойник существующего технологического процесса литья, включая конструкцию литниково-питающей системы (ЛПС), что позволило подтвердить наличие дефектов, выявленных в реальных плавках. На основе анализа результатов моделирования были предложены изменения в конструкции ЛПС и технологических режимах, что привело к значительному снижению усадочной пористости и других дефектов. Разработанные цифровые модели позволяют оптимизировать процесс литья, снизить объем натурных экспериментальных плавков и уменьшить долю литейного брака. В статье также представлены методические рекомендации по оптимизации технологических режимов и конструкций ЛПС, которые могут быть успешно внедрены в производственные процессы предприятий аэрокосмической отрасли.

**Ключевые слова:** СКМ ЛП «ПолигонСофт», цифровые модели, литниково-питающая система, анализ результатов, литейные дефекты, литье по выжигаемым моделям.

## Development of digital models of the casting process for the manufacture of complex-face castings

**A.O. Firsin<sup>\*</sup>, R.A. Vdovin, E.S. Goncharov, I.D. Markanov**

FSAEI HE "Samara National Research University named after academician S.P. Korolev", Moskovskoye Shosse Road 34, Samara, 443086, Russia

\*E-mail: [firsin.ao@ssau.ru](mailto:firsin.ao@ssau.ru)

**Abstract:** The article presents the results of research aimed at developing digital models of the casting process for the manufacture of composite castings used in the aerospace industry. At the first stage, a digital twin of the existing casting process was created, including the design of the gate-feeding system (LPS), which made it possible to confirm the presence of defects identified in real smelts. Based on the analysis of the simulation results, changes in the LPS design and technological modes were proposed, which led to a significant reduction in shrinkage porosity and other defects. The developed digital models make it possible to optimize the casting process, reduce the volume of full-scale experimental smelts and reduce the proportion of foundry defects. The article also provides methodological recommendations for optimizing the technological modes and designs of LPS, which can be successfully implemented in the production processes of enterprises in the aerospace industry.

**Keywords:** PoligonSoft, digital models, spigot-feeding system, analysis of results, casting defects, burnout casting.

## 1. Введение

В настоящее время активно развиваются принципиально новые методы проектирования изделий двигателестроительной отрасли, основанные на 2D и 3D моделировании и расчете технологических процессов их изготовления. Это позволяет более точно рассчитать тепловые нагрузки и напряженно-деформированное состояние деталей, разрабатывать более совершенные конструкции отливок и внедрять ресурсосберегающие технологии, увеличивая при этом их качественные параметры, что в итоге позволяет значительно сокращать сроки проектирования новых двигателей.

Одной из главных задач развития научно-технического прогресса в двигателестроительной отрасли является широкое использование систем компьютерного моделирования и автоматизированного проектирования технологических процессов. Однако, в настоящее время, несмотря на всеобщую компьютеризацию отечественных предприятий, проектирование и отработка технологий получения сложнофасонных отливок часто основываются на опыте практической работы технологов, сложившихся технологических традициях, использовании известных решений, а также трудоемком и металлоемком методе проб и ошибок.

Эффективное применение методов компьютерного моделирования в опытном и серийном литейном производстве невозможно без научно обоснованной методологии проектирования процессов литья. В практическом отношении, решение этой задачи позволяет в несколько раз сократить сроки освоения производства опытных отливок, эффективно применять современные технологии подготовки производства, объективно оценивать технологичность отливок и качество принятых технологических решений. В экологическом отношении происходит сокращение безвозвратных потерь энергии и материалов, уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и человека.

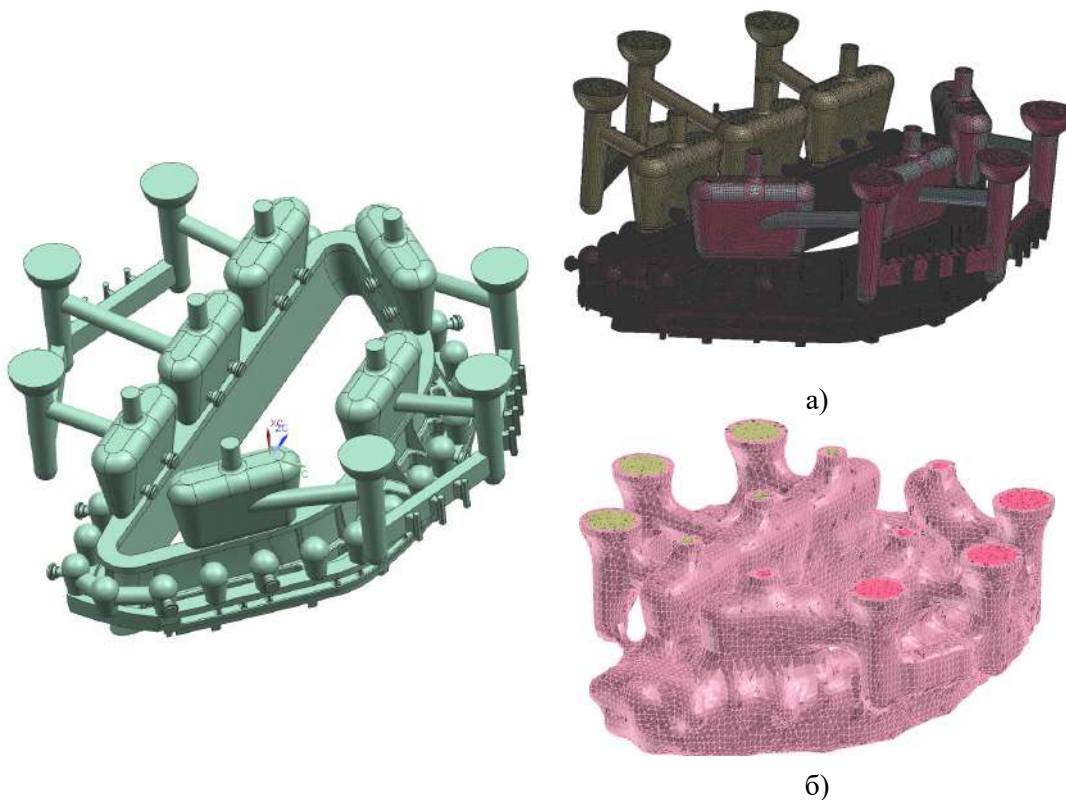
## 2. Цель исследования

Целью работы является разработка цифровых моделей литейного процесса изготовления сложнофасонных отливок, включающих: проектирование электронных геометрических моделей и конструкций литниково-питающих систем отливок деталей; проектирование конечно-элементных моделей сложнофасонных отливок; разработку расчетной модели, учитывающей процессы задания граничных, начальных и контактных условий и анализ результатов компьютерного моделирования.

### 3. Методы и материалы исследования

Для достижения поставленных целей были разработаны цифровые модели литейного процесса с использованием системы компьютерного моделирования «ПолигонСофт». В рамках исследования были выбраны пять типов отливок: «Корпус с критическим сечением», «Фланец задний», «Фланец передний», «Фланец задний» и «Корпус с фланцами».

Для отливки «Корпус с фланцами» был создан цифровой двойник существующего технологического процесса литья, включая конструкцию ЛПС, используемую на предприятии. На рисунке 1 представлена электронная геометрическая модель отливки «Корпус с фланцами» с существующей конструкцией ЛПС. Для проведения численных расчетов была создана конечно-элементная сетка, включающая поверхностную и объемную сетки (рисунок 2) [1].



**Рисунок 1.** ЭГМ отливки детали «Корпус с фланцами».

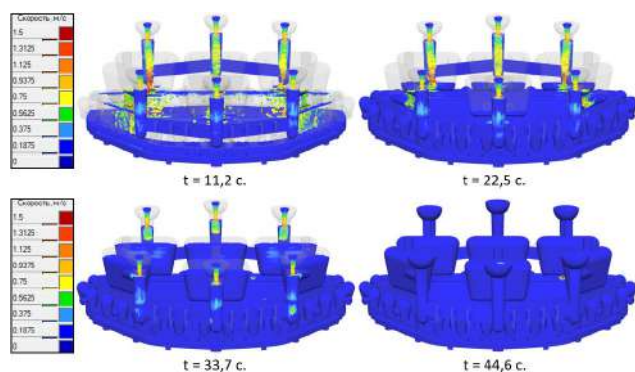
**Рисунок 2.** Конечно-элементная сетка технологической системы: а – поверхностная; б – объемная.

В модуле Мастер была выполнена подготовка модели к расчету: заданы граничные, контактные и начальные условия, соответствующие технологии литья по

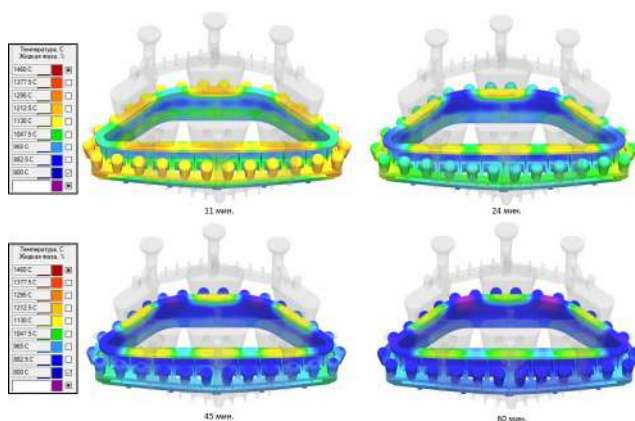


выжигаемым моделям [2]. Это включало установку температуры расплава, температуры прогрева формы, создания керамической оболочки, выбор материалов формы и отливки, а также параметров теплопередачи и места подвода металла.

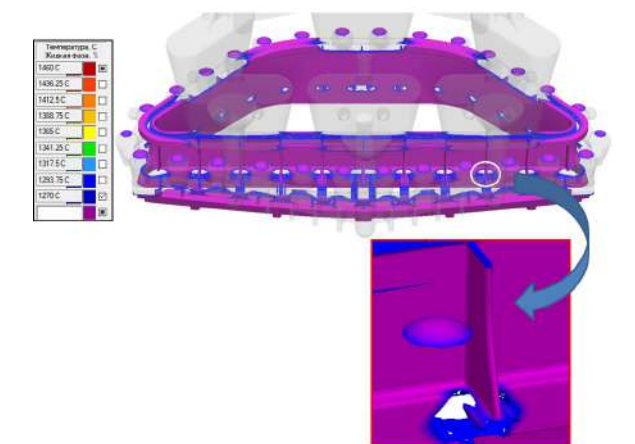
После проведения расчетов были проанализированы результаты моделирования, включая процесс заполнения формы расплавом (рисунок 3), кристаллизацию отливки (рисунок 4), образование рыхлот и пористости (рисунок 5), а также напряженно-деформированное состояние отливки [3].



**Рисунок 3.** Анализ скорости течения расплава при заполнении полости формы



**Рисунок 4.** Характер распределения температурных полей в отливке в различные моменты времени в объеме



**Рисунок 5.** Характер образования рыхлот в процессе кристаллизации.

Результаты моделирования полностью подтвердили наличие дефектов, обнаруженных в процессе реальных плавок на предприятии (рисунок 6). Максимальное значение усадочной пористости в отдельных областях отливки достигает 40% [4].

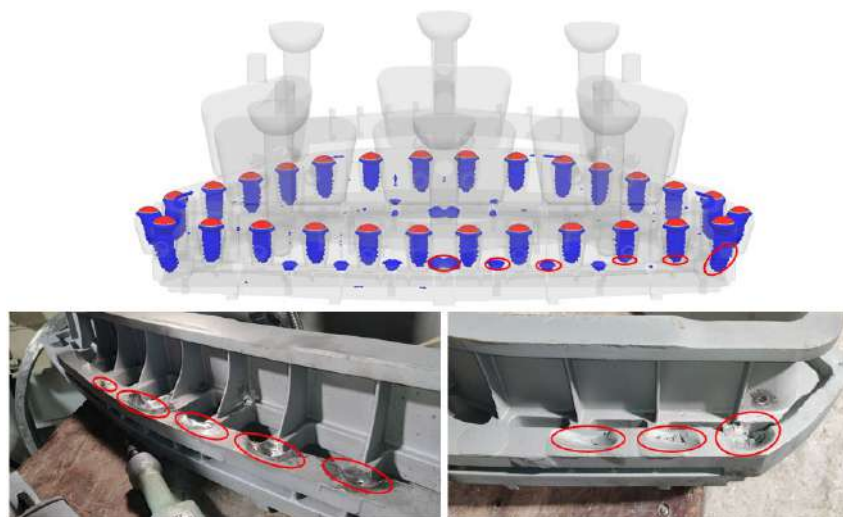


Рисунок 6. Дефекты в отливке детали.

На основании результатов компьютерного моделирования были предложены изменения в конструкции ЛПС для отливки «Корпус с фланцами». Было разработано восемь вариантов конструкций ЛПС, каждый из которых предлагал улучшения характеристик готового продукта. На рисунке 7 представлена итоговая электронная геометрическая модель отливки с обновленной конструкцией ЛПС.

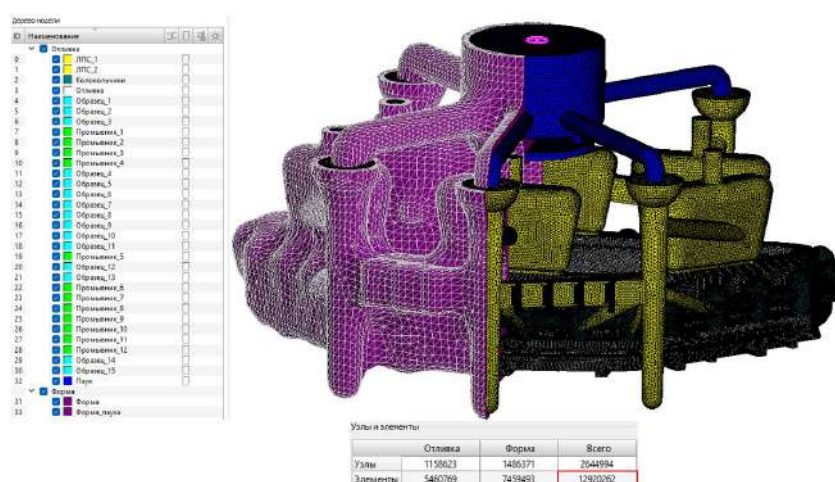
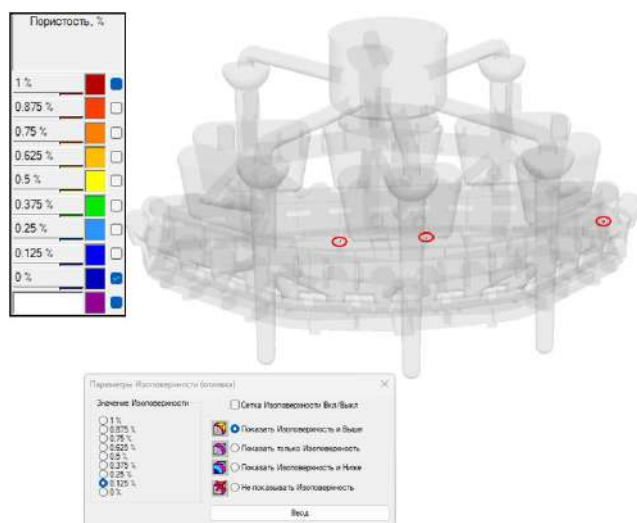


Рисунок 7. Отливка детали «Корпус с фланцами» с оптимизированной конструкцией ЛПС.



После внесения изменений в конструкцию ЛПС и технологические режимы был создан новый цифровой двойник технологического процесса литья. Максимальные единичные значение усадочной пористости в отдельных областях отливки не превышает 0,18% (рисунок 8), в то время как в исходном варианте данные значения доходили до отметки в 40%.



**Рисунок 8.** Характер распределения усадочной пористости в отливке с оптимизированной конструкцией ЛПС.

#### 4. Полученные результаты

В результате выполнения проекта были разработаны цифровые модели литейного процесса изготовления сложнофасонных отливок, которые позволяют:

- оптимизировать технологические режимы и конструкции ЛПС;
- снизить объем натурных экспериментальных плавов;
- уменьшить долю литейного брака;
- повысить точность и качество отливок.

На основании результатов исследования были разработаны методические рекомендации по оптимизации технологических режимов и конструкций ЛПС для сложнофасонных отливок. Основные рекомендации включают:

1. увеличение температуры заливки сплава ВХ4Л до  $1520 \pm 100$  °С;
2. пересмотр схемы литейного блока для обеспечения равномерной кристаллизации;
3. дополнительная теплоизоляция или прокладка технологической системы;
4. изменение конструкции центральных стояков для снижения скорости течения металла.

## 5. Выводы

Использование разработанных в проекте цифровых моделей литейного процесса изготовления сложнофасонных отливок в производственных условиях потенциального пользователя предположительно позволит:

- в кратчайшие сроки (примерно 3 месяца) в среднем на 5-10% снизить производственные затраты, связанные с браком;
- на 10% повысить эффективность и загрузку используемого оборудования (уменьшить простой оборудования);
- в 2 раза сократить время выхода конкурентоспособного готового продукта на рынок;
- провести технологическое перевооружение производственных мощностей предприятия;
- более чем на 10 % повысить объемы производства существующей номенклатуры изготавливаемых изделий за счет сокращения длительности технологического цикла производства каждого изделия;
- увеличить спрос и расширить номенклатуру выпускаемых изделий и перспективных разработок предприятия.

## Список литературы

1. Вдовин, Р. А. Компьютерное моделирование технологического процесса литья деталей двигателей в модуле Visual-Mesh программного продукта ProCast: учеб. пособие / Р. А. Вдовин. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. – 108 с.
2. Фирсин, А.О. Использование системы компьютерного моделирования литейных процессов «ПолигонСофт» при изготовлении отливки детали «Колесо турбины рабочее» / А.О. Фирсин, Р.А. Вдовин // Международная научно-техническая конференция «Машиностроительные технологические системы». – 2023. – С. 199-206.
3. Монастырский, В. П. Моделирование напряженно-деформированного состояния отливки при кристаллизации / В. П. Монастырский, А. И Александрович, А. В. Монастырский [и др.] // Литейное производство. – 2007. – № 8. – С. 46-48.
4. Лакедемонский, А. В. Литейные дефекты и способы их устранения / А. В. Лакедемонский, Ф. С. Кваша, Я. И. Медведев. – М.: Машиностроение, 1972. – 152 с.

УДК 340.11

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.2001>

EDN

[VAATJJ](#)

## Выдающийся государственный деятель С.Ю. Витте и его размышления воспоминания о российской элите конца XIX - начала XX вв. (на основе мемуаров)

Л.Б. Кулемина\*

Доцент кафедры социологии и медиакоммуникаций, Российский государственный университет социальных технологий, Лосиноостровская, 49, Москва, 107150, Россия

\*E-mail: [kulemina.lyudmila7@mail.ru](mailto:kulemina.lyudmila7@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена изучению жизненного пути и деятельности выдающегося государственного деятеля конца XIX - начала XX вв. С.Ю. Витте. Ему приходилось решать важные экономические, политические и военные вопросы и принимать непростые решения. Неудивительно, что интерес к его личности вызвал к жизни массу публикаций, которые, однако носили противоречивый характер: от позитивной оценки до осуждения. Анализ непростого пути, которым пришлось следовать этому государственному деятелю, позволяет вычлнить личностные качества, которыми должны обладать современные руководители и извлечь некоторые уроки. Вместе с тем, С.Ю. Витте и сам является автором мемуаров "Воспоминания", в которых дает оценку российской элите того периода, возлагая на нее вину за события, повлекшие за собой революцию 1905 г.

**Ключевые слова:** государственный деятель, мемуары, личностные качества.

## The outstanding statesman S.Yu. Witte and his reflection on the Russian elite of the late 19 th-early 20th centuries (based on "Memoirs")

L.B. Kulemina \*

Associate Professor, Department of Sociology and Media Communications of Russian State University of Social Technologies, Losinoostrovskaya, 49, Moscow, 107150, Russia

\*E-mail: [kulemina.lyudmila7@mail.ru](mailto:kulemina.lyudmila7@mail.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the study of the life path and activities of the outstanding statesman of the late XIX - early XX centuries. S.Y. Witte. He had to solve important economic, political and military issues and make difficult decisions. It is not surprising that the interest in his personality resulted in a lot of publications, which, however, were of a contradictory nature: from positive assessment to condemnation. The analysis of the difficult path, which had to follow this statesman, allows us to identify the personal qualities that modern leaders should possess, and to draw some lessons. At the same time, S.Y. Witte himself is the author of the memoirs "Memoirs", in which he assesses the Russian elite of that period, blaming it for the events that led to the 1905 revolution.

**Keywords:** statesman, memoirs, personal qualities.

## 1. Введение

В период серьезных преобразований в стране принято оглядываться в прошлое, искать там ответы на вопросы современности. Поэтому историки часто обращаются к деятельности государственных деятелей, реформаторов. Не исключением стал и С.Ю. Витте. Доказано, что оценка деятельности того или иного государственного деятеля часто осуществляется под влиянием общественного мнения. Не избежал этого и С.Ю. Витте. Мнение императоров, сначала Александра III, а затем и Николая II часто определяли общественное мнение о нем, люди во власти, члены различных партий оценивали его деятельность в зависимости от того, соответствовало ли это их интересам [1]. Неудивительно, что оценка часто была негативной. Наличие многочисленных и противоречивых источников только подогревает интерес к данной личности.

## 2. Постановка задачи

Итак, целью нашего исследования является личность и деятельность выдающегося государственного деятеля, человека недюжинных способностей, широкого кругозора, который занимал ответственные должности в период правления Александра III и Николая II (министр финансов – 1892-1906 гг. и первый премьер-министр России (1905-1906 гг.) С.Ю. Витте. Родился он в семье крупного провинциального чиновника в июне 1849 г. За его спиной среднее образование и физико-математический факультет Одесского университета (именно здесь благодаря самовоспитанию он сформировал свой крепкий характер, устоял при попытках втягивания его в политическую борьбу. так характерную для студенчества той поры). Работа в канцелярии генерал-губернатора, должность начальника конторы позволила ему продемонстрировать свои профессиональные качества и способности к административному управлению, что снискало уважение к нему со стороны профессионалов [2]. Затем С.Ю. Витте изучал службу движения на железной дороге.

## 3. Методы и материалы исследования

В исследовании используется исторический метод, который позволяет проследить жизненный путь С.Ю. Витте и его становление как государственного деятеля.

Итак, 1882 г. стал для С.Ю. Витте переломным. Он переходит на государственную службу и по воле императора назначается директором департамента железнодорожных дел при министерстве финансов, а затем переведен из титулярных в действительные

статские советники. С 1882 г. он уже министр сообщения, а затем и министр финансов. Такой стремительный рост объяснялся не только высокими профессиональными качествами С.Ю. Витте, но и поддержкой императора Александра III и других высокопоставленных лиц. И С.Ю. Витте это понимал и старался использовать все возможности. Ему приходилось решать важные экономические, политические и военные вопросы и проявлять не только всю свою энергию, но и способность широко мыслить и принимать непростые решения [2].

Начало XX в. ознаменовалось серьезными потрясениями для России (поражение в русско-японской войне, революция 1905 г., провозглашение Манифеста 17 октября 1905 г., парламентская реформа, в результате которой заработала Государственная дума). Будучи уже председателем Кабинета министров, он участвовал в разработке Манифеста 17 октября, был во главе делегации по подписанию Портсмутского мирного договора с Японией в 1905 г. и способствовал созданию благоприятных условий для развития России на Дальнем Востоке. При этом он хотел завоевать благосклонность императора Николая II, в том числе и опираясь на общественное мнение о себе как государственном деятеле так необходимом для России (публикации в прессе, разговоры в светских салонах и пр.).

Находясь на посту председателя Совета министров, активно участвовал в подавлении революционного движения в разных регионах России. Его стараниями был получен займ на 2259 млн. франков от западных стран. Однако очень активная деятельность С.Ю. Витте, очевидно, утомляла царя Николая II, негативно складывающееся общественное мнение о нем (уже доказано, что даже при понимании важности перемен и понимания их необходимости, к реформаторам все рано относятся отрицательно) подкрепляло такое отношение. Не случайно после смерти графа, Николай II, открыто заявлял, что его смерть он встретил с облегчением.

Из-за разногласий с царем, С.Ю. Витте ушел в отставку и, оставаясь членом Государственного Совета, политической деятельностью уже не занимался. Таким образом, у него появилось время для работы над мемуарами. Скончался граф в 1915 г. и похоронен на кладбище Александро-Невской лавры.

#### 4. Результаты и обсуждение

В отличие от Николая II, исследователей как раз очень интересовала фигура такого выдающегося государственного деятеля как С.Ю. Витте. Особый всплеск публикаций отмечается начиная с 1910 г. Среди авторов можно назвать Милюкова П.Н., Струве П.Б., Рожкова Н. и др., однако они носили, в основном, биографический характер. Только выход в свет «Воспоминаний» С.Ю. Витте повлек за собой появление массы публикаций, посвященных разным сферам деятельности графа С.Ю. Витте. Среди авторов Е.В. Тарле (отмечал противоречивость политики С.Ю. Витте в период русской революции), Б.А. Романов, М.Н. Покровский. До хрущевской оттепели деятельность видного политика освещалась в основном в негативных красках. Направление публикаций изменилось в период разоблачения культа личности Сталина и ознаменовалось выходом в свет в 1960 г. «Воспоминаний» [3]. Критическое осмысление деятельности С.Ю. Витте отмечается в работах Б.Б. Ананьича, Р. Ганелина (Опыт критики мемуаров С.Ю. Витте) [2]. Большую работу по установлению достоверности фактов, изложенных в «Воспоминаниях» С.Ю. Витте, предприняла в своей диссертации М.Н. Ткаченко («Воспоминания» С.Ю. Витте. Вопросы источниковедческого анализа) [2].

В целом, недостатка работ, в которых авторы изучают разные виды деятельности С.Ю. Витте, нет.

Оценивается эта деятельность с позитивных позиций. Однако не всегда анализируется личная позиция государственного деятеля в сложные периоды из жизни России. Например, в период революции 1905 г., а также его военно-политическая деятельность. А ведь С.Ю. Витте сделал очень много для укрепления обороноспособности страны. Он был уверен в том, что для укрепления армии необходимо ее достаточное финансирование, внедрение новейших технологий, развитая инфраструктура на театрах боевых действий. При его участии строились новые железные дороги, крепости, военные заводы.

Противоречивость в деятельности С.Ю. Витте, которую отмечал ряд исследователей, как раз проявлялась в самые сложные периоды в жизни страны. Например, в период революции 1905 г. он принимал меры к жесткому подавлению революционного движения (количество расстрелянных и убитых составляло более 14 тыс., а в тюрьмах находились 75 тыс. чел.), а с другой стороны, подталкивал царя к

выборам в Государственную Думу и предоставлению населению гражданских свобод, но в определенных рамках.

В экономической жизни страны именно проведение денежной реформы (1895-1897 гг.) способствовало тому, что российский рубль стал одной из прочных валют мира. Однако многие реформы, включая перевооружение армии, требовали значительного финансирования. Все это осуществлялось за счет введения дополнительных косвенных налогов на большую часть товаров народного потребления (например, на «казенную» продажу водки), что вызывало недовольство населения.

Для России важны были дороги. С.Ю. Витте развивал железнодорожный и морской транспорт, не без его поддержки строилась Транссибирская железная дорога, ЮМЖД и др.

Он считал необходимым и решение крестьянского вопроса, в частности вопроса быть или не быть сельской общине. Она тормозила модернизацию экономики и особенно сельского хозяйства. Но богатые помещики во главе с царем были против подобных преобразований. Тем не менее С.Ю. Витте активно поддерживал переход от общинного к фермерскому хозяйствованию, что стало в дальнейшем основой аграрной реформы П.А. Столыпина.

Находясь в отставке, но продолжая быть членом Государственного Совета, С.Ю. Витте занялся написанием мемуаров, которые назвал «Воспоминания» (метод герменевтики, который позволяет ознакомиться не только с самим текстом, но и выявить смысл подтекста) [3]. Они были составлены в трех томах. Находясь в отставке, С.Ю. Витте был обеспокоен сохранением своей непогрешимой репутации, что нашло отражение не только в его мемуарах, но и в выступлениях, отдельных статьях.

С.Ю. Витте высказал свое мнение о российской элите той исторической эпохи в своих воспоминаниях и пришел к выводу, что она не справилась с вызовом эпохи, что и привело к революциям 1905 и 1917 гг. Его «Воспоминания» считаются шедевром отечественной мемуаристики [5], в них отражены события и личности того исторического времени [3]

Данные им характеристики некоторым личностям не всегда приятны. Например, князя Горчакова С.Ю. Витте называл «разбитым стариком без бровей и ресниц» [2], но при этом испытывал пиетет к царю Александру III, а его сына и наследника Николая II называл очень воспитанным человеком, хотя испытывал к нему антипатию [2]. Русскую



элиту он называл алчной, жаждущей богатства, власти, роскоши. Бедные люди тоже алчны, но в силу того, что, если они таковыми не будут, их семья умрет с голоду. Критиковал Витте и П.А. Столыпина за его несдержанность и противоречивые политические решения, зато превозносил К.П. Победоносцева. Не жалуется С.Ю. Витте и многочисленную царскую родню, которой хочется казаться кем-то большим, чем есть на самом деле [4].

В целом, необходимо отметить, что Витте в своих воспоминаниях чаще давал характеристику чиновникам как людям образованным, умным, но без профессионализма, со слабым характером [4].

Значительное внимание в своих мемуарах Витте уделял зарождению и развитию в России института парламентаризма, многопартийности. Члены политических партий и общество в целом получили возможность выстраивать более-менее цивилизованные отношения. Открытие Государственной думы сам С.Ю. Витте называет историческим актом [3]. Однако работе Государственной думы, по его мнению, мешал Государственный совет. Не желала Дума решать и самый важный для России вопрос - крестьянский. Предложение об отчуждении земли у помещиков за плату сразу обрекло Думу на роспуск. Даже политические партии России находились в оппозиции к правящему режиму. К сожалению, объявление о предоставлении гражданам гражданских и политических прав, не нашло отражения в реальных действиях власти.

С.Ю. Витте испытывает неприязнь к проправительственным партиям, таким, как черносотенцы. Он не разделяет мнения государя о провозглашении членов партии черносотенцев истинными патриотами. По его мнению, даже революционеры слева, более герои, чем черносотенцы. Просто они люди заблудшие, но честные. Они готовы свою жизнь отдать за придуманные идеи.

Досталось в мемуарах С.Ю. Витте и партии кадетов, на которую он возложил вину за требование установить вместо конституционной монархии республику с наследственным президентом [2]. А членов партии кадетов Милюкова и Гессена и вообще называл «свихнувшимися буржуазными революционерами» [2].

Таким образом, по мнению С.Ю. Витте, ни одна из российских партий начала XX в. не смогла продемонстрировать демократические традиции. Был упущен шанс превращения самодержавной монархии в цивилизованные формы.



## 5. Выводы

Из анализа деятельности С.Ю. Витте можно извлечь некоторые уроки, а именно:

- руководителя должны отличать такие личностные качества как ум, хорошее образование, высокий профессионализм, работоспособность, готовность к принятию нестандартных решений, к компромиссам, дар убеждения (чтобы мог убедить в своей правоте даже своих недругов);
- умелая кадровая политика (брать людей на службу по уму, а не по происхождению);
- деятельность С.Ю. Витте сдерживалась царем Николаем II, поэтому министр вынужден был лавировать при принятии решений. Однако нельзя не учитывать и того факта, что С.Ю. Витте, поддерживая самодержавие, искренне считал, что оно соответствует российской ментальности, многоконфессиональности, разнообразным географическим условиям. Считал, что Россия должна развиваться по капиталистическому пути, поэтому поддерживал буржуазию, но и не мог не считаться с мнением Николая II, опиравшегося на богатое дворянство. Отсюда и колебания, непоследовательность в принятии решений в момент премьерства;
- выступал за жесткий контроль за деятельностью банков;
- отсутствие сподвижников, на которых С.Ю. Витте мог бы опираться в своей деятельности за пределами дворца, делала его слишком зависимым от царя;
- во внешней политике был против укрепления Тихоокеанского флота и агрессивной политики на Дальнем Востоке, предупреждая царя о том, что это может привести к войне с Японией, что в результате и случилось [2].

## Список литературы

1. Витте, С. Ю. Воспоминания. Полное издание в одном томе. / С. Ю. Витте. – М., 2017. –1247 с.
2. Федорченко, В.П. Государственная и военно-политическая деятельность С.Ю. Витте, 1892-1906 гг.: диссертация ... канд. ист. наук: 07.00.02 / Федорченко Валентин Павлович. – Москва, 1997. – 272 с.
3. Гаврилов, К.В. С.Ю. Витте и общественное мнение о его государственной деятельности: Автореферат диссертации... канд. ист. наук: 07.00.02 / Гаврилов Кирилл Викторович. – Санкт-Петербург, 2009 – 22 с.

4. Карабущенко, П.Л. Имперские элиты России в «Воспоминаниях» графа Витте / П.Л. Карабущенко // Вестник Новгородского государственного университета. – 2015. – № 4 (87). – Ч. 2. – С.16-19.
5. Веревкина, И.Н. «Парламентаризм» и «многопартийность» в мемуарах С.Ю. Витте / И.Н. Веревкина // Молодой ученый. – 2018. – № 50(236). – С. 424-426. – URL: <https://moluch.ru/archive/236/54866>.

УДК 621-039-542

EDN  
[VBIMNA](#)

## Самовар – часть судьбы и жизни русского народа

**Е.В. Машенцева\***

Российский государственный университет социальных технологий,  
Лосиноостровская, 49, Москва, 107150, Россия

\*E-mail: mashentseva02@bk.ru

**Аннотация.** В статье предпринята попытка анализа традиционных ценностей, как основы культуры, через призму их развития и обновления. Ценности в России связаны с ее символами, одним из которых является самовар. Он не только олицетворял достаток в семье, семейное благополучие, но и способствовал дружескому общению. И сегодня, в период некой разобщенности людей, российскому гражданину стоит подумать о возвращении к этим чудесным традициям.

**Ключевые слова:** самовар, традиции, семейное благополучие.

## Samovar – part of the destiny and life of the Russian people

**E.V. Mashentseva\***

Russian State University of Social Technologies, Losinoostrovskaya, 49, Moscow,  
107150, Russia

\*E-mail: mashentseva02@bk.ru

**Abstract.** The article attempts to analyze traditional values as the basis of culture, through the prism of their development and renewal. Values in Russia are associated with its symbols, one of which is the samovar. It not only personified prosperity in the family, family well-being, but also contributed to friendly communication. And today, in a period of some disunity of people, a Russian citizen should think about returning to these wonderful traditions.

**Keywords:** samovar, traditions, family well-being.

## 1. Введение

Сегодня перед российским обществом остро стоит вопрос о том, какое место занимает Россия в мире. Самоопределение, самоидентификация – вот одна из главных проблем современности. Каждый россиянин должен ощущать себя полноправным коллективным субъектом социально-исторического процесса. А для этого необходимо обратиться к нашим истокам, социальным традициям, так как в них сосредоточен весь опыт поколений, позволяющий осознавать себя частью великого народа и частью мировой цивилизации [1].

## 2. Постановка задачи

Итак, целью нашего исследования являются традиции, которые связывают поколения и являются основной опорой, позволяющей индивиду идентифицировать себя с великой страной, Россией. В ходе исследования нами будет использован системный подход. Он позволяет рассматривать российские традиции как изменяющиеся во времени, но одновременно и как часть преемственной системы [1].

## 3. Методы и материалы исследования

Среди ученых существуют различные определения традиционных ценностей. Под ними понимают некие этнографические характеристики из жизни народов; религиозные ценности, присущие обществу; поведенческие традиции разных этнографических общностей [2]. Но любое общество жаждет стабильности, достигнуть которой можно очевидно, добившись, устойчивости традиционных ценностей, с одной стороны, а с другой их динамичного развития [3].

Для России также характерна некая ностальгия по прекрасному «прошлому», усталость от постоянных перемен. Подобная ностальгия для России явление не новое, как отмечает О.С. Гилязова, она берет свое начало еще с XVIII-XIX вв.

Так, Петр I, по образному выражению В.О. Ключевского, целым рядом своих преобразований в начале XVIII в., разделил общество на «почву» (народную, православную культуру) и «цивилизацию» (дворянскую культуру), а позже, уже в XIX в. сформировались два противоборствующих течения-западники (ориентировались на западноевропейские ценности) и славянофилы, опирающиеся на традиции, православие, сельскую общину, самодержавие при сохранении, однако, народных прав и свобод.

Ситуация конца XX в., связанная с распадом СССР, проведением шоковых реформ, преклонение перед Западом, вызвала среди населения желание вернуть традиционные ценности [2].

На проблему соотношения традиций и инноваций указывает также Казин А.Л. Он убежден в том, что от соотношения этих двух понятий будет зависеть и судьба самой культуры. Без обновления традиции могут превратиться в нечто мертвое, застывшее [4]

Современное состояние российского общества с учетом СВО также тяготеет к сохранению традиций, которые для нашего народа являются не просто привычками, проявляющимися в поведении, обрядах, это наше культурное наследие, передаваемое каждому новому поколению. Это наследие выделяет русский народ из остальных народов, дает ему ощущение опоры и поддержки [5].

С другой стороны, соблюдения традиций недостаточно. Необходимо понимать их значение, а также то, о чем свидетельствует возврат к некоторым традициям и обычаям. В силу важности этой темы количество ученых, обращающихся к ее исследованию, достаточно велико. Например, еще в XIX в. вышла книга А.В. Терещенко «Быт русского народа», в которой нашел отражение богатейший этнографический материал (образцы поведения, обряды, игры и пр. из жизни русского народа) [5]. Нельзя не упомянуть и книгу этнографа М. Забылина «Русский народ. Его обычаи, обряды, предания, суеверия и поэзия», в которой автор рассказывает не только об обычаях, обрядах в разных регионах России, но и дает возможность ознакомиться с бытом русского народа [5].

Очень интересным является труд А.А. Коринфского («Народная Русь. Круглый год сказаний, поверий, обычаев и пословиц русского народа»), в котором поэт раскрывает характерные черты быта великороссов, рассказывает о важнейших праздниках.

Изучению быта русских людей посвятила свою работу «Мир русской деревни», советский историк М.М. Громыко. Подобные исследования русского быта проводили и русские писатели Л.С. Лаврентьева, Н.А. Юдина, М. Семенова и др.

Изучению русских обычаев, традиций, праздников посвятил свои работы и О.А. Платонов. Его труд «Русский народ» можно назвать энциклопедией русской этнографии [6]. Перечень авторов, изучающих традиции, быт, обряды русской культуры можно продолжать. Их труды позволили нам, современникам, увидеть уникальность России. В

чем она состоит? Ответ таков – готовность к самопожертвованию, духовность, терпение, отвращение к мелочности, религиозность и свободолюбие, радушие и гостеприимство.

#### 4. Результаты и обсуждение

Одним из символов гостеприимства, семейного единения является чаепитие. Главным символом этой традиции, конечно же, является самовар. Без него как без хлеба.

Что же такое самовар? В словаре В.И. Даля этот предмет охарактеризован как прибор для кипячения воды. Есть и другие подтверждения данного значения. Самовар использовали одновременно для нагрева воды и не только пили чай, когда он нагревал воду, но и одновременно согревались в холодную погоду. В свою очередь Запорожец А. называла самовар хранителем истории, так как он стоил 15 рублей, а корова 8. Значит этот предмет для чаепития свидетельствовал одновременно и о достатке в доме. За чаепитием люди раскрывали свою душу, не случайно его называют частью жизни и судьбы нашего народа, так как почти 250 лет интерес к нему не пропадает.

Несмотря на то, что почти все в мире самовар считают русским, появился он не в России, а был известен еще в Древнем мире. Люди бросали в металлический сосуд раскаленные камни и вода быстро закипала, позже это приспособление стало похоже на кувшин. В Китае еще в 16 веке также существовал сосуд с трубкой и поддувалом. В нем подавали суп, чай.

Когда же появился самовар в России, точно неизвестно. Легенды рассказывают о том, что его привез в Россию Петр I, но доказательств этому нет. Большая вероятность, что самовар появился в 1740 г., когда заводчик Демидов получил земли и заводы на Урале, затем их стали производить в г. Туле, Москве. В конце XVIII в. они уже были похожи на современные самовары. В XIX в. их делали из меди и дерева. К середине XIX в. в Туле было уже 26 фабрик по их производству. а в начале XX в. они приобрели разнообразные формы. Например, у дочерей Николая были маленькие самоварчики (на один стакан жидкости).

Самовары быстро вошли в моду, и их цена зависела от веса. Тяжелый самовар и цена выше. В самоваре вода согревалась очень быстро, не требовалось затапливать печь. Чай пили не торопясь, обсуждая волнующие их хозяев темы. Принято было всей семьей собираться за самоваром, как говорится и стар, и мал, пели песни. Это объединяло семью. Не случайно, самовар являлся героем многих произведений выдающихся авторов – Пушкина, Блока, Гоголя, Горького, Достоевского, Лескова и др. Мы его видим и на

полотнах художников (К.С. Петрова-Водкина, И.И. Машкова и др.). Производители самоваров участвовали в выставках. Победители получали в качестве приза государственный герб, его оттиск помещали на выпускаемой продукции (как например, наследники В.С. Балашева).

После революции 1917 г. заводы по производству самоваров были национализированы, и с 1922 г. их производство наладили в г. Кольчугино.

В 90-е гг. XX в. самовары стали экспонатами музеев (как например в Туле, 1990 г.), или осели в частных коллекциях. Это свидетельствует о том, что жизнь стремительно менялась, призыв к отречению от советского прошлого, одновременно охладил интерес и к дореволюционному прошлому. Увлечение западноевропейскими ценностями привело к утрате индивидами своей идентичности.

Сегодня Россия возрождается, и поиск своей идентичности через приобщение к традиционным ценностям является нашей серьезной и сложной задачей.

## 5. Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- сохранение традиционных ценностей – это шаг к возрождению нашей идентичности, принадлежности к великому русскому народу;
- изменение отношения к браку, деторождению, родству – не только признак современного мира, но и разрыв тесной связи между родственниками, которые этот опыт и передают из поколения в поколение, что в целом приводит к снижению рождаемости;
- возвращение такой традиции как совместное семейное чаепитие с самоваром может стать шагом к закреплению российских национальных ценностей и традиций среди молодых семей, возвратит в дом атмосферу тепла и уюта.

## Список литературы

1. Гаращук, С. С. Российская система нравственных традиций в контексте современных социальных реалий: диссертация... канд. филос. наук: 09.00.11 / Гаращук Светлана Степановна. – Ставрополь, 2017. – 153 с.
2. Гилязова, О. С. Традиционные российские ценности: понятия, назначение, достоинства и ограничения / О.С. Гилязова // Социально-политические исследования.



- 2024. – № 2(23). – С. 27-45. – URL: <http://dx.doi.org/10.20323/2658-428X-2024-2-23-27>. <https://elibrary.ru/ORHSEQ>.
3. Ковалев, А. А. Духовно-нравственное воздействие как угроза национальному менталитету / А.А. Ковалев // Социально-политические исследования. – 2023. – № 4(21). – С. 19-32. – DOI: [http://dx.doi.org/10.20323/2658\\_428X\\_2023\\_4\\_21\\_19](http://dx.doi.org/10.20323/2658_428X_2023_4_21_19). 12.
  4. Традиция в развитии русской культуры и наше время: сборник материалов Всероссийской научной онлайн-конференции с международным участием, организованной РИИИ и Институтом Наследия (17-18 ноября 2023 г. ) в рамках цикла «Русская цивилизация в исторической ретроспективе и перспективе» / составители Ю. А. Закунов, А. Л. Казин; научный редактор Ю. А. Закунов. – М.: Институт Наследия, 2024. – 162 с. – DOI: 10.34685/НИ.2024.64.85.007. – ISBN: 978-5-86443-477-2.
  5. Тетерина, Е.А. Исследования русских традиций, обычаев, обрядов. Историографический обзор / Е.А. Тетерина, А.Ю. Питерова // Электронный научный журнал «Наука. Общество. Государство». – 2016. – Т. 4. – № 2. – URL: <http://esj.pnzgu.ru>.
  6. Платонов, О.А. Русский народ. Этнографическая энциклопедия. Вера и обычаи. Работа и быт. Будни и праздники (в 2-х томах) / О.А. Платонов. – М.: Институт русской цивилизации, 2013. – 1488 с.

УДК 378.1

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.2003>

EDN

[VJOVTR](#)

## Как использовать ChatGPT на уроках английского языка для повышения мотивации студентов

Е.В. Шишлякова\*, М.И. Мамаева, А.И. Морозова, М.А. Лосева

Московский финансовый колледж, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Россия

\*E-mail: shishly-elena@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена практическим рекомендациям по интеграции ChatGPT в процесс обучения английскому языку. Рассмотрены ключевые аспекты эффективного использования ИИ на уроках, включая определение целей, адаптацию материалов под уровень учеников и включение интерактивных заданий. Подчеркивается, что ChatGPT следует использовать как дополнение к традиционным методам обучения, а не как их замену. В статье подробно описаны преимущества ChatGPT, такие как персонализация обучения, развитие разговорных навыков, упрощение подготовки материалов и внедрение игровых форматов. Также обсуждаются возможные ограничения инструмента, такие как ошибки, отсутствие живой интонации и риск чрезмерного использования, и предлагаются способы их преодоления. Статья подчеркивает важность сбалансированного подхода, при котором ChatGPT становится полезным помощником для учителей и учеников, способствуя повышению мотивации и эффективности обучения. Приведены примеры успешного применения ChatGPT для улучшения навыков разговорной речи, чтения, письма, а также работы с грамматикой и лексикой. В заключение даны практические советы для учителей по интеграции ChatGPT в учебный процесс, включая рекомендации по созданию интерактивных заданий, проверке знаний и предоставлению обратной связи. Статья основана на результатах исследования, проведенного с участием студентов и преподавателей, и подтверждает, что ChatGPT может стать ценным инструментом для современного образования.

**Ключевые слова:** ChatGPT, обучение английскому языку, интеграция ИИ, интерактивные задания, адаптация материалов, традиционные методы обучения.

## How to use ChatGPT in English lessons to increase student motivation

E.V. Shishliakova\*, M.I. Mamaeva, A.I. Morozova, M.A. Loseva

<sup>1</sup> Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

\*E-mail: shishly-elena@yandex.ru

**Abstract.** The article focuses on practical recommendations for integrating ChatGPT into English language teaching. It examines key aspects of effectively using AI in the classroom, including setting goals, adapting materials to students' levels, and incorporating interactive tasks. It emphasizes that ChatGPT should be used as a supplement to traditional teaching methods, not as a replacement. The article details the advantages of ChatGPT, such as personalized learning, development of speaking skills, simplification of material preparation, and the introduction of gamified formats. It also discusses potential limitations of the tool, such as errors, lack of live intonation, and the risk of overreliance, and suggests ways to overcome them. The article highlights the importance of a balanced approach, where ChatGPT becomes a valuable assistant for teachers and students, enhancing motivation and learning efficiency. Examples of successful applications of ChatGPT for improving speaking, reading, writing, as well as grammar and vocabulary skills are provided. In conclusion, practical advice is given to teachers on integrating ChatGPT into the educational process, including recommendations for creating interactive tasks, assessing knowledge, and providing feedback. The article is based on the results of a study involving students and teachers, confirming that ChatGPT can become a valuable tool for modern education.

**Keywords:** ChatGPT, English language teaching, AI integration, interactive tasks, material adaptation, traditional teaching methods.

## 1. Введение

Современные технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ), активно внедряются в образовательную сферу, предлагая новые инструменты для повышения эффективности обучения. Одним из таких инструментов является ChatGPT – языковая модель, способная генерировать тексты, объяснять сложные темы и взаимодействовать с пользователями в диалоговом режиме. В контексте изучения английского языка ChatGPT открывает широкие возможности для персонализации обучения, развития разговорных навыков и повышения мотивации учащихся.

Актуальность исследования. Несмотря на растущую популярность ИИ в образовании, вопросы эффективного использования ChatGPT на уроках английского языка остаются недостаточно изученными. В частности, требуется систематизация подходов к интеграции этого инструмента в учебный процесс, а также анализ его преимуществ и ограничений.

Цель данной статьи – рассмотреть, как ChatGPT может использоваться для повышения мотивации учащихся и улучшения качества обучения английскому языку. В статье анализируются ключевые преимущества ChatGPT, такие как индивидуализация обучения, развитие разговорных навыков, упрощение подготовки материалов и внедрение игровых форматов.

Задачи исследования:

- 1) изучить преимущества использования ChatGPT на уроках английского языка;
- 2) предложить интерактивные способы применения ChatGPT для развития языковых навыков;
- 3) рассмотреть практические рекомендации для учителей по интеграции ChatGPT в учебный процесс.

Гипотеза исследования заключается в том, что использование ChatGPT на уроках английского языка способствует повышению мотивации учащихся, улучшению их языковых навыков и созданию более увлекательного образовательного процесса.

Предыдущие исследования [1-6] показывают, что ИИ может эффективно использоваться в образовании для персонализации обучения и автоматизации рутинных задач. Однако вопросы, связанные с интеграцией ChatGPT в преподавание английского языка, требуют дальнейшего изучения.

## 2. Методы исследования

В данном исследовании использовались качественные и количественные методы для анализа эффективности интеграции ChatGPT в процесс обучения английскому языку. Основное внимание уделялось практическим аспектам применения ChatGPT на уроках, а также оценке его влияния на мотивацию и успеваемость учащихся.

Исследование проводилось в три этапа:

1. на первом этапе были изучены ключевые возможности ChatGPT для обучения английскому языку, включая индивидуализацию обучения, развитие разговорных навыков и создание интерактивных заданий;

2. на втором этапе были предложены конкретные способы использования ChatGPT, такие как ролевые игры, генерация текстов, создание тестов и игровых форматов и другие;

3. на третьем этапе проведено тестирование предложенных методов в реальных учебных условиях с участием студентов и преподавателей.

В исследовании приняли участие:

1. обучающиеся – 50 студентов в возрасте от 16 до 30 лет, изучающих английский язык на уровнях A2-B2;

2. преподаватели с опытом работы от более 15 лет.

Для проведения исследования использовались следующие инструменты:

1. ChatGPT (версия 3.5) – для генерации текстов, диалогов, тестов и объяснения грамматических правил;

2. тесты – для измерения прогресса учащихся в навыках чтения, письма и разговорной речи;

3. наблюдение – для анализа взаимодействия учащихся с ChatGPT во время уроков.

На подготовительном этапе преподаватели прошли обучение по работе с ChatGPT, были разработаны учебные материалы и задания с использованием ChatGPT. Основной этап включал использование ChatGPT на уроках английского языка для выполнения следующих задач: проведение ролевых игр и диалогов, генерация текстов для чтения и анализа, создание тестов и упражнений по грамматике и лексике, проверка письменных работ и предоставление обратной связи. Студенты выполняли задания как индивидуально, так и в группах. На заключительном этапе были проведены итоговые тесты для оценки прогресса учащихся.

Анализ данных. Качественный анализ включал анализ обратной связи от учащихся и преподавателей, а также наблюдение за процессом обучения. Количественный анализ представлял собой статистическую обработку результатов тестов для оценки прогресса учащихся и удовлетворённости использованием ChatGPT.

Ограничения исследования:

- 1) исследование проводилось на ограниченной выборке учащихся и преподавателей;
- 2) результаты могут варьироваться в зависимости от уровня подготовки учащихся и опыта преподавателей;
- 3) ChatGPT не может полностью заменить традиционные методы обучения, такие как живое общение и коррекция произношения.

### 3. Результаты

В данном разделе представлены примеры успешного использования ChatGPT для улучшения различных навыков, а также результаты исследования, полученные в ходе тестирования использования ChatGPT на уроках английского языка.

#### 3.1. Улучшение навыков разговорной речи

На уроках ChatGPT использовался в качестве *виртуального собеседника* в ролевых играх, моделирующих реальные ситуации. Так, бот играл роль туриста, задающего вопросы о городе, а ученик – гида, рассказывающего о достопримечательностях. Также учащиеся практиковали диалоги в таких ситуациях, как посещение магазина, ресторана или рынка, где нужно было уточнять цены, заказывать блюда или оформлять возврат товара. Чат-бот выступал и в роли работодателя, задающего типичные вопросы на собеседовании, что, в целом, помогло студентам развивать навыки делового общения. Еще один сценарий — взаимодействие врача и пациента, где учащиеся отработывали медицинскую лексику, описывая симптомы или получая рекомендации. Такой формат обучения не только способствовал запоминанию новой лексики и фраз, но и помог преодолеть языковой барьер, снизил страх общения на иностранном языке. К аналогичным выводам пришли авторы исследования [2].

ChatGPT также эффективно использовался для разработки *диалоговых сценариев*, направленных на развитие у учащихся навыков разговорной речи и аргументации. Преподаватель предлагал искусственному интеллекту сгенерировать актуальные темы для дискуссий, такие как: «Должны ли школьники носить форму?» или «Следует ли

запрещать социальные сети в учебных заведениях?». Ученики, в свою очередь, формулировали аргументы как в поддержку, так и против предложенных тезисов, что способствовало развитию критического мышления и умения вести конструктивный диалог. К аналогичным выводам пришли авторы исследования [1], подчеркивая, что использование ИИ для создания дискуссионных сценариев значительно повышает вовлечённость учащихся и их способность аргументированно выразить свои мысли.

Развитию гибкости мышления и умению формулировать логичные и уместные ответы способствовали также задания – диалоги с пропущенными репликами, которые учащимся дополняли самостоятельно.

С помощью искусственного интеллекта на уроках создавались квесты и интерактивные истории. Например, ChatGPT предлагал сценарий, в рамках которого ученик должен был принять решение, определяющее дальнейшее развитие диалога. Ситуация звучала так: «Вы оказались в аэропорту и потеряли багаж. Какие действия вы предпримете?» Подобные упражнения не только способствовали совершенствованию разговорных навыков, но и развитию критического мышления, способности быстро реагировать в нестандартных ситуациях и строить аргументированные высказывания.

ChatGPT также использовался для *выявления и разбора ошибок в устной и письменной речи студентов*. Обучающиеся вели диалог с ИИ, после чего получали детальный анализ своих высказываний с указанием грамматических, лексических и стилистических недочетов. Такой подход не только повысил грамматическую точность речи, но и способствовал запоминанию правильных языковых конструкций в контексте их использования. Аналогичные выводы находим в исследовании [3].

Благодаря перечисленным интерактивным способам использования ChatGPT, студенты значительно повысили уровень владения разговорным английским, научились реагировать в неожиданных ситуациях, избавились от языкового барьера. Далее рассмотрим, как ChatGPT может помочь развить навыки чтения и письма.

## *2.2. Развитие навыков чтения и письма*

Навыки чтения и письма занимают ключевое место в процессе изучения английского языка [4]. ChatGPT может стать мощным инструментом для их развития, помогая адаптировать тексты к уровню ученика, создавать задания для анализа прочитанного и совершенствовать письменную речь.

Одна из основных трудностей в обучении – подбор текстов, соответствующих уровню знаний учащегося. ChatGPT способен создавать адаптированные тексты. В ходе исследования преподаватель запрашивал материал на определённую тему, указывая желаемый уровень сложности (начальный, средний, продвинутый). Кроме того, ChatGPT использовался для упрощения сложных текстов, что было особенно полезно при работе с аутентичными материалами, такими как новостные статьи или литературные произведения. Также ChatGPT применялся для изменения стиля и формата текста: один и тот же рассказ представлялся в виде диалога, статьи, письма или поста в социальных сетях, что помогло учащимся освоить различные стили речи.

После прочтения текста важно проверить, насколько хорошо он усвоен. ChatGPT автоматически генерировал разнообразные упражнения: от простых вопросов (Who is the main character?) до аналитических (What do you think about the character's decision?). Бот также помогал составить краткое содержание текста, что способствовало развитию навыка выделения ключевой информации. Ещё одно задание - ученикам предлагалось продолжить рассказ, созданный ChatGPT. Такой подход стимулировал развитие воображения и навыков устной и письменной речи. Кроме того, ИИ использовался для объяснения значения сложных слов в контексте, подбирал синонимы или перефразировал их более простыми выражениями [2].

Далее рассмотрим возможные игровые форматы, которые делают изучение языка ещё более увлекательным.

### *2.3. Игровые форматы и креативные задания*

Геймификация обучения – один из самых эффективных способов повысить мотивацию учащихся и сделать процесс изучения английского языка увлекательным. ChatGPT можно использовать для различных интерактивных заданий, которые развивают креативность, лексические и грамматические навыки [5].

Совместное сочинение историй развивает воображение, письменную речь и навыки построения связного текста. В нашем исследовании ChatGPT использовался в таких форматах, как истории по ключевым словам, где ученик или учитель задавал несколько слов (например, pirate, treasure, mysterious island), а ChatGPT создавал на их основе рассказ. Другой вариант – продолжение рассказа, когда ChatGPT генерировал начало истории, а ученики должны были дописать её, следуя логике повествования. Также широко использовались интерактивные рассказы, в которых ChatGPT предлагал



историю с выбором действий (например, «Вы оказались в заброшенном замке. Куда пойдёте: в тёмный коридор или на чердак?»), создавая эффект игры-квеста. Ещё один интересный вариант – истории в разных жанрах, где ученики могут попросить ChatGPT переписать рассказ в стиле детектива, фантастики, комедии или сказки, что помогает освоить разные языковые структуры.

Игры на расширение словарного запаса и развитие логического мышления включали загадки, викторины и упражнения по словообразованию. Так, организовывались викторины на время, где учащиеся отвечали на вопросы по разным темам (страны, животные, наука), соревнуясь между собой. Интересный вариант — игра в слова с ограничениями, когда ученики составляли предложения, используя определённые слова, или пытались объяснить слово, не называя его напрямую. Такие упражнения помогли ученикам запоминать слова в игровом контексте и развивать беглость речи.

ChatGPT также использовался для тренировки перевода и анализа ошибок. Например, ученики переводили фразы с русского на английский и обратно, затем проверяли и анализировали переводы с помощью ИИ. Другой вариант — исправление ошибок в переводе, когда ученик делал перевод самостоятельно и просил ChatGPT проверить его, объяснив допущенные ошибки. Интересно также сравнивать стили перевода: ChatGPT предлагает несколько вариантов (формальный, разговорный, литературный), а ученики обсуждают, в каком контексте они уместны. Этот метод помогает глубже понять структуру английского языка и избежать распространённых ошибок.

Игровые и креативные задания делают процесс изучения английского языка более увлекательным и запоминающимся. Далее рассмотрим, как ChatGPT может помочь в освоении грамматики и лексики.

#### *2.4. Работа с грамматикой и лексикой*

Грамматика и лексика являются фундаментом владения английским языком. Однако изучение грамматических правил и новых слов часто воспринимается учениками как сложный и монотонный процесс. ChatGPT способен сделать его более понятным и увлекательным, предлагая персонализированные объяснения, упражнения и интерактивные методы запоминания [6].

ChatGPT может объяснять сложные грамматические темы простым и доступным языком, *адаптируя объяснения под уровень ученика*. Например, учитель или ученик может запросить разъяснение определённого правила для уровня A1, B1 или C1, например: «Объясни разницу между Present Perfect и Past Simple для уровня B1». ИИ также использует *анalogии и примеры*, чтобы сделать грамматические правила более наглядными. Например, разницу между артиклями a и the сравнивали с разницей между случайным незнакомцем и конкретным человеком, которого мы знаем.

Практика играет ключевую роль в освоении грамматики, и ChatGPT способен генерировать разнообразные упражнения. Среди них: *задания на заполнение пропусков*, например: «Yesterday, I \_\_\_ (go) to the cinema.»; *упражнения на перефразирование*, такие как «I haven't seen him for a long time» → «It has been a long time since I saw him.»; *задания на составление предложений*, где ChatGPT предоставляет набор слов, из которых ученик должен построить грамматически правильное предложение; а также *тесты с множественным выбором*, охватывающие времена, предлоги, артикли и другие темы. Учитель может использовать эти упражнения на уроках или предлагать их для самостоятельной работы.

ChatGPT также помогает ученикам *расширять словарный запас*, создавая персонализированные *флеш-карточки*. В ходе нашего исследования бот генерировал карточки с определениями и примерами использования слов по схеме: Word – Definition – Example sentence. Кроме того, бот создавал карточки с ассоциациями, где слово дополнялось визуальным образом, аналогией или метафорой для лучшего запоминания (например, слово stubborn (упрямый) ассоциировалось с мулом). Также ChatGPT предлагает *тематические подборки*, такие как «10 слов по теме “Еда”» или «Фразовые глаголы для путешествий», и интерактивные тесты, где ученик может проверить, насколько хорошо он запомнил новые слова, выбирая правильные варианты перевода или употребления в контексте.

Использование таких персонализированных подходов позволило ученикам быстрее и эффективнее запоминать новые слова и грамматические конструкции. Благодаря ChatGPT работа с грамматикой и лексикой стала доступной, интересной и адаптированной под индивидуальные потребности каждого ученика.

В следующем разделе мы рассмотрим, как ChatGPT можно использовать для проверки знаний и предоставления обратной связи.

## 2.5. ChatGPT как инструмент для проверки знаний и обратной связи

Оценка знаний и получение обратной связи являются важнейшими элементами процесса изучения английского языка. ChatGPT может значительно упростить и улучшить этот процесс, предлагая автоматическую генерацию тестов, анализ ошибок и детализированные комментарии к ответам учеников.

ChatGPT способен создавать разнообразные тесты и проверочные задания, включая тесты с множественным выбором, например, по грамматике, лексике или аудированию: Which sentence is correct? a) She don't like apples. b) She doesn't like apples. c) She isn't like apples. Также он может генерировать задания на заполнение пропусков, где ученик вставляет нужное слово или форму глагола: Yesterday, I \_\_\_ (go) to the park. Кроме того, ChatGPT предлагает задания на сопоставление, где ученики соединяют слова с их значениями или синонимами, а также вопросы по прочитанному тексту, где бот сначала генерирует текст, а затем задаёт к нему вопросы разного уровня сложности. Учитель или ученик может настраивать сложность заданий в зависимости от уровня подготовки.

После выполнения заданий ученик может отправить свои ответы в ChatGPT для проверки. ИИ не только укажет на ошибки, но и объяснит, почему они возникли и как их исправить. Например, если ученик пишет: He go to school every day, ChatGPT исправит: He goes to school every day (глагол в третьем лице единственного числа требует окончания -s). Кроме того, ChatGPT может предлагать альтернативные формулировки, если ответ технически верный, но звучит неестественно, объяснять разницу между похожими словами или грамматическими конструкциями, а также разбирать ошибки в эссе или письме, помогая улучшить стиль и структуру текста.

ChatGPT также предоставляет персонализированную обратную связь, указывая, какие ошибки чаще всего встречаются у ученика, какие темы стоит повторить и как можно улучшить стиль речи или аргументацию в эссе. Такой подход позволяет ученикам не только исправлять текущие ошибки, но и работать над своими слабыми местами системно.

Для подготовки к экзаменам, таким как IELTS, TOEFL или FCE, ChatGPT может быть особенно полезен. Он способен генерировать примерные задания, проводить моделируемые устные экзамены, оценивать эссе по критериям реальных экзаменов, что

помогает ученикам привыкнуть к формату экзамена и отработать навыки в условиях, максимально приближенных к реальным.

Использование ChatGPT для проверки знаний делает процесс обучения более интерактивным и адаптированным под индивидуальные потребности ученика. Возможность получать мгновенную обратную связь и детальный разбор ошибок способствует более быстрому прогрессу и улучшению владения английским языком.

#### 4. Выводы

В ходе исследования были получены следующие результаты в отношении мотивации обучающихся:

- Повышение интереса к урокам: 85% учащихся отметили, что использование ChatGPT сделало уроки более увлекательными и интересными.
- Увеличение вовлечённости: 78% студентов сообщили, что стали активнее участвовать в занятиях благодаря интерактивным заданиям, таким как ролевые игры и викторины.
- Самостоятельность в обучении: 70% учащихся начали чаще использовать ChatGPT для самостоятельной работы, включая подготовку к экзаменам и выполнение домашних заданий.

Прогресс в языковых навыках.

- Разговорная речь: Учащиеся, регулярно практиковавшие диалоги с ChatGPT, улучшили свои разговорные навыки на 25% (по результатам итоговых тестов).
- Чтение и письмо: Уровень понимания текстов и грамотность письменной речи повысились на 20% благодаря адаптированным текстам и упражнениям, созданным ChatGPT.
- Грамматика и лексика: Учащиеся, использовавшие ChatGPT для изучения грамматики и запоминания новых слов, показали улучшение на 15% по сравнению с началом исследования.

Средний прогресс учащихся: 20% улучшение по всем языковым навыкам.

#### 5. Заключение

Заключение представим в виде практических советов для учителей. Интеграция ChatGPT в уроки английского языка открывает перед преподавателями широкие

возможности, однако важно использовать этот инструмент грамотно и осознанно. Чтобы ChatGPT стал полезным помощником в обучении, важно учитывать следующие аспекты:

- Определить цель использования. ChatGPT можно применять для различных задач: подготовки материалов, проведения диалогов, проверки знаний. Учителю стоит заранее решить, какую именно задачу он хочет решить с помощью ИИ. Например, это может быть генерация текстов для чтения, создание тестов или помощь в объяснении сложных грамматических правил.
- Использовать бот как дополнение к традиционным методам. ChatGPT отлично подходит для самостоятельной работы учеников, но он не может полностью заменить живое общение, преподавание грамматики или коррекцию произношения. Его стоит рассматривать как дополнительный инструмент, который дополняет, а не заменяет традиционные методы обучения.
- Включать в интерактивные задания. ИИ можно использовать для создания ролевых игр, креативных заданий, тестов и викторин, что делает занятия более увлекательными и динамичными. Например, ChatGPT может генерировать сценарии для ролевых игр, где ученики практикуют разговорные навыки.
- Поддерживать самостоятельность учащихся. Предложите ученикам самостоятельно работать с ChatGPT: задавать вопросы, проверять свои тексты, просить объяснить грамматические правила. Такой подход не только повышает мотивацию, но и развивает навыки самостоятельного обучения.
- Следить за уровнем сложности. ChatGPT может генерировать как слишком сложные, так и слишком простые тексты. Учителю важно проверять и адаптировать материалы под уровень учеников, чтобы они оставались доступными, но при этом стимулировали развитие.

Несмотря на свои преимущества, ChatGPT имеет определённые ограничения, которые важно учитывать:

- Ошибки и неточности. Иногда ИИ может давать неправильные или не совсем точные ответы. Учителю необходимо проверять информацию перед использованием её на уроке, чтобы избежать недоразумений.
- Отсутствие живой интонации и произношения. ChatGPT работает с текстом, но не может полноценно заменить разговор с носителем языка или преподавателем.

Для работы над произношением и интонацией лучше использовать аудиоматериалы, видео и живое общение.

- Ограниченная адаптация под ученика. Хотя ИИ может подстраиваться под запросы, он не всегда учитывает индивидуальные потребности учеников так, как это делает учитель. Поэтому ChatGPT стоит использовать как вспомогательный инструмент, а не как основной источник обучения.
- Риск чрезмерного использования. Если учащиеся привыкнут слишком часто полагаться на ИИ при написании текстов или выполнении заданий, это может снизить их самостоятельность. Важно объяснять, что ChatGPT – это помощник, а не средство для списывания или замены собственных усилий.

Таким образом, ChatGPT может значительно упростить процесс обучения, но его важно использовать осознанно и сбалансированно:

- Для подготовки материалов. Учителя могут использовать ИИ для создания текстов, тестов, диалогов и других материалов, адаптированных под уровень учащихся. Это экономит время и позволяет сосредоточиться на индивидуальной работе с учениками.
- Для самостоятельной работы. Ученики могут применять ChatGPT для проверки своих текстов, объяснения сложных тем, тренировки диалогов и выполнения домашних заданий, что помогает развивать навыки самостоятельного обучения.
- Для дополнительных занятий. ИИ можно использовать в качестве инструмента для внеурочной работы: например, в чатах для изучения английского или при подготовке к экзаменам. Подобный подход делает процесс обучения более гибким и доступным.

Главное – воспринимать ChatGPT как полезное дополнение, а не как замену традиционному преподаванию. Когда ИИ используется осознанно и сбалансированно, он может значительно повысить интерес учеников к изучению английского языка, сделать процесс обучения более увлекательным и эффективным.

### Список литературы

1. Мадаев, С. М. Геймификация в образовании: как игровая механика помогает повысить мотивацию и знания учащихся / С. М. Мадаев, С. Х. Алихаджиев // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 103-1.

2. Патаракин, Э.Д. Экспериментальная генерация заданий по естественно-научным дисциплинам при помощи искусственного интеллекта / Э.Д. Патаракин, В. Буров, Д.В. Сошников // Вестник МГПУ. Серия «Педагогика и психология». – 2023. – № 17. – С. 28-41.
3. Javaid, M. Unlocking the opportunities through ChatGPT Tool towards ameliorating the education system / M. Javaid, A. Haleem, R.P. Singh, S. Kahn, I.H. Khan // BenchCouncil Trans. Benchmarks Stand. Eval. – 2023. – № 3.
4. Сильчева А. Г. Особенности использования текстовых и графических чат-ботов с искусственным интеллектом в преподавании английского языка / А.Г. Сильчева, А.В. Ламзина, Т.Л. Павлова // Перспективы науки и образования. – 2023. – № 4 (64). – С. 621-635. – DOI: 10.32744/pse.2023.4.38.
5. Stampfl, R. Role-Playing Simulation Games Using ChatGPT / R. Stampfl, I. Ivkic, B. Geyer // ERCIM News. – 2024. – P. 14-15.
6. Baidoo-Anu, D. Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning / D. Baidoo-Anu, L. Owusu Ansah // Journal of AI. – 2023. –V. 7. – № 1. – P. 52-62. –URL: <https://ssrn.com/abstract=4337484> (дата обращения 10.02.2025).



УДК 372.8

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.2004>

EDN

[VVOQFO](#)

## Формирование у учащихся навыков пространственного мышления через интеграцию 3D-моделирования в курсе информатики

А.А. Оразбаева<sup>1\*</sup>, С.К. Калдыбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Жетысуский университет имени И. Жансугурова, ул. Каблиса жырау 179, Талдыкорган, 040000, Казахстан

<sup>2</sup>Международный университет «Ала-Тоо», 1/8 ул. Анкара, Бишкек, 720001-720083, Кыргызстан

\*E-mail: asel.oralbaeva@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваемая тема исследования в данной статье, а именно, использование 3D-моделирования в процессе обучения информатике, является актуальной и многогранной проблемой. Это связано с тем, что теоретические аспекты применения 3D-моделирования оказывают положительное влияние как на учебный процесс информатики, так и на общее развитие учащихся. 3D-моделирование является мощным и сложным инструментом, способствующим развитию пространственного мышления учеников и визуализации учебного материала. Это не только улучшает понимание и освоение сложных понятий в образовательном процессе, но и повышает интерес к изучаемому предмету. Современные методы программированного обучения не в полной мере способствуют развитию творческого мышления учащихся, так как в них отсутствует место для эмоций, предположений и нестандартных способов решения задач. Именно поэтому мы предлагаем использовать инструменты 3D-моделирования для формирования у обучающихся представлений о «пространстве». В данной статье рассматриваются инструменты формирования понятия пространства, а также описываются особенности применения технологий 3D-моделирования в учебном процессе. Кроме того, раскрываются преимущества использования программы 3D Max для практического развития пространственного мышления учащихся, обсуждаются трудности в данной области и тенденции её развития.

**Ключевые слова:** интеграция, учебный процесс, пространство, 3D Max, 3D моделирование.

## Formation of spatial thinking skills in students through the integration of 3D modeling in a computer science course

A.A. Orazbayeva<sup>1\*</sup>, S.K. Kaldybaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zhetysu University named after I. Zhansugurov, 179 Kablis zhyrau str., Tal dykorgan, 040000, Kazakhstan

<sup>2</sup>International University "Ala-Too", 1/8 st. Ankara, Bishkek, 720001-720083, Kyrgyzstan

\*E-mail: asel.oralbaeva@mail.ru

**Abstract.** The research topic discussed in this article, namely the use of 3D modeling in the process of teaching informatics, is a relevant and multifaceted issue. This is due to the fact that the theoretical aspects of 3D modeling have a positive impact both on the learning process in informatics and on the overall development of students. 3D modeling is a powerful and complex tool that contributes to the development of students' spatial thinking and the visualization of educational material. It not only improves the understanding and assimilation of complex concepts in the educational process but also increases interest in the subject being studied. Modern programmed learning methods do not fully contribute to the development of students' creative thinking, as they leave no room for emotions, assumptions, and non-standard problem-solving approaches. That is why we propose using 3D modeling tools to help students develop their understanding of "space." This article examines the tools for forming the concept of space and describes the features of applying 3D modeling technologies in the educational process. Additionally, it highlights the advantages of using the 3D Max software for the practical development of students' spatial thinking, discusses challenges in this field, and explores its development trends.

**Keywords:** integration, educational process, space, 3D Max, 3D modeling.

## 1. Введение

В современном мире, где стремительно развиваются наука и техника, очень важно развивать у учащихся навыки пространственного мышления, поскольку это умение является неотъемлемой частью их подготовки к будущей профессиональной деятельности. Многие востребованные сегодня профессии, такие как инженерия, дизайн, архитектура и медицина, требуют надлежащего развития этих навыков пространственного мышления. И как одно из эффективных средств формирования этого навыка мы рекомендуем активное внедрение 3D-моделирования в учебный процесс, в том числе на занятиях по информатике. 3D-моделирование представляет собой процесс создания трехмерных объектов с помощью специального программного обеспечения. Так как сами объекты имеют трехмерную структуру, их построение требует работы в пространстве, основанном на глобальной системе координат.

## 2. Цель исследования

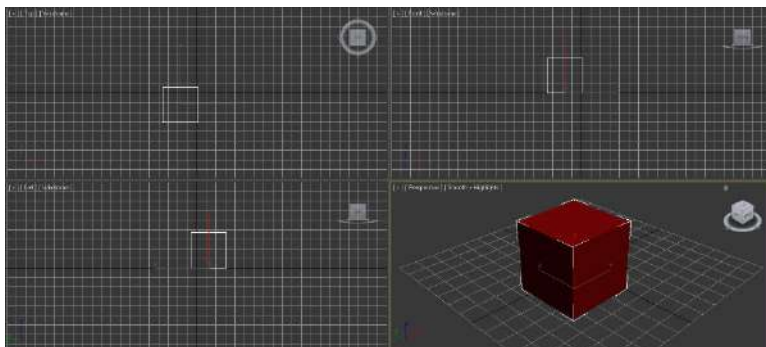
Целью данной научной работы является формирование концепции пространства – очень важный и сложный процесс. Люди с хорошо развитым пространственным мышлением обладают высокими аналитическими и творческими способностями, так как могут мысленно оперировать объектами в трехмерном пространстве, свободно изменять их форму, положение и траекторию, а также легко представлять их взаимодействие и моделирование [1]. То есть, развивая пространственные навыки учащихся, мы могли бы предоставить учащимся такие возможности. Это, в свою очередь, способствовало бы воспитанию конкурентоспособной и талантливой молодежи. Такие учащиеся легко находят пути решения сложных задач, развивают новые идеи, проявляют креативность и даже могут быстро находить выход из сложных ситуаций. Так же, интеграция 3D-моделирования в образовательный процесс позволяет активизировать познавательные процессы за счет развития интеллектуальных способностей учащихся, таких как мыслительные способности, внимание, способности к памяти и воображению.

## 3. Методы и материалы исследования

Роль 3D-моделирования в развитии пространственного мышления у учащихся очень высока, так как оно является мощным инструментом визуализации. В различных источниках термин «визуализация» определяется как процесс представления информации в понятной и наглядной форме [2]. Вид визуализации, при котором данные представляются посредством диаграмм, таблиц, инфографики, называется графической

визуализацией, а процесс моделирования биологических или физических процессов — научной визуализацией, то, 3D-моделирование, анимация и визуализация в компьютерных играх входят в категорию компьютерной графики. Существуют множество видов компьютерной визуализации, которые графически представляют данные или виртуальные объекты с помощью компьютерных инструментов, такие как 2D и 3D визуализация, научная визуализация, архитектурная визуализация, медицинская визуализация, виртуальная и дополненная реальность и компьютерная анимация. Поскольку формирование пространственного мышления у учащихся является сложным и важным процессом, мы предлагаем развивать эти навыки с помощью компьютерной визуализации. Наиболее подходящим предметом для реализации данной идеи является курс информатики. Важно расширить изучение тем, связанных с компьютерной визуализацией, и увеличить количество учебных часов, поскольку 3D-моделирование помогает учащимся лучше воспринимать трехмерные объекты и их параметры. Кроме того, оно способствует развитию анализа, синтеза, абстрактного мышления, а также формирует представления о масштабировании, пропорциях и симметрии. Помимо этого, 3D-моделирование дает возможность освоить инструменты цифрового проектирования и программирования [3].

В целом понятие «пространство» является одним из фундаментальных понятий в математике, физике и компьютерной графике. Конечно, существует множество программ, таких как Tinkercad, SketchUp и Blender, которые могут помочь вам разработать эту концепцию. Возможности этих программ также весьма обширны и несомненно повысят интерес учащихся к учебному процессу. Однако мы рекомендуем использовать программу 3D Max, поскольку эта программа даёт возможность работать в пространстве на основе глобальной оси координат (x,y,z) (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Рабочая область программы представляет собой пространство.

#### 4. Полученные результаты

3D-моделирование является мощным инструментом проектирования объектов. Как известно, трехмерные объекты не могут трансформироваться в двухмерном пространстве. Чтобы эффективно использовать окна проекции, прежде всего, нам необходимо иметь возможность визуализировать типы проекции, используемые в среде Мах, их особенности и различия.

В целом, в среде Мах используются два типа проекции: параллельная (аксонометрическая) и центральная (перспективная). При создании аксонометрической проекции трехмерных объектов отдельные ее точки падают на лучи, параллельные плоскости проекции, а при создании центральной проекции, соответственно, лучи падают из одной центральной точки

Плоскость аксонометрической проекции расположена перпендикулярно всем лучам проекции, а центральная плоскость проекции расположена перпендикулярно только одному центральному лучу. При аксонометрическом проектировании не происходит сжатия горизонтальных и вертикальных размеров проекта, а при центральном проектировании сжимаются все размеры объекта. Особым случаем в аксонометрическом проектировании является орфографическое проектирование, при его создании плоскость проектирования параллельна одной из координатных плоскостей трехмерного пространства [4].

Поскольку мы видим всё в жизни в перспективе, перспективное проектирование окружающей среды кажется нашим глазам нормальным и естественным. В такой проекции, чем дальше объект расположен от источника, тем меньшими кажутся его размеры. В параллельном проецировании размеры объектов не зависят от их удаленности. Хотя это может показаться непривычным, такой метод удобен, поскольку позволяет точно сопоставлять размеры объектов, независимо от их расстояния до наблюдателя [5].

#### 5. Выводы

В заключение можно сказать, что используя 3D-модели, преподаватели могут сделать обучение интересным и продуктивным, что, в свою очередь, способствует глубокому обучению и развитию навыков, необходимых для успешной адаптации к быстро меняющимся временам современных информационных технологий. Интеграция 3D-моделирования в курс информатики позволяет не только формировать

пространственные представления учащихся, но и внедрять новый инновационный подход к обучению, объединяющий технические и творческие навыки. Это, в свою очередь, способствует созданию современного и ориентированного на практику образовательного процесса. Кроме того, 3D-моделирование развивает междисциплинарные навыки, связанные не только с информатикой, но и с инженерией, архитектурой, математикой, геометрией и черчением. В результате происходит сочетание цифровых и когнитивных навыков учащихся, что очень важно для STEM-направлений.

### Список литературы

1. Четверухин, Н.Ф. Опыт исследования пространственных представлений и пространственного воображения учащихся / Н.Ф. Четверухин // Известия АПН РСФСР. – В. 21. – М.: Издательство АПН РСФСР, 1949. – С.5-50.
2. Калдыбаев, С. Вопросы создания электронных образовательных ресурсов / С. Калдыбаев, А. Онгарбаева // Alatoo Academic Studies. – 2018. – № 1. – С. 44-51.
3. Чесноков, А.Н. Основы методики трехмерного моделирования на примере технической и социальной модели / А.Н. Чесноков // Самарский научный вестник. – 2013. – № 4(5). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-metodiki-trehmernogo-modelirovaniya-na-primere-tehnicheskoy-i-sotsialnoy-modeli>.
4. Тимофеев С. 3ds Max 2014 / С. Тимофеев. – Петербург: БХВ, 2014. – 512 стр.
5. Оразбаева, А. А. 3D графика негіздері /А. А. Оразбаева. – Талдыкорган: ЖУ имени И. Жансугурова, 2017. – 283 с.

УДК 797-22

EDN  
[WQAYUC](#)

## Оценка функционального состояния студентов на основе анализа сердечно-сосудистых и морфофункциональных показателей

**П.О. Федоров\***

Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, ул. Декабристов, 35, Санкт-Петербург, Россия, 190121

\*E-mail: [pasha-swimming99@mail.ru](mailto:pasha-swimming99@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье анализ исследования функционального состояния студентов мужского пола, обучающихся по техническим специальностям. Целью работы является оценка физической подготовленности и состояния сердечно-сосудистой системы данной группы студентов. В исследовании использованы Гарвардский степ-тест, проба Мартине-Кушелевского и биоимпедансометрия для получения объективных данных о физическом состоянии участников. Результаты исследования могут быть полезны для разработки эффективных программ физического воспитания, направленных на улучшение здоровья и физической формы студентов технических специальностей.

**Ключевые слова:** функциональное состояние организма, сердечно-сосудистая система, физическая работоспособность, оценка физической подготовки, здоровый образ жизни студентов.

## Assessment of students' functional state based on the analysis of cardiovascular and morphofunctional indicators

**P.O. Fedorov\***

National State University of Physical Education, Sport and Health named after P.F. Lesgaft, 35 Dekabristov St., St. Petersburg, Russia

\*E-mail: [pasha-swimming99@mail.ru](mailto:pasha-swimming99@mail.ru)

**Abstract.** This article examines the study of the functional state of male students enrolled in technical specialties. The aim of the study is to assess the physical fitness and cardiovascular condition of this group of students. The research utilized the Harvard step test, the Martinet-Kushelevsky test, and bioimpedance analysis to obtain objective data on the participants' physical condition. The study results may be useful for developing effective physical education programs aimed at improving the health and physical fitness of technical specialty students.

**Keywords:** functional state of the body, cardiovascular system, physical performance, assessment of physical fitness, healthy lifestyle of students.

## 1. Введение

Физическое состояние студентов является важным показателем их общего здоровья и способности к эффективному обучению [1]. Именно поэтому Правительство Российской Федерации утвердило Стратегию развития физической культуры и спорта на период до 2030 года. Основной целью данной Стратегии является формирование условий, обеспечивающих равные возможности для граждан вести здоровый образ жизни и систематически заниматься физической культурой и спортом [2, 3].

Особое внимание следует уделять студентам технических специальностей, которые часто сталкиваются с повышенными умственными нагрузками и малоподвижным образом жизни, что может негативно сказываться на их физическом состоянии. Ряд исследований подчеркивает необходимость регулярной оценки физической подготовленности студентов для своевременного выявления отклонений и разработки соответствующих коррекционных мероприятий [5].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Разработка рекомендаций по оптимизации физической активности и укреплению здоровья студентов мужского пола, обучающихся по техническим специальностям, на основе оценки функционального состояния, физической подготовленности и состояния сердечно-сосудистой системы с использованием методов Гарвардского степ-теста, пробы Мартине-Кушелевского и биоимпедансометрии.

## 3. Методы и материалы исследования

В исследовании приняли участие 11 студентов мужского пола в возрасте от 18 до 24 лет, обучающихся по техническим специальностям. Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании.

Процедура исследования включала следующие этапы:

- Проведение Гарвардского степ-теста: участники выполняли подьёмы на ступень высотой 50 см с частотой 30 раз в минуту в течение 5 минут или до наступления утомления. После окончания теста измерялась частота пульса в течение первых 30 секунд восстановления [4, 6, 7].
- Проба Мартине-Кушелевского: измерение частоты сердечных сокращений и артериального давления в покое, затем выполнение 20 приседаний за 30 секунд, после чего повторное измерение показателей [4, 6, 7].



- Биоимпедансометрия: определение состава тела с использованием специализированного оборудования, позволяющего измерить процентное содержание жировой и мышечной массы, а также общий уровень гидратации организма [4, 6, 7].

Собранные данные были обработаны статистически с использованием программного обеспечения Statgraphics.

Применение данных методов в комплексе позволило получить всестороннюю оценку функционального состояния студентов и разработать рекомендации по оптимизации их физической активности и образа жизни.

#### 4. Полученные результаты

В результате проведенного исследования были получены следующие результаты: показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов.

**Таблица 1.** Показатели морфофункционального состояния студентов.

n	Возраст	Рост	Масса	% ж.м. <sup>а</sup>	% воды <sup>б</sup>	% м. м. <sup>в</sup>	САД <sup>г</sup>	ДАД <sup>д</sup>	ЧСС <sup>е</sup>
11	21,0±0,63	181,82±1,44	78,67±3,38	19,63±1,07	59,17±0,38	46,72±0,45	128,73±2,13	73,36±1,90	63,36±2,04

<sup>а</sup> Процентное соотношение жировой от общей массы тела.

<sup>б</sup> Процентное соотношение содержания воды от общей массы тела.

<sup>в</sup> Процентное соотношение мышечной от общей массы тела.

<sup>г</sup> Систолическое артериальное давление.

<sup>д</sup> Диастолическое артериальное давление.

<sup>е</sup> Частота сердечных сокращений.

Анализ состава тела студентов. Результаты биоимпедансометрического исследования позволили определить основные параметры состава тела студентов, включая: индекс массы тела (ИМТ), процентное содержание жировой и мышечной массы, уровень гидратации.

В ходе исследования оценка индекса массы тела (ИМТ), являлась интегральным критерием соотношения массы и роста и широко применяется для оценки физического состояния человека. Среднее значение ИМТ среди обследуемых составило  $23,72 \pm 0,74$  кг/м<sup>2</sup>, что соответствует нормальному диапазону согласно критериям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и представленной классификации (таблица 1).

**Таблица 2.** Подсчет индекса массы тела.

Индекс массы тела	Соответствие между массой человека и его ростом
15 и менее	Острый дефицит массы тела
15-20	Недостаточная масса тела
20-25	Норма
25-30	Избыточная масса тела
30-35	Ожирение первой степени
35-40	Ожирение второй степени
40 и более	Ожирение третьей степени

В то же время у 9,1% зафиксированы значения выше 25 кг/м<sup>2</sup>, что свидетельствует о наличии избыточной массы или начальных проявлений избыточного жираотложения.

Процент жировой массы в результате анализа данных исследования показал, что средний процент жировой массы среди обследуемых составил  $19,63 \pm 1,07\%$ . В соответствии с нормативными показателями, оптимальный уровень жировой массы для мужчин в возрасте 18-25 лет составляет 10-20%, что считается физиологической нормой и не оказывает отрицательного влияния на здоровье и физическую работоспособность.

Анализ результатов биоимпедансометрического исследования показал, что средний процент мышечной массы среди обследуемых составил  $46,72 \pm 0,45\%$ . Согласно имеющимся нормативным данным, для мужчин в возрасте 18–25 лет данный показатель в пределах 42-54% считается физиологической нормой, отражающей достаточное развитие скелетной мускулатуры и удовлетворительный уровень физической подготовки.

В ходе исследования уровень гидратации у обследуемых составил  $59,17 \pm 0,38\%$ . Сравнение с нормативными значениями показывает, что данный показатель находится в пределах физиологической нормы для мужчин (55-65%) в возрастной группе 18-25 лет.

Реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузку производилась с помощью пробы Мартине-Кушелевского и Гарвардского степ-теста, результаты представлены в таблице 3.

**Таблица 3.** Результаты пробы Мартине-Кушелевского.

Проба Мартине-Кушелевского					
Время восстановления	Объем выборки (n)	1-я минута	2-я минута	3-я минута	
ЧСС	$x \pm Sx$	11	$86,64 \pm 2,93$	$62,18 \pm 1,87$	$64,45 \pm 1,79$
САД	$x \pm Sx$	11	$145,09 \pm 3,96$	$131,0 \pm 2,0$	$128,90 \pm 2,47$
ДАД	$x \pm Sx$	11	$75,09 \pm 3,10$	$70,63 \pm 2,92$	$66,54 \pm 2,08$

Анализ пробы позволил выявить особенности реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку. Средние показатели увеличения частоты сердечных сокращений (ЧСС) после выполнения функциональной пробы составили  $86,64 \pm 2,93$  уд./мин, что соответствует нормальной реакции организма. Процент прироста ЧСС составил  $37,12 \pm 3,30$  %, что соответствует нормотоническому типу реакции и оценивается как благоприятное. Время восстановления исходных значений ЧСС варьировалось от 90 секунд до 180 секунд, что свидетельствует о достаточной функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы и оценивается как благоприятная.

Дополнительно были проанализированы показатели артериального давления (АД) до и после выполнения нагрузки. Среднее значение систолического давления до выполнения теста составило  $128,73 \pm 2,13$  мм рт. ст., а после нагрузки увеличилось в среднем на  $16,36 \pm 3,30$  мм рт. ст., что свидетельствует о физиологической (нормотонический тип) реакции организма. Диастолическое давление демонстрировало  $73,36 \pm 1,90$  мм рт. ст., ответная реакция организма показала следующие изменения, а именно прирост  $2,44 \pm 3,41$  % мм рт. ст., составил, что также коррелировало с индивидуальными уровнями физической подготовленности.

Оценка показателя качества реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку показала следующие результаты  $0,74 \pm 0,18$ , что реакция на физическую нагрузку считается нормотонической и оценивается как хорошая.

**Таблица 4.** Показатели качества реакции ССС на нагрузку (усл. ед).

Нерациональная	Более 1,0 усл. ед.
Хорошая	0,5-1,0 усл. ед.
Удовлетворительная	0,3-0,4 усл. ед.
Нерациональная	0,1-0,2 усл. ед.

Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы осуществлялась на основе данных Гарвардского степ-теста, который является одним из наиболее информативных методов определения аэробной выносливости и оценки общей физической работоспособности.

**Таблица 5.** Результаты Гарвардского степ-теста.

Гарвардский степ-тест	
Объем выборки (n)	ИГСТ
11	$113,48 \pm 4,33$

Средний показатель Индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ) среди обследуемых студентов составил  $113,48 \pm 4,33$  усл. ед., что соответствует очень хорошему уровню выносливости и свидетельствует о высоких компенсаторно-приспособительных возможностях сердечно-сосудистой системы.

Детальный анализ индивидуальных показателей ИГСТ позволил выделить группы студентов с различными уровнями физической подготовленности. У 81,8% обследуемых были зарегистрированы значения ИГСТ, соответствующие высокой физической работоспособности, что указывает на эффективное функционирование механизмов доставки и утилизации кислорода, а также на достаточный уровень адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам. В то же время у 18,2% студентов выявлены показатели, относящиеся к категории «хорошая физическая работоспособность», что, хотя и не свидетельствует о серьезных отклонениях, может указывать на недостаточную адаптацию сердечно-сосудистой системы к интенсивным физическим нагрузкам, а также на возможное наличие факторов, ограничивающих их аэробную производительность.

**Таблица 6.** Оценка физической работоспособности по величине ИГСТ.

ИГСТ	Физическая работоспособность
50 и ниже	Очень плохая
51-60	Плохая
61-70	Средняя
71-80	Хорошая
81-90	Очень хорошая

## 5. Выводы

В ходе исследования проведена комплексная оценка функционального состояния студентов с использованием Гарвардского степ-теста, пробы Мартине-Кушелевского и биоимпедансометрии. Средний индекс Гарвардского степ-теста составил  $113,48 \pm 4,33$  усл. ед., что соответствует очень хорошему уровню выносливости. У 81,8% испытуемых выявлена высокая физическая работоспособность, а у 18,2% – умеренная, что может свидетельствовать о недостаточной адаптации к нагрузкам.

Реакция сердечно-сосудистой системы соответствовала физиологической норме: средний прирост ЧСС составил  $37,12 \pm 3,30\%$ , а время восстановления варьировалось от 90 до 150 секунд. Среднее систолическое АД увеличилось после нагрузки на  $16,36 \pm 3,30$

мм рт. ст., а диастолическое – на  $2,44 \pm 3,41\%$ , что также коррелировало с уровнем физической подготовки.

Средний ИМТ составил  $23,72 \pm 0,74$  кг/м<sup>2</sup>, однако 9,1% испытуемых имели избыточную массу тела ( $>25$  кг/м<sup>2</sup>). Процент жировой массы составил  $19,63 \pm 1,08\%$  (в пределах нормы 10–20%), мышечной –  $46,72 \pm 0,46\%$  (норма 42–54%), а уровень гидратации –  $59,17 \pm 0,38\%$ , что соответствует оптимальным значениям.

Таким образом, у большинства студентов отмечается достаточный уровень физической подготовленности, однако у части выявлены отклонения, требующие корректировки двигательной активности. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка персонализированных программ физической подготовки с учетом индивидуальных особенностей организма.

### Список литературы

1. Григорьева, А. М. Оценка физического и функционального состояния организма студентов ПЕТРГУ / А. М. Григорьева, Е. Н. Чингина // Качество жизни: современные вызовы и векторы развития: Материалы II Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции (г. Петрозаводск, 29–30 октября 2020 г.) / Редколлегия: В.М. Кирилина, Т.С. Дмитриева, С.О. Захарченко. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2020. – С. 62-67.
2. Стратегия 2030. Министерство спорта Российской Федерации: сайт. – URL: <https://www.minsport.gov.ru/activity/strategy/> (дата обращения 12.02.2025).
3. Проскурина, Е. Ф. Стратегия развития физической культуры и спорта до 2030 года / Е. Ф. Проскурина, А. В. Терешкина // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 114-8. – С. 89-91.
4. Токарева, А. В. Самоконтроль и методы оценки физического и функционального состояния студентов: учебное пособие / А. В. Токарева, В. Д. Гетьман, Л. Б. Ефимова-Комарова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 104 с.
5. Палагина, Н. И. Оптимизация физической подготовки студентов на основе оценки двигательных способностей: специальность 13.00.04 «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры», 13.00.08 «Теория и методика профессионального

- образования»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Палагина Надежда Ивановна. – Йошкар-Ола, 2005. – 24 с.
6. Буйкова, О. М. Функциональные пробы в лечебной и массовой физической культуре: учебное пособие / О. М. Буйкова, Г. И. Булнаева; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Курс лечебной физкультуры и спортивной медицины, Кафедра физического воспитания – Иркутск: ИГМУ, 2017. – 24 с.
7. Рябцев, С.М. Неинвазивные методы исследования функционального состояния организма занимающихся физической культурой и спортом: учебно-методическое пособие / С.М. Рябцев, Т.А. Жмурова; Севастопольский государственный университет, Институт фундаментальной медицины и здоровьесбережения, кафедра «Физвоспитание и спорт». – Севастополь: СевГУ, 2024. – 103 с.

УДК 930.1

EDN  
[WZGPYD](#)

## Особенности формирования российской системы учета населения (переписи, паспорта) в разные исторические периоды

**А.А. Силантьева\***

Российский государственный университет социальных технологий,  
Лосиноостровская, 49, Москва, 107150, Россия

\*E-mail: [annasilanteva24006@mail.ru](mailto:annasilanteva24006@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с зарождением системы учета и регистрации населения, проживающего на территории российского государства. Доказана связь данных процессов с социально-экономическим развитием государства, с его формированием в качестве централизованного. Строгая система учета позволяет обеспечивать развитие государства, отслеживать миграционные процессы, реагировать на правонарушения, определять перспективы развития.

**Ключевые слова:** учет населения, переписи, паспорта.

## Features of the formation of the Russian population accounting system (censuses, passports) in different historical periods

**A.A. Silantieva\***

Russian State University of Social Technologies, Losinoostrovskaya 49, Moscow,  
107150, Russia

\*E-mail: [annasilanteva24006@mail.ru](mailto:annasilanteva24006@mail.ru)

**Abstract.** The article deals issues related to the origin of the accounting system and registration of the population in Russia. The connection of these processes with the socio-economic development of the state, with its formation as a centralized one, is proved. The accounting system makes it possible to ensure the development of the state, monitor migration processes, respond to offenses and determine development prospects.

**Keywords:** population accounting, censuses, passport.



## 1. Введение

Богатством любой страны является ее народ, который обеспечивает экономическое могущество государства (за счет налогов), безопасность, создает свою, особую, культуру. Достичь всего этого невозможно без строгой системы учета населения и по возрастному составу, и по уровню образования, этнической и религиозной принадлежности. Помимо этого, учет численности населения позволяет составить программу развития страны на перспективу.

## 2. Постановка задачи

Целью исследования является анализ этапов формирования системы учета населения российского государства.

В связи с этим определены и основные задачи исследования:

- изучение особенностей формирования системы учета населения (переписи, паспорта) в разные исторические периоды;
- выявление положительных и отрицательных сторон в этой деятельности в целях совершенствования современной системы паспортизации населения.

## 3. Методы и материалы исследования

Основными методологическими принципами при подготовке статьи являлись принципы историзма и всесторонности, а также сравнительный и проблемный анализ [1]

Итак, учет населения России в разные исторические периоды осуществлялся с помощью переписи или как часто ее называли «сказок». Также достаточно действенным инструментом контроля за передвижением граждан являлась справка, которую позже стали называть паспортом. Само слово паспорт латинского происхождения и означало предоставление свободы для раба. а в словаре В.И. Даля – это письмо для прохода.

Изучение данного вопроса всегда представляло большой интерес для исследователей, так как позволяло проследить важнейшие этапы становления и укрепления централизованной государственной власти.

Что касается времени начала переписи населения, то в этой связи интересна работа А.С. Лаппо-Данилевского («Организация прямого обложения в Московском государстве со времени Смуты до эпохи преобразований», 1890 г.), в которой он рассматривает переписные книги как важный источник, хотя и не совсем достоверный. Одновременно отмечается факт того, что Европа в этом смысле отставала от России [2]. Точку зрения Лаппо-Данилевского разделяли И.Н. Миклашевский, отчасти Н.А. Рожков.

Однако в целом, по их мнению, переписи имели важное значение и в налоговой, и в государственной политике.

А.Г. Маньков указывал, что переписные книги конца XVII в. позволили, в конечном итоге, закрепить крестьян [2]. В работе В.А. Романовского («Перепись населения Левобережной Украины 1666 года, ее организация и критическая оценка», 1965 г.), представлен анализ писцовых книг на уровне региона, а именно на Левобережной Украине.

Большой интерес представляет коллективный труд Л.В. Милова, М.Б. Булгакова, И.М. Гарсковой, в котором писцовые книги характеризовались как важный исторический источник [2].

В работах современных исследователей Ю.Г. Галая, А.М. Корж, В.М. Курицина, И.Ю. Полякова и др. особое внимание уделяется работе полицейских органов, отвечающих за функционирование паспортной системы России [1].

#### **4. Результаты и обсуждение**

Итак, рассмотрим подробнее, какую роль играли переписи населения в процессе становления и развития российского централизованного государства и когда же в России стала формироваться паспортная система.

Учет жителей Московского царства был проведен в 1620-е гг. Он позволял учесть размер земельного фонда для его лучшего использования, улучшить управление регионами, вошедшими в состав России и укрепить центральную власть. Так, указ государя Федора Алексеевича от 1677 г. содержал точные инструкции о том, как проводить перепись, и кто подлежит учету (в основном, мужчины). С 1675 г., в последние годы жизни царя Алексея Михайловича, начался церковный учет (учитывались лица, проживающие в мужских монастырях), а с 1722 г., при Петре I, стало обязательным ведение метрических книг, фиксирующих сведения о родившихся, брачующихся, умерших.

Большую роль в развитии системы учета населения сыграли ревизии, проводимые при Петре I (с 1719 г.). Они позволили усовершенствовать учет лиц мужского пола для последующего введения подушной подати, рекрутской повинности, укрепили систему государственного управления. Однако к концу XVIII в. список налогоплательщиков изменился. Из него были исключены представители дворянства, духовенства, солдаты в отставке, служащие армии, флота, купцы 1 и 2 гильдии. А с 1755 г. при Елизавете

Петровне вводились городские обывательские книги, в которых обязательно давалась точная информация о человеке (его прозвище, где живет, чем владеет).

По мере укрепления централизованного государства, совершенствовались и формы ревизий. К участию в переписях часто привлекались (начиная с Петра I) военные. Со второй половины XVIII в. вместо ревизий вводится административно-полицейский учет, требующий учитывать пол, сословие и пр. данные населения.

Начатая при Александре II и продолженная при Александре III военная реформа, отменившая рекрутскую повинность, изменила и порядок учета населения. Теперь составлялись списки лиц мужского пола для призыва в армию.

Первая всеобщая перепись населения Российской империи была проведена в 1897 г., она давала достаточно полную характеристику опрашиваемых (в селах крестьянский двор, в городах - квартира). Специально перед ее проведением изучался опыт Англии, Франции.

Таким образом, по мере укрепления взаимодействия всех институтов власти на разных уровнях, совершенствовался и механизм учета населения, закончившийся всеобщей переписью. Следовательно, совершенствование системы учета населения свидетельствует об укреплении и развитии централизованного государства.

Однако, необходимость учета населения, его миграции напрямую была связана и с социально-экономическим, политическим развитием страны. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Ряд источников подтверждают факт наличия своеобразной регистрации населения еще в 945 г. В частности, из текста Лаврентьевской летописи следует, что купцы, осуществляющие торговлю за пределами государства, получали грамоты для обозначения своих кораблей [3]. Своеобразное подтверждение («знаток») личности лица, не состоявшего в общине, требовалось от общинники знакомого с ним [3]. Также в Новгороде уже с XIII в. в связи с тем, что он торговал со многими странами и часто принимал у себя большое количество иностранцев, им вручались грамоты для обозначения личности. Были и такие иностранцы, которых записывали в специальные книги, так как их деятельность в Новгороде была связана с некоторыми преступными деяниями [4]. Нередко соотечественники, прибывшие из заграницы и дурно влияющие на местное население, уже с XV-XVI вв. получали такие грамоты. Государство с их

помощью контролировало их поведение. Однако, необходимо признать, что люди, не имеющие грамот, могли проехать через заставы, где грамоты и не спрашивали.

Уже с XIV в. вводится налог на земельные участки – «соха». Описывалось состояние земли, лицо, на ней проживающее, повинности и все это заносилось в писцовые книги. В это же время активно применяются «проезжие» грамоты для иностранцев, въезжающих в Россию, и русских, ее покидающих с разными, в основном с торговыми, целями.

Первый Свод законов Московского государства, Судебник Ивана III, повествует о выдаче отпускных холопам, отпущенным на волю, и перечисляется круг лиц, которые могут это делать: холоповладельцы и приказчики. Однако в связи со злоупотреблениями, порядок выдачи отпускных ужесточился при Иване IV. Подобные документы могли выдавать только в Москве, Новгороде и Пскове. Последствия Ливонской войны, разруха, бегство крестьян вынудили Федора Алексеевича провести перепись холопов и наличие у них «отпускной» грамоты как бы удостоверяло их личность. Грамоты продолжали выдаваться торговым людям и по Соборному Уложению 1649 г. [3].

Конечно, переломным в этом плане стала эпоха Петра I. Войны, налоги, подушная подать, необходимость набора в рекруты, требовали ужесточить контроль за населением. Поэтому разным категориям населения выдавали своеобразные бумаги для передвижения, которые можно назвать, одним словом, «ПАС» (от французского-пропуск). В июле 1724 г. Петр I подписал законодательный акт «Плакат», для сбора налога с каждой души мужского пола. Он же рассматривался в качестве регистрации податного сельского населения.

В начале XIX в. Указом 1803 г. вводились печатные паспорта и вплоть до конца XIX в. основным законом являлся Устав о паспортах и беглых. Он обязывал полицию осуществлять паспортный контроль в государстве. Отмена крепостного права в 1861 г. потребовала срочного реформирования паспортной системы в России. Новые документы стали выдаваться с 1895 г. Ответственность за нарушение паспортного режима была ослаблена, что объяснялось необходимостью передвижения большого количества людей в разные местности по хозяйственным делам. Одновременно велась огромная подготовительная работа по проведению всеобщей переписи населения, которая и была проведена в 1897 г.

Таким образом, социально-экономическое и политическое развитие страны требовало и усовершенствования паспортной системы России.

События октября 1917 г. коренным образом изменили и порядок регистрации граждан. Советская власть с помощью нормативно-правовых актов (приказов, Декретов, писем) жестко регламентировала порядок выезда из России и въезда в нее. В связи с проведением политики «военного коммунизма» и введением всеобщей трудовой повинности сначала для эксплуататорских классов, а затем и для всех, был принят Декрет «О Трудовых книжках нетрудящихся» [5]. За их выдачу отвечала милиция.

Тяжелая обстановка в стране в период гражданской войны вызвала необходимость ввода единого документа для всех граждан – паспортов, в которые вносились сведения и о служебном, и общественном положении, а также делалась отметка о лицах, лишенных избирательных прав. Однако работа в этом плане не была завершена и уже после победы большевиков в Гражданской войне с 1 января 1924 г. вводились новые удостоверения личности.

Однако получение паспортов было не обязательным вплоть до 1932 г. В паспортах образца 1932 года указывались следующие сведения: имя, отчество, фамилия, время и место рождения, национальность, социальное положение постоянное местожительство и место работы, прохождение обязательной военной службы и документы, на основании которых выдавался паспорт. В годы Великой Отечественной войны контроль за передвижением граждан был ужесточен. Все лица, не имеющие удостоверения личности, подвергались тщательной проверке.

С 1953 г. в СССР устанавливался единый образец паспорта, а с 1959 г. для лиц, выезжающих за границу (дипломаты и пр.), устанавливался особый документ. В 1960-е гг. паспорта стали выдаваться сельским жителям. Новой вехой в усовершенствовании паспортного контроля стало принятие в 1974 г. Положения о паспортной системе в СССР. Паспорт выдавался с 16 лет и не ограничивался никаким сроком (только клеивались три фотографии по достижении определенного возраста) [6].

Совершенствование паспортной системы продолжилось и после распада Советского Союза. В 1993 г. в ст. 27 Конституции 1993 г. указывалось на право граждан Российской Федерации на свободное передвижение внутри страны и свободный выезд за ее пределы. А Указом Президента РФ от 1997 г. вводится для граждан России единый

документ, удостоверяющий личность – паспорт. Таким паспортом мы пользуемся и сегодня.

## 5. Выводы

1. Зарождение системы регистрации и паспортизации граждан вызвано:

- необходимостью контроля за миграционными процессами в разные исторические периоды;
- социально-экономическими причинами: расширение торговых связей между городами, регионами и иностранными государствами;
- необходимостью совершенствования налоговой системы, укрепления безопасности государства (набор рекрутов и призыв на военную службу), контроль за иностранными гражданами на территории государства российского;
- формирование у населения законопослушного поведения;
- необходимостью самоидентификации граждан, их стремлением к сохранению своих национальных традиций и религиозной принадлежности.

2. В процессе формирования системы регистрации и паспортизации имели место положительные и отрицательные стороны:

- совершенствование порядка учета граждан определялось конкретной исторической ситуацией, что, безусловно, положительный момент;
- наличие возможности несоблюдения или обхода существующего порядка учета граждан – отрицательный фактор.

## Список литературы

1. Николаева, Т.Б. Паспортная система России: формирование и механизм функционирования во второй половине XVII-начале XX в. (историко-правовой анализ): диссертация ... канд. юр. наук: 12.00.01 / Т.Б. Николаева. – Нижний Новгород, 2003. – 221 с.
2. Борщик, Н.Д. Эволюция государственной системы учета населения России в XVII-XIX столетиях: автореферат диссертации... д-ра ист. наук: 07.00.02 / Н.Д. Борщик. – Курск, 2010.
3. Тарасова, О.Е. Особенности зарождения отечественной паспортной системы / О.Е. Тарасова, О.П. Грушовец // Исторические, философские, политические и

- юридические науки, культурологические и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 12(86). – С.181-184
4. Ключевский, В.О. Сочинения в 9-ти томах / В.О. Ключевский. – М., 1988. – Т. 3. – С. 95.
  5. Декрет ВЦИК и СНК РСФСР от 20 июня 1923 г. ст. 13 «Об удостоверении Декрет Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета и Совета Народных Комиссаров. Об удостоверении личности. 20 июня 1923 года // Опубликовано в № 139 Известий Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета Советов от 29 июня 1923 года // Собрание узаконений и распоряжений Рабочего и Крестьянского правительства за 1923 г. – № 61-77. – Отдел первый-м. Б.г.(178).
  6. Рябов, Ю.С. Советская паспортная система / Ю.С. Рябов. – М., 1978. – С.11.



УДК 004.9

EDN  
[XFWOVA](#)

## Математические аспекты квалиметрии профессиональных знаний

К.В. Портнов<sup>1\*</sup>, Н.Ю. Портнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный экономический университет, ул. Советской армии, 141, Самара, 443090, Россия

<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, Самара, 443100, Россия

\*E-mail: sk7@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье мы затрагиваем весьма важную проблематику, связанную с определением уровня профессиональных знаний в различных сферах деятельности. Это позволяет оценить степень профессионализма работников, задействованных в производственном процессе или в сфере услуг. Объективная оценка знаний – это ключ к независимой оценке квалификации, что, в свою очередь, влияет на качество подготовки специалистов. Понимание специфики задач, стоящих перед людьми, ответственными за кадровые решения, определяет методику проведения оценки и выбор используемых инструментов. В статье мы анализируем основные методы и подходы, применяемые в области квалиметрии, оцениваем их сильные и слабые стороны, а также выделяем ключевые моменты в оценке знаний. Поставленные вопросы обладают высокой актуальностью и могут быть дополнительно разрабатываться в рамках изучения программных систем оценки знаний и их качества.

**Ключевые слова:** квалиметрия профессиональных знаний, оценка знаний, оценка профессиональных компетенций, инструменты оценки знаний, цифровизации экономики, проблемы оценки знаний.

## Mathematical aspects of qualimetry of professional knowledge

K.V. Portnov<sup>1\*</sup>, N.Y. Portnova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State University of Economics, 141 Sovetskoy Army st., Samara, 443090, Russia

<sup>2</sup>Samara State Technical University, 244 Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

\*E-mail: sk7@mail.ru

**Abstract.** In this article, we touch upon a very important issue related to determining the level of professional knowledge in various fields of activity. This allows us to assess the degree of professionalism of workers involved in the production process or in the service sector. Objective assessment of knowledge is the key to an independent assessment of qualifications, which, in turn, affects the quality of training of specialists. Understanding the specifics of the tasks facing people responsible for personnel decisions determines the methodology for conducting assessment and the choice of tools used. In the article, we analyze the main methods and approaches used in the field of qualimetry, evaluate their strengths and weaknesses, and highlight key points in knowledge assessment. The questions posed are highly relevant and can be further developed as part of the study of software systems for assessing knowledge and its quality.

**Keywords:** qualimetry of professional knowledge, knowledge assessment, assessment of professional competencies, knowledge assessment tools, digitalization of the economy, knowledge assessment problems.

## 1. Введение

Профессиональные компетенции являются фундаментальным элементом квалификации в определенной сфере деятельности и занимают центральное место в структуре профессионального и высшего образования. В исторической перспективе наличие формального диплома часто служило индикатором обладания соответствующими компетенциями. Тем не менее, в контексте современных реалий профессиональные компетенции подвергаются воздействию новых вызовов и условий [1]. Прогресс в области технологий, трансформации в сфере занятости и эволюция формы трудовой деятельности, с одной стороны, и расширение возможностей доступа к высшему образованию с другой стороны, привели к тому, что ранее полученные знания и специализированные профессиональные умения могут быстро терять свою актуальность. Вследствие чего знания утрачивают свою актуальность, а диплом перестает быть индикатором уровня квалификации соискателя на рынке труда. В современных условиях непрерывное образование приобретает популярность, как инструмент поддержания и повышения производительности труда через регулярное обновление профессиональных компетенций [3]. Для эффективного развития профессиональных навыков в рамках систем непрерывного и формального образования необходимо разработать адекватные методологии оценки профессиональных знаний [5].

## 2. Цель исследования

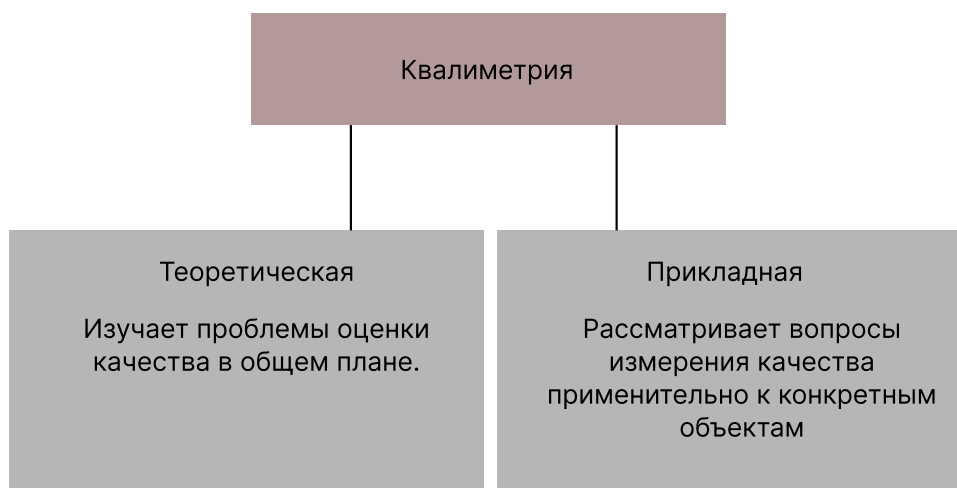
Целью настоящего исследования является исследование математических аспектов и последовательность процедур при проведении оценки профессиональных знаний.

## 3. Материалы и методы

Внедрение новых стандартов использующих компетентностный подход, отражает существенный прогресс в системе образования нашей страны. Это способствует эффективному решению актуальной задачи интеграции теоретических знаний с практическими навыками, что обеспечивает «прагматизацию» образовательного процесса. Обучение теперь направлено не на усвоение абстрактных теоретических концепций, а на освоение конкретных методов и технологий деятельности, что в целом способствует повышению продуктивности образовательного процесса.

Квалиметрия, как дисциплина, обладающая значительным потенциалом для глубокого и всестороннего изучения, может быть условно классифицирована на теоретическую и прикладную.

Теоретическая квалиметрия занимается фундаментальными аспектами и принципами, лежащими в основе этой науки, включая разработку новых методов и подходов, а также углубленное исследование существующих теорий<sup>2</sup>. В свою очередь, прикладная квалиметрия ориентирована на практическое применение теоретических знаний по оценке качества, в областях промышленности, медицины, экологии и многих других. Это разделение условно представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Разделы квалиметрии.

Квалиметрия, будучи развивающейся научной областью, характеризуется отсутствием единого мнения среди специалистов по многочисленным вопросам, что свидетельствует о её стадии становления [3]. Квалиметрия представляет собой научную дисциплину с междисциплинарным подходом, которая интегрируется с разнообразными областями инженерии. Она охватывает такие сферы, как стандартизация, метрология, экономика, организация производственных процессов, правоведение и психология. В дополнение к этому, квалиметрия включает в себя разнообразные математические теоретические конструкции, что свидетельствует о её комплексности и многоаспектности.

Одной из современных проблем квалиметрии является применение математических методов для анализа и оценки качества [2]. Эти методы требуют

глубокого понимания, точности и обоснования. На их основе производится интерпретация полученных данных в контексте реальных условий и требований рынка.

Математические методы, используемые в квалиметрии профессиональных знаний, представляют собой методологии, позволяющие количественно оценивать уровень знаний, умений и навыков специалистов в различных областях. Квалиметрия, как наука о качественной оценке, использует математические и статистические методы для анализа и интерпретации данных, связанных с профессиональной подготовкой и компетенциями. Данный подход способствует формированию объективной и научно подтвержденной системы оценки компетенций, что повышает эффективность образовательного процесса.

#### 4. Результаты и обсуждение

Оценка профессиональных компетенций представляет собой ключевой элемент в системе обеспечения качества подготовки специалистов. Порядок процедур при проведении квалиметрии профессиональных знаний можно условно представить схемой, изображенной на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Последовательность процедур при квалиметрии профессиональных знаний.

На первом шаге необходимо определить критерии, по которым будет проводиться оценка профессиональных знаний. Это могут быть теоретические знания, практические навыки, умение решать задачи, применять знания в реальных ситуациях [6].

Второй шаг связан с количественной оценкой и созданием шкалы и метрик, которые позволят преобразовать качественные характеристики в количественные. Например, можно использовать пятибалльную или десятибалльную шкалу, где каждый балл соответствует определенному уровню знаний.

Далее необходимо собрать данные о знаниях и навыках специалистов. Это может быть сделано через тестирование, анкетирование, практические задания или оценку результатов работы.

После чего проводится статистический анализ, использующий или описательную статистику или специализированные методы. К ним можно отнести корреляционный и факторный анализ. Первый позволяет выявить взаимосвязи между различными критериями оценки, например, между теоретическими знаниями и практическими навыками, а другой помогает определить основные факторы, влияющие на уровень профессиональных знаний.

На основании полученных обработанных данных, необходимо получить качественную интерпретацию, т.е. интерпретировать в контексте профессиональной подготовки. Это может включать анализ сильных и слабых сторон специалистов, а также рекомендации по улучшению образовательных программ.

Для более наглядного представления результатов можно использовать графики, диаграммы и таблицы, что поможет лучше понять распределение знаний и выявить ключевые тенденции.

Важным аспектом является необходимость трансформации статических моделей оценки компетенций в динамические модели, способные отражать эволюцию компетенций в соответствии с актуальными тенденциями социального развития.

## 5. Заключение

Учитывая вышеуказанное, авторами была сформулирована последовательность процедур при разработке методик связанных с оценкой профессиональных знаний студентов и специалистов. Мы считаем, что сложность задачи обеспечения высокого качества образования на всех уровнях обучения требует комплексного подхода к ее

решению. Основой для такого подхода может стать методология педагогической квалиметрии.

### Список литературы

1. Портнов, К. В. Разработка информационной системы на основе многофакторной логистической регрессии / К.В. Портнов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2012. – № 2-3. – С. 129-133.
2. Олин, Р.А. Разработка автоматизированной информационной системы скоринга на основе многофакторной логистической регрессии / Р.А. Олин, Е.А. Харитоновна // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2024. – № 3. – С. 157-167.
3. Портнов, К. В. Информационные технологии в оценке показателя лояльности клиентов / К.В. Портнов // В мире научных открытий. – 2011. – № 3(15). – С. 254-258.
4. Портнов, К. В. Анализ задачи оценки лояльности в деятельности компаний в сфере профессиональных услуг / К.В. Портнов // Проблемы развития предприятий: теория и практика. – 2020. – № 1-2. – С. 241-244.
5. Ларкина, А. А. Алгоритм формирования обучающей выборки на основе метода кластеризации / А. А. Ларкина // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2024. – № 6. – С. 38-42.
6. Олин, Р. А. Инновационный менеджмент предприятия в условиях взаимодействия с машинными клиентами и автономными агентами на основе искусственного интеллекта/ Р. А. Олин // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2024. – № 3. – С. 218-224.

УДК 378.14.014.13

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.2008>

EDN

[XPGIKU](#)

## Формирование готовности к медиации и медиативной компетентности у студентов вуза

**Н.С. Соловьева\***

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа лингвистики и педагогики, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: [kiseleva\\_ns@spbstu.ru](mailto:kiseleva_ns@spbstu.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены перспективы и проблемы развития медиации в среде вуза. Проанализированы преимущества введения медиативных компетенций в профессиональную подготовку студентов. Представлены данные исследования готовности студентов старших курсов к медиации.

**Ключевые слова:** медиация, готовность к медиации, медиативная компетентность, служба медиации.

## Formation of readiness for mediation and mediatory competence in students

**N.S. Solovyeva\***

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Higher School of Linguistics and Pedagogy, Saint Petersburg, Russia

\*E-mail: [kiseleva\\_ns@spbstu.ru](mailto:kiseleva_ns@spbstu.ru)

**Abstract.** The article discusses the prospects and problems of the development of mediation in a university environment. The advantages of introducing mediation competencies into the professional training of students are analyzed. Data from a study of senior year students' readiness for mediation are presented.

**Keywords:** mediation, readiness for mediation, mediation competence, mediation service.



## 1. Введение

Современные требования к подготовке специалистов в высшей школе ставят перед профессорско-преподавательским составом вуза новые цели и задачи. Важность развития медиативных компетенций у студентов, будущих профессионалов, обусловлена тем, что конфликты в любой организации, учреждении или производственном предприятии неизбежны. Специалисты, обладающие медиативными навыками, не только повышают свою профессиональную эффективность, но и способствуют формированию психологически безопасной среды в организации, что положительно сказывается на всех участников процесса. И в настоящее обсуждается такой феномен как «медиативная культура отношений», которая еще проходит этап осмысления специалистами в области педагогики и психологии.

## 2. Материалы и методы

Медиация как процедура урегулирования споров с участием медиатора, нейтрального, независимого лица в качестве посредника, ориентирована на поиск конструктивных и взаимовыгодных для конфликтующих сторон решений.

Прежде всего охарактеризуем среду образовательной организации высшего образования в аспекте возможности применения медиативного подхода. Во-первых, участники данной структуры – студенты, профессорско-преподавательский состав, администрация и т. д. – это все совершеннолетние полноправные субъекты взаимоотношений, что позволяет использовать процедуру медиации.

Во-вторых, как и в любой системе, в вузах присутствует большое количество потенциальных конфликтогенов, будь то сами люди, их интересы или ценности, существующие или потенциальные противоречия, что и является основой применения медиативных практик.

В-третьих, конфликтность, присущая образовательной среде вуза, как и любой другой социальной группе, предполагает применение превентивных, профилактических мер по ее снижению, с чем медиация справляется весьма успешно.

Таким образом, среда вуза – это открытая площадка для применения медиативного подхода, этому способствует и возраст участников, и большое количество конфликтогенов и возможность проведения различных мероприятий просветительского характера, развитие медиативной компетенции субъектов образовательной среды.

### 3. Результаты и обсуждение

Вопрос применения медиации в вузе остается дискуссионным и открытым. В системе образования медиация чаще всего встречается в школе. На сегодняшний день более 600 петербургских школ уже применяют медиативные практики в своей работе, и их количество будет увеличиваться.

В Санкт-Петербурге 72 высших учебных заведения, однако служба медиации есть не во всех, а только в отдельных вузах (например, в СПбГУ). На ступени высшего образования медиация сегодня существует, в лучшем случае, лишь как дисциплина, которую изучают студенты на соответствующих занятиях. Еще реже в российских вузах встречаются магистерские программы по медиации.

Для вуза тема медиации может быть интересна с нескольких точек зрения. Во-первых, как область профессиональной деятельности, которой можно обучать в стенах вуза. В обществе есть настоятельная необходимость развития эффективной системы урегулирования конфликтов в различных социальных сферах внутри государства, а также на международном уровне. В связи с этим есть запрос на подготовку медиаторов в разных сферах и на разных уровнях: как специальность магистратуры, как дополнительную специальность к основному курсу бакалавриата, как повышение квалификации, как ознакомительный курс для любого направления подготовки вуза.

Во-вторых, образовательная среда вуза не исключает появление конфликтных ситуаций как между студентами, так и преподавателями, и администрацией. И здесь медиация нужна как практический инструмент разрешения конкретных ситуаций и может быть реализована в виде Службы медиации вуза [3].

В-третьих, медиативная компетентность все чаще обозначается как одна из компетенций педагога, преподавателя высшей школы [1]. Это означает, что деятельность Службы медиации не должна быть сугубо студенческой инициативой и направленной на разрешение конфликтов и обучение медиации только студентов. Важно развивать эту компетентность и у профессорско-преподавательского состава вуза.

И, в-четвертых, можно не ограничиваться только рамками конфликтных ситуаций и споров внутри учреждения ВПО, но и способствовать получению опыта примирения за пределами вуза, в виде производственной практики, или центра оказания медиативных услуг населению для урегулирования коммерческих, трудовых, семейных, жилищных, корпоративных, медицинских, гражданско-правовых споров.

Развитие медиативных компетенций у субъектов образовательной среды позволит: свести до минимума конфликтные ситуации; улучшить отношения в учебных группах, преподавательском коллективе; повысить медиативную компетентность и научиться выстраивать конструктивное взаимодействие в сфере образования и профессиональной деятельности.

В литературных источниках можно встретить следующие определения понятия «готовность к медиации»

- готовность к диалогу [4],
- быть «готовым к работе с конфликтами с использованием медиативных технологий при условии достаточной сформированности указанных компонентов» (компоненты готовности к детальности: мотивационный, ориентационный, эмоционально-волевой и поведенческий компоненты) [5].

Возникает вопрос – могут ли будущие специалисты быть готовыми к медиации и разрешению конфликтных ситуации в процессе обучения в вузе и в дальнейшей профессиональной деятельности, без специально организованной подготовки в стенах вуза? Достаточно ли тех компетенций, которые они получают в рамках образовательной программы для развития «готовности к диалогу»?

Было проведено исследование на готовность к медиативной деятельности. Студентам предложили произвести самооценку и заполнить для этого «Анкету оценки профессиональных компетенций медиатора» (авторы Корнеева Я.А., Шахова Л.И., Сорванова А.К.) [2]. В структуру медиативной компетенции авторы включили следующие компоненты: коммуникативность, управление конфликтом, анализ проблемы, планирование, самоконтроль. В исследовании приняло участие 110 человек, студенты 3-4 курса бакалавриата, гуманитарное образование. Обобщенные результаты диагностики представлены на рисунке 1.

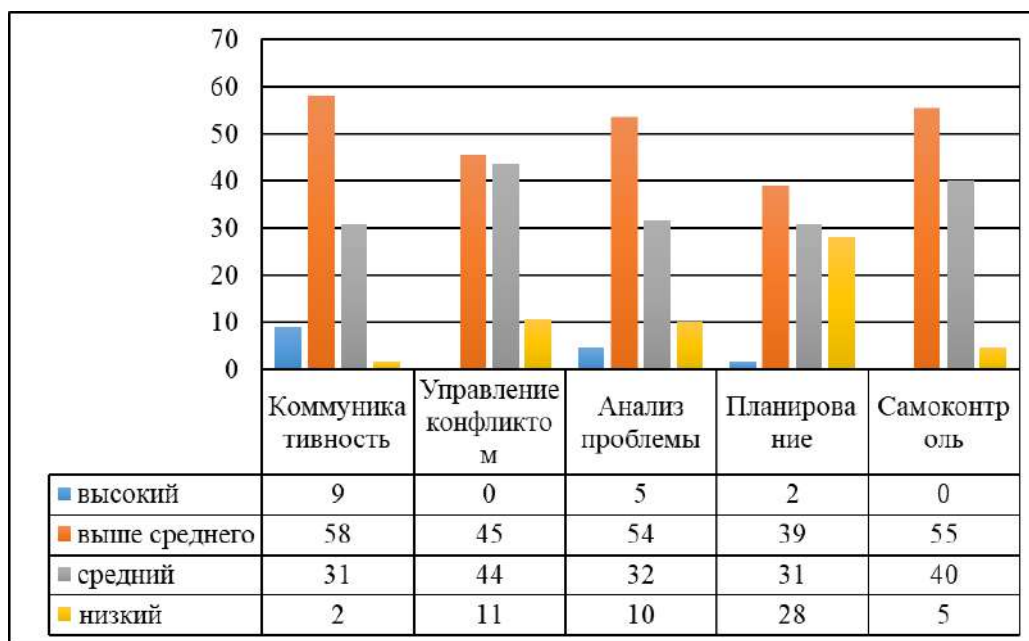


Рисунок 1. Сформированность медиативных компетенций у студентов, в %.

#### 4. Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы: медиативные компетенции развиты у студентов, но редко достигают высокого уровня. Примерно у половины студентов они достигают уровня выше среднего. На среднем уровне остаются у 31-44% студентов (по разным компонентам различные результаты). И некоторые компоненты слабо развиты у 2-28%. Лучше всего удаются студентам по их оценке – коммуникативные навыки и самоконтроль в конфликтной ситуации, а сложнее – анализ проблемы и планирование ее решения.

Образовательная среда вуза может быть рассмотрена как пространство формирования медиативной компетентности ее субъектов при условии системного подхода к формированию медиативно-адаптивной среды. Для этого необходимо разработать программу развития медиативной компетенции будущих специалистов. «Медиативная культура отношений» должна охватить всех субъектов образовательной среды, только тогда это будет эффективным.

#### Список литературы

1. Булгакова, Д.В. Роль медиации в деятельности преподавателя высшей школы / Д.В. Булгакова // Преподаватель высшей школы: традиции, проблемы, перспективы: материалы XI Всероссийской научно-практической Internet-конференции (09 ноября

- 2020 г.). Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2020. – URL: [https://www.tsutmb.ru/nauka/internet-konferencii/2020/09112020\\_prepodavatel/2/Bulgakova.pdf](https://www.tsutmb.ru/nauka/internet-konferencii/2020/09112020_prepodavatel/2/Bulgakova.pdf) (дата обращения: 11.02.2025).
2. Корнеева, Я.А. Профессиональные компетенции медиаторов с различной успешностью проведения примирительных процедур / Я.А. Корнеева, Л.И. Шахова, А.К. Сорванова // Психология и Психотехника. – 2020. – № 4. – С. 53-77.
  3. Коровин, А.А. Проблема применения медиации в высших учебных заведениях / А.А. Коровин, В.Э. Палехова // Студент – исследователь – учитель: Материалы 23 Межвузовской студенческой научной конференции (г. Санкт-Петербург, 5-16 апреля 2021 г.). – Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – С. 420-425.
  4. Коршунова, О.В. Готовность к диалогу и применению процедуры медиации участников образовательных отношений / О.В. Коршунова О.В., Г.В. Солдатова // Ученые записки университета Лесгафта. – 2022. – № 4 (206). – С. 561-565.
  5. Шалагинова, К.С. Диагностика готовности будущих педагогов к разрешению конфликтов с использованием медиативных технологий / К.С. Шалагинова, О.А. Васина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 10 (124). – DOI: 10.23670/IRJ.2022.124.23. – URL: <https://research-journal.org/archive/10-124-2022-october/10.23670/IRJ.2022.124.23> (дата обращения: 11.02.2025).

УДК 316.25

EDN  
[KQAXDV](#)

## Молодёжь и специальная военная операция

**Ю.М. Леонтьева, Л.Д. Леонтьева\***

Саратовский филиал Приволжского Государственного Университета Путей Сообщения, ул. Астраханская 1а, 410004, Саратов, Россия

\*E-mail: [leonteva-saratov@yandex.ru](mailto:leonteva-saratov@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены юридические основы военной службы в России, охарактеризовано понятие молодёжи, выявлена взаимосвязь молодёжи и воинской обязанности, выявлены и проанализированы основные вопросы, возникающие у граждан про Специальную Военную операцию, выявлена возможность создания Федерального Закона о Специальной Военной операции и введения в школы предмета «Азы военной подготовки». Также выявлена необходимость создания военных кафедр при высших учебных заведениях.

**Ключевые слова:** молодёжь, специальная военная операция, подготовка, актуальные вопросы.

## Youth and the special military operation

**Y.M. Leonteva, L.D. Leonteva\***

Saratov Branch of the Volga State University of Railway Transport, 1a Astrakhanskaya Street, 410004 Saratov, Russia

\*E-mail: [leonteva-saratov@yandex.ru](mailto:leonteva-saratov@yandex.ru)

**Abstract.** The article presents the legal foundations of military service in Russia, characterizes the concept of youth, identifies the relationship between youth and military operation, identifies and analyzes the main issues that citizens have about military service, identifies the possibility of creating a Federal Law on military operation and introducing the subject "Basics of military training" into schools. It also revealed the need to create military departments at higher educational institutions.

**Keywords:** youth, special military operation, training, actual questions.

## 1. Введение

Согласно 90 статье Конституции Российской Федерации [1] Президент издаёт Указы и распоряжения, которые в обязательном порядке публикуются в Российской газете. 24 февраля в 5 часов утра Президент выступил с обращением перед страной, которое в этот же день было опубликовано в прессе, в том числе и в Российской Газете о начале специальной военной операции России на Украине [2].

Итак, всем уже достаточно давно известна расшифровка аббревиатуры СВО, по крайней мере, в России, да и термин «молодёжь» тоже не новый. Для того, чтобы более предметно выявить основные проблемы и вопросы, касающиеся взаимодействия молодёжи и СВО необходимо уточнить, что Молодёжью, согласно Федеральному Закону ФЗ от 30.12.2020 года № 489 «О молодёжной политике в Российской Федерации» [3], считаются граждане в возрасте от 14 до 35 лет.

Будучи в сути своего названия военной, специальная военная операция базируется на основах Федерального Закона «Об обороне» от 31.05.1996 № 61-ФЗ [4], согласно которому государство обеспечивает защиту целостности государства, осуществляет мобилизацию и характеризует права как государства, так и граждан в военной сфере.

Согласно Федеральному Закону от 1998 года «О воинской обязанности и военной службе» [5] призыву подлежат все граждане мужского пола, достигшие совершеннолетия, то есть 18 лет по Российскому Законодательству, не имеющие медицинских противопоказаний к прохождению воинской службы и других ограничений в виде наличия двоих детей, обучения на очной форме и прочее.

Осенью 2022 года в России Указом Президента была объявлена частичная мобилизация, согласно которому на службу призывались солдаты и офицеры воинского запаса, а также мужчины, в том числе обучающиеся на заочной форме обучения, что вызвало в обществе определённый ряд вопросов юридического и социального характера, особенно по прошествии времени, в феврале 2025 прошло 3 года с начала СВО.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Основной задачей исследования является выявление основных вопросов, возникающих у граждан про СВО, а также выявление способов достижения правовой грамотности, народного единства, мира и безопасности.

### 3. Методы и материалы исследования

Основной метод исследования – аналитический.

За прошедший период времени Президент неоднократно выступал с обращениями и пресс-конференциями как перед представителями власти, так и журналистами, и гражданами, на которых многократно обсуждались и проблемы СВО. В частности, проблемы СВО обсуждались в трансляции «Итоги года с Владимиром Путиным» 2023 года [7], а также в эфире 1 канала «Прямая линия с Владимиром Путиным» 19 декабря 2024 [8].

### 4. Полученные результаты

Анализируя новостную повестку, а также вышеперечисленные обсуждения следует обозначить основные вопросы граждан и общества, относительно СВО:

1. юридические основания для призыва, в том числе частичной мобилизации
2. возраст призываемых
3. юридический и социальный статус призванных, в том числе добровольцев, непосредственно на службе, и после службы
4. статус призывников, относительно участия в боевых действиях
5. обязательная подготовка для призывников перед отправкой в зону боевых действий
6. продолжительность обязательной подготовки, после заключения контракта перед отправкой в зону проведения боевых действий
7. материальное довольствие, полагающееся военнослужащим, льготы для семей военнослужащих (например, в виде туристических путёвок, снижение процентов по ипотеке и/или материальное довольствие)
8. специальная медицинская служба, в виде военных госпиталей и поликлиник Министерства Внутренних Дел и Министерства Обороны, готовые оказывать помощь военнослужащим и членам их семей, условия предоставления медицинской помощи, регистрация членов семей в поликлиниках.
9. пенсионные привилегии для отслуживших, возраст и основания начисления военной пенсии
10. примерные даты окончания СВО, даты объявления военных сводок, перечисления информационных изданий, в которых будет предоставлена, хотя бы примерная военная сводка с указанием существующих, на дату



объявления военной сводки, границ СВО и других не секретных данных, так интересующих граждан.

## 5. Выводы

Можно констатировать, что граждан очень интересует Специальная Военная Операция, поэтому логично было бы Государственной Думе создать законопроект и проголосовать за принятие Федерального Закона о СВО, в котором необходимо обозначить основные права и обязанности не только граждан, но и государства, а также закрепить законодательно ответы на интересующие граждан проблемы и вопросы про СВО.

Призыв в Российской Федерации всегда осуществлялся с наступления совершеннолетия, два раза в год весной и осенью, если на момент призыва гражданин не обучается на очной форме обучения и нет других препятствий военной службе, в том числе, медицинского характера.

Совершеннолетие, как правило, связано с периодом обучения, и отучившись, получив профессию, не связанную с военным делом, примерно в возрасте 22 лет молодёжь, особенно мужского пола, сталкивается с понятием воинской обязанности. Российское законодательство устанавливает, что женщины имеют отношение к воинской обязанности только в случае наличия медицинского образования, связано это с культурно-историческими традициями, а также демографической политикой государства.

Следует отметить, что военнообязанные медики не только женщины, но и мужчины, так как при медицинских институтах есть военная кафедра, готовящая специалистов как для военных госпиталей, так и офицеров запаса на случай необходимости участия в боевых действиях.

Конечно, медицинская профессия особенная и непосредственно связана с войной, но в условиях частичной мобилизации с призывом сталкиваются не только медики и офицеры запаса, но и обучающаяся молодёжь, а также только что получившие гражданские профессии выпускники.

Российская Федерация, согласно Конституции Р.Ф. считается правопреемницей Советского Союза, в котором были распространены военные кафедры, не во всех ВУЗах, но в политехническом, медицинском и аграрном, как минимум.

Сейчас, в момент проведения СВО, продолжающейся уже 3 года и, на сегодняшний день, не заканчивающейся, подготовка младшего офицерского состава, пусть даже запаса, была бы уместна на базе любой профессии высшего образования.

В настоящее время действует Постановление Правительства о создании учебных центров при федеральных образовательных учреждениях [9], в котором прописано о добровольном заключении контракта с Министерством обороны на подготовку по военной специализации с присвоением воинских званий младшего командного состава: сержант, матрос, солдат или старшин запаса.

Возможно, современное время требует более углубленной и обязательной для мужчин подготовки по обще профильной военной программе, с организацией отдельных военных кафедр при высших учебных заведениях с присвоением более высоких званий по окончании подготовки, которая будет совпадать с окончанием обучения, например, младший лейтенант. Женщины же смогут проходить подготовку на добровольной основе, при выполнении всех заданий и сдаче экзаменов смогут также получить воинское звание офицера запаса.

Само понятие молодёжи связано не только с совершеннолетием, а призыв зачастую осуществляется сразу после школы, по результатам наборов в Высшие Учебные Заведения, как правило призываются не поступившие, или те, кому исполнилось 18 лет непосредственно перед или во время призыва, а обучения на очной форме на тот момент нет.

Итак, молодёжь, сразу после школы, направляясь в армию зачастую не имеет представления про армию. Было бы логично ввести в школы дополнительный предмет «Азы Военной Подготовки», с объяснением правовых основ военной службы, СВО, а также с начальной физической подготовкой, необходимой и применимой для военной службы.

Таким образом, при плотном взаимодействии общества и государства возможно достичь народного единения, мира и безопасности

### **Список литературы**

1. Конституция Российской Федерации [принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г.; с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01 июля 2020 г.]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399).

2. Обращение Президента Р.Ф. Владимир Путин объявил о специальной военной операции в Донбассе» от 24.02.2022 Российская Газета. – URL: <https://rg.ru/2022/02/24/vladimir-putin-soobshchil-o-specialnoj-voennoj-operacii-v-donbasse.html>
3. Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 489-ФЗ "О молодежной политике в Российской Федерации". – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056192/>
4. Федеральный закон от 31.05.1996 N 61-ФЗ (ред. от 26.12.2024) "Об обороне". – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_10591/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10591/)
5. Федеральный закон "О воинской обязанности и военной службе" от 28.03.1998 N 53-ФЗ. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_18260/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_18260/)
6. Указ Президента РФ от 21.09.2022 N 647 "Об объявлении частичной мобилизации в Российской Федерации" URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_426999/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_426999/)
7. Итоги года с Владимиром Путиным 14 декабря 2023. – URL: <https://www.kremlin.ru/events/president/news/72994>.
8. Прямая линия с Владимиром Путиным 19 декабря 2024: главные итоги года. – URL: <https://life.ru/p/1713286>.
9. Постановление Правительства РФ от 3 июля 2019 г. N 848 "Об утверждении Положения о военных учебных центрах при федеральных государственных образовательных организациях высшего образования и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации". – URL: <https://base.garant.ru/72289242/>

УДК 808.51  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.2010>

EDN  
[KRDSJG](https://www.krdsjg.ru)

## Прагматические особенности блиц-резюме компании как жанра деловой коммуникации

**Н.В. Филимонова\***

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Россия

\*E-mail: [natasha.filimonova14@yandex.ru](mailto:natasha.filimonova14@yandex.ru)

**Аннотация.** Данное исследование посвящено лингвопрагматическому анализу блиц-резюме компании как одного из эффективных жанров деловой коммуникации, набирающего все больший интерес общества в современной бизнес-среде. Несмотря на широкое практическое применение, научное осмысление блиц-резюме, особенно с точки зрения прагмалингвистики, изучающей язык в контексте его эффективного использования, остается недостаточным. Блиц-резюме рассматривается не просто как структурированное выступление, а как сложный прагматический инструмент, требующий от оратора четкого понимания сути предложения, а также умения адаптироваться к контексту и ожиданиям аудитории для достижения поставленных коммуникативных целей в условиях ограниченного времени. Работа опирается на теоретические положения прагматики, теории речевых актов, коммуникативных стратегий и концепции языковой адаптации, демонстрируя, как выбор языковых средств и построение речи соотносятся с намерениями говорящего и ожиданиями слушающего. Исследование подчеркивает важность развития коммуникативной компетенции для успешного применения блиц-резюме в современной деловой практике.

**Ключевые слова:** блиц-резюме, деловой дискурс, речевое воздействие, убеждение, прагматика, коммуникативные стратегии, тактики, бизнес коммуникация.

## Pragmatic peculiarities of company's elevator pitch as a genre of business communication

**N.V. Filimonova\***

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia

\*E-mail: [natasha.filimonova14@yandex.ru](mailto:natasha.filimonova14@yandex.ru)

**Abstract.** The study is devoted to the linguopragmatic analysis of the company's elevator pitch as one of the efficient genres of business communication, which is gaining great public interest in the modern business environment. Despite the wide practical implementation, the scientific comprehension of elevator pitch, especially from the point of view of pragmalinguistics, which studies language in the context of its efficient usage, remains insufficient. Elevator pitch is considered not just as a structured speech, but as a complex pragmatic tool that requires from the speaker a clear understanding of the essence of the sentence, as well as the ability to adapt to the context and expectations of the audience to achieve the communicative goals set in the conditions of limited time. The study draws on the theoretical provisions of pragmatics, the theory of speech acts, communicative strategies and the concept of linguistic adaptation, demonstrating how the choice of linguistic means and speech construction relate to the speaker's intentions and the listener's expectations. The research emphasizes the importance of developing communicative competence for successful application of the elevator pitch in modern business practice.

**Keywords:** elevator pitch, business discourse, speech impact, persuasion, pragmatics, communicative strategies, tactics, business communication.

## 1. Введение

В современной деловой среде и возрастающей конкуренции на глобальных рынках особую значимость приобретают коммуникативные практики, позволяющие оптимизировать процессы бизнес-взаимодействия. Успешное позиционирование компании и её продуктов в современном бизнес-пространстве обусловлено не только качеством предлагаемых товаров и услуг, но и эффективностью речевого воздействия на целевую аудиторию через релевантные жанры деловой коммуникации.

Одним из таких инструментов, приобретающих всё большую популярность в корпоративной среде, является блиц-резюме (elevator pitch) – лаконичное выступление, в котором компания представляет свои ключевые преимущества и ценностные предложения с целью привлечения внимания потенциальных инвесторов, партнеров или клиентов [1, 2]. Данный формат представляет собой многокомпонентный коммуникативный феномен, интегрирующий вербальные и невербальные средства воздействия, оптимизированные для быстрого установления контакта с аудиторией и стимулирования её заинтересованности в дальнейшем взаимодействии [3].

Несмотря на растущую практическую значимость блиц-резюме в бизнес-коммуникации, его лингвопрагматические особенности остаются недостаточно исследованными в современной теории дискурса. Существующие работы преимущественно фокусируются на структурно-композиционных аспектах данного жанра [4], в то время как его прагматический потенциал и механизмы речевого воздействия требуют более глубокого лингвистического анализа.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель работы заключается в выявлении и описании роли прагматических особенностей блиц-резюме как специфической формы деловой коммуникации, способствующих достижению коммуникативной эффективности в условиях ограниченного формата.

Актуальность настоящего исследования обусловлена возрастающей ролью кратких форматов деловой презентации в условиях информационной перегруженности современных бизнес-коммуникаций, а также необходимостью научного осмысления прагматических механизмов, обеспечивающих эффективность речевого воздействия в формате блиц-резюме.

### 3. Методы и материалы исследования

Методология исследования речевого материала основывается на комплексном подходе, включающем методы сплошной выборки, теоретического анализа, а также элементы сравнительно-сопоставительного подхода, позволяющего выявить и систематизировать прагматические характеристики блиц-резюме, выявить недостаточно исследованные аспекты речевого воздействия и предложить теоретическое обоснование значимости прагматических механизмов в условиях современного делового дискурса.

Проблема эффективного речевого воздействия не раз выступала объектом исследования в прагмалингвистике [5], психологии [6] и бизнес-риторике [7]. Эффективные публичные выступления рассматривались в классических и современных работах по общей и деловой риторике [8].

Прагматический подход к анализу блиц-резюме особенно важен, так как при подготовке и проведении выступления сообщение адаптируется к ожиданиям, фоновым знаниям и намерениям целевой аудитории. Прагматические стратегии (такие как убеждение, сочувствие, информирование и побуждение) направлены на достижение максимально эффективного взаимодействия с аудиторией. П. Грайс указывает, что данные стратегии помогают выстроить коммуникацию так, чтобы главная идея не только привлекала внимание, но и оказывала ожидаемое практическое воздействие [9].

Для осуществления эффективного речевого воздействия говорящий оформляет свое выступление под влиянием общей цели коммуникации (коммуникативной стратегии), а также подбирает частные способы достижения этих целей (коммуникативных тактик). Сознательный, а иногда и спонтанный подбор различных речевых средств позволяет усилить их влияние на аудиторию и побудить слушателей к дальнейшим действиям.

Как форма деловой коммуникации, блиц-резюме требует от спикера использования особых речевых стратегий и тактик, направленных на максимальное влияние на целевую аудиторию. Их специфика обусловлена необходимостью формирования положительного образа продукта, представления профессиональных навыков и компетенций спикера, выгодного позиционирования проекта, аргументации его прибыли, подчеркивание потенциальной выгоды для инвестора, а также апелляции к ценностям социально значимого характера.

Процесс подготовки и проведения презентации компаний требует от участников гибкости и способности к адаптации. Этот аспект коммуникации подчеркивается в теории лингвистической адаптации Дж. Вершурена, которая указывает, что выбор языковых средств в коммуникации определяется широким спектром контекстуальных факторов. Среди ключевых элементов, влияющих на языковой выбор, выделяются социальные отношения между участниками, их эмоциональное состояние, а также физическое окружение. Эти факторы позволяют спикеру эффективно адаптироваться к конкретной ситуации и применять наиболее подходящие стратегии убеждения [10].

Дж. Вершурен предлагает новый прагматический подход к изучению функционирования языка, подчеркивая его когнитивную и социокультурную обусловленность. Согласно его концепции, использование языка представляет собой непрерывный процесс выбора, который может быть, как осозанным, так и неосозанным [10, с. 55]. Этот выбор определяется как внутренними особенностями языка, так и внешними факторами, связанными с контекстом коммуникации. Он выделяет три фундаментальных свойства языка [10, с. 59]: вариативность, переговорность и адаптивность. Первое свойство языка определяет множество возможных вариантов выбора на различных уровнях: фонетическом, морфологическом, синтаксическом, лексическом и семантическом. В рамках блиц-резюме выступающий может выбирать тон голоса, лексику или фразеологические конструкции, наиболее соответствующие профилю аудитории и её реакции. Переговорность позволяет осуществлять выбор не механически, а на основе гибких принципов и стратегий [11]. В контексте блиц-резюме это проявляется в способности спикера усиливать логические аргументы или апеллировать к эмоциям в ответ на реакцию аудитории. Адаптивность – свойство, обеспечивающее возможность выбора из широкого диапазона речевых средств для максимального удовлетворения коммуникативных потребностей. Адаптивность подразумевает, что языковой выбор всегда связан с контекстом взаимодействия.

Следует отметить, что проблемы эффективности речи наиболее подробно стали исследоваться в области лингвистической прагматики, которая изучает, как язык используется в конкретном контексте. Важным вкладом в ее развитии стали работы, связанные с изучением основ семиотики, прагматики и теории речевых актов [12, 13]. Основными прагматическими понятиями являются коммуникативный акт, контекст, интенция и прагматический эффект. Коммуникативный акт представляет под собой



действие, совершаемое с помощью речи для достижения конкретного результата. В контексте блиц-резюме – это привлечение внимания инвесторов или представление нового продукта. Важно отметить значимость контекста, который включает все обстоятельства, влияющие на понимание сообщения. Интенция определяет намерение говорящего (продемонстрировать возможности, предложить сотрудничество, привлечь интерес), формируя характер и содержание высказывания. Особое внимание уделяют прагматическому эффекту, который является ожидаемым результатом реакции слушателя на сообщение, которая может быть запланированной или непредвиденной, включая изменение поведения, убеждений или картины мира.

#### 4. Полученные результаты

Понятие блиц-резюме (elevator pitch) является относительно новым объектом исследования, хотя деловая презентация признается многими специалистами как один из важнейших жанров бизнес-дискурса. Последние работы, посвящённые жанру блиц-резюме, приходят к выводу, что данный инструмент делового общения благодаря своей лаконичности обладает высоким убедительным потенциалом и способен доносить сложные идеи в простой, доступной форме [4, 14].

Эффективное блиц-резюме не только помогает передать информацию, но и демонстрирует значимость проекта, устанавливает профессиональные контакты, привлекает финансирование и открывает новые карьерные возможности [1]. С помощью теории речевых актов можно понять, что через речь не только передается информация, но и совершаются определенные действия, что крайне актуально для динамичного и краткого формата блиц-резюме [15]. Ценность блиц-резюме заключается в его универсальности и способности адаптироваться под различные цели и аудитории. Основная задача такого выступления – установить контакт с собеседником, заинтересовать его и инициировать дальнейший диалог. Структура питча обычно включает три ключевых элемента: введение, основную часть и заключение.

В самом начале оратор представляет себя и свой проект, объясняя его актуальность. Введение должно захватывать внимание и вызывать интерес. Это может быть достигнуто через использование интересного факта или риторического вопроса, который сразу вовлекает аудиторию в тему. Это играет ключевую роль в установлении начального контакта с аудиторией и задает тон всему последующему сообщению. Основная часть должна быть четко структурирована, чтобы информация



воспринималась легко. Важно чётко сформулировать основные цели, а также прибегнуть к использованию риторических приёмов, которые могут привлечь внимание и убедить собеседника в ценности продвигаемой идеи [16]. Содержательная часть выступления предоставляет ключевую информацию о компании, ее успешно завершённые проекты, достижения, а также уникальные продукты и конкурентные преимущества. В заключении выступающий должен грамотно подвести итог сказанному. Данная часть особенно важна, так как формирует у аудитории окончательное впечатление [17].

## 5. Выводы

Грамотно выстроенная структура блиц-резюме должна содержать акценты на ключевых моментах и преимуществах, а также в финале призывать к действию. Эффективное заключение должно быть запоминающимся, содержать открытый вопрос, побуждающий аудиторию к дальнейшему сотрудничеству. Здесь важно не просто завершить речь, а направить аудиторию к следующему шагу: обменяться контактами, обсудить детали сотрудничества.

В заключении, можно сделать вывод о том, что прагматический потенциал блиц-резюме реализуется через систему взаимосвязанных коммуникативных стратегий и грамотно выстроенной структуры, обеспечивающих максимальное воздействие на целевую аудиторию в условиях ограниченного времени. Эффективность выступления определяется не только правильным выбором языковых средств, но и их соответствием внеязыковым параметрам коммуникативной ситуации, что требует от спикера высокого уровня коммуникативной компетенции и адаптивности.

Значимость проведенного исследования заключается в расширении представлений о прагматических механизмах функционирования специализированных жанров делового дискурса, а также в возможности использования материала для улучшения коммуникативных практик в деловой среде и совершенствования методик обучения эффективной бизнес-коммуникации.

## Список литературы

1. Caromile, L. How to construct and deliver an elevator pitch: A Formula for the Research Scientist / L. Caromile, A. Jha, J. Gardiner, O. Dilek, R. Ohi, L. Ligon // BMC Proceedings. – 2024. – № 18. – 27.

2. Wagner, S. From Elevator Pitch to Science Pitch / S. Wagner. – Springer VS Wiesbaden, 2024. – 224 p.
3. Writing communication center. – 2025. – Harvard university: website. – URL: <https://writingcenter.catalyst.harvard.edu/elevator-pitches> (accessed: 15.01.2025).
4. Kothari, T. Effective Strategies for Small Startups to Attract Venture Capital / T. Kothari // IOSR Journal of Business and Management. – 2024. – V. 26 – № 9. – P. 123-135.
5. Lakoff, G. Metaphors We Live By / G. Lakoff, M. Johnson. – University of Chicago Press, 2003. – 272 p.
6. Cialdini, R. B. Influence: Science and Practice / R. B. Cialdini. – Allyn & Bacon, 2001. – 336 p.
7. Duarte, N. Resonate: Present Visual Stories that Transform Audiences/ N. Duarte. – John Wiley & Sons, 2010. – 272 p.
8. Feuer, J. The Hollywood Pitch: Short-Form Selling in the Digital Age / J. Feuer. – Macmillan, 2015. – 224 p.
9. Grice, H. P. Studies in the Way of Words / H. P. Grice. – Harvard University Press, 1989. – 416 p.
10. Verschueren, J. Understanding pragmatics / J. Verschueren. – Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press, 1999. – 318 p.
11. Boginskaya, O. A. Linguistic insights into attitudinal stance in Russian philology thesis reviews / O. A. Boginskaya // Training, Language and Culture. – 2024. – V. 8. – № 3. – P. 12-20.
12. Austin, J. L. How to Do Things with Words / J. L. Austin. – Harvard University Press, 1962. – 312 p.
13. Austin, M. Corporate Communication Strategies / M. Austin. – Wiley. 2010. – 256 p.
14. Johnston, A. Seeking rhetorical validity in fear appeal research: An application of rhetorical theory / A. Johnston, P.M. Di Gangi, F. Bélanger, R.E. Crossler, M. Siponen, M. Warkentin, T. Singh // Computers & Security. – 2024. – № 125(6221). – P.103020. – DOI: 10.1016/j.cose.2022.103020.
15. Searle, J. R. Consciousness and Language / J.R. Searle. – Cambridge University Press, 2002. – 320 p.
16. Ponomarenko, E. V. Rhetorical impact as a factor of interethnic business communication / E. V. Ponomarenko, A. A. Kharkovskaya. – Moscow: TransArt Publ, 2014. – P. 111-117.

17. Beltrán-Palanques, V. Digitalizing a Multimodal Genre-Based Approach to Teaching Elevator Pitch: Pedagogical Implications and Students' Experiences / V. Beltrán-Palanques. – Optimizing Online English Language Learning and Teaching, 2023. – P. 123-145.

УДК 658.879

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3001>

EDN

[GPABBX](#)

## Развитие коммуникационных систем и технологий в логистике маркетплейсов

**Н.В. Сергеева<sup>\*</sup>, А.А. Невин, Т.Ж. Тукая**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

\*E-mail: [sergeewanv78@mail.ru](mailto:sergeewanv78@mail.ru)

**Аннотация.** Стремительное развитие информационных технологий и коммуникационных систем затронуло все сферы бизнеса, особенно ярко это проявляется в маркетинге и логистике. Современные маркетплейсы стали неотъемлемой частью повседневной жизни человека. Рассмотрены несколько основных типов коммуникационных систем логистики маркетплейсов: системы отслеживания, обмена данными, управления складом, маршрутизации, систем оперативной связи с клиентами, интеграционные платформы, облачные технологии с мобильными приложениями, технологии искусственного интеллекта, блокчейн-технологии. Приведены их краткие характеристики, выявлены и обозначены тенденции развития коммуникационных инструментов эффективной транспортной логистики, приведены примеры использования и развития маркетинговых коммуникаторов. Выявлены комплексные факторы развития логистики. Именно современные тренды электронной торговли дали существенный толчок в развитии логистики. Эффективность транспортировки дает возможность повышать конкурентоспособность торговым организациям, сокращать логистические издержки и обеспечивать выгоду для покупателей. Отражены дальнейшие тренды развития коммуникационных систем и технологий, оказывающих значительное влияние на эффективность логистики, оптимизацию издержек и снижение цен на товары.

**Ключевые слова:** коммуникационные системы, маркетплейсы, маркетинг, эффективная логистика, транспортные издержки.

## Development of communication systems and technologies in logistics of marketplaces

**N.V. Sergeyeva<sup>\*</sup>, A.A. Nevin, T.J. Tukaya**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya st., Moscow, 127434, Russia

\*E-mail: [sergeewanv78@mail.ru](mailto:sergeewanv78@mail.ru)

**Abstract.** The rapid development of information technology and communication systems has affected all areas of business, especially in marketing and logistics. Modern marketplaces have become an integral part of a person's daily life. Several main types of marketplace logistics communication systems are considered: tracking systems, data exchange, warehouse management, routing, operational communication systems with customers, integration platforms, cloud technologies with mobile applications, artificial intelligence technologies, and blockchain technologies. Their brief characteristics are given, trends in the development of communication tools for effective transport logistics are identified and outlined, and examples of the use and development of marketing communicators are given. Complex factors of logistics development have been identified. It is the modern trends of electronic commerce that have given a significant impetus to the development of logistics. Transportation efficiency makes it possible to increase the competitiveness of trade organizations, reduce logistics costs and provide benefits to customers. Further trends in the development of communication systems and technologies are reflected, which have a significant impact on logistics efficiency, cost optimization and lower prices for goods.

**Keywords:** communication systems, marketplaces, marketing, efficient logistics, transportation costs.

## 1. Введение

Современную жизнь человека невозможно представить без взаимодействия с интернет-магазинами и электронной торговлей. Актуальность изучения современных технологий оперативной логистики и тенденций развития их очевидна поскольку позволяет обеспечить эффективность коммерческих бизнес-процессов как для представителей торговли, так и для покупателей. Оперативная связь с заказчиком, стремительная обработка заказа, цифровые инструменты отслеживания позволяют существенно сократить издержки, обеспечить быструю и доступную для потребителей доставку. Современное развитие информационных и коммуникационных технологий делают маркетплейсы высококонкурентными и доступными [1]. Ключевые тренды здесь – полная цифровизация отрасли, короткие сроки доставки, расширение географии, оперативный учет отгрузок, охват пунктов выдачи заказов, развитие технологий трекинга и роботизированные системы.

## 2. Цель исследования, постановка задачи

Цель исследования состоит в изучении, обобщении коммуникационных систем и технологий современных маркетплейсов, в выявлении тенденций их развития, поскольку за простотой и удобством получения нужного товара оперативно и недорого стоит сложная система логистики, которая обеспечивает эффективную работу продавцов [2].

Предусмотрены решения конкретных задач:

- Изучить типы коммуникационных систем;
- Рассмотреть основные аспекты влияния коммуникационных систем на взаимодействие участников электронной торговли;
- Выявить комплексные факторы развития логистики;
- Наметить тенденции развития коммуникационных систем и технологий.

## 3. Методы и материалы исследования

Всегда наиболее привлекательным для покупателя способом приобретения товара были прямые поставки, минуя каких-либо посредников, что дает возможность обеспечить прямую оперативную связь между заказчиком и исполнителем, сократить коммерческие издержки, получить более дешевый заказ, экономить время на поиски. Эту задачу легко выполняют маркетплейсы. Однако, насколько эффективной будет доставка существенно зависит от степени развития хозяйственных связей, рационально

отлаженной транспортной логистики, используемых коммуникационных систем, обеспечивающих максимальное сокращение затрат труда и средств.

Только при организационно и экономически отрегулированных логистических связях существенно сокращается время на поиск контрагента на логистические операции и осуществление поставок. Современные коммуникационные системы и цифровые инструменты способны повысить конкурентоспособность торгующих организаций и оперативно удовлетворить покупательский спрос.

В исследовании применены следующие методы: логико-структурный анализ, синтез, систематизация, классификация, сравнительный анализ.

#### 4. Полученные результаты

Выявлены и изучены несколько основных типов коммуникационных систем, которые получили развитие в логистике современных маркетплейсов [3]:

- системы обмена данными, позволяющая оперативно передавать данные о товарах между заказчиками, продавцами и транспортными организациями (по наличию отдельных категорий и видов товаров, их свойствах, ценах, сроках доставки), позволяет оптимизировать процессы и повысить эффективность работы электронных магазинов;
- системы отслеживания движения товара (груза), онлайн-контроль местоположения товаров в реальном времени, помогают определить статус доставки и предотвратить потерю товара, выявить момент порчи, факт утраченной упаковки, что особенно важно для обеспечения безопасности и надёжности доставки;
- системы управления складом в свою очередь влияет на время обработки заказа и оформления его отгрузки, помогают оптимизировать процессы хранения и безошибочного подбора нужного товаров. Современные цифровые инструменты могут использоваться для автоматизации процессов инвентаризации, управления запасами и сокращения складских издержек, что обеспечивает рост эффективности работы складов;
- системы маршрутизации необходима для построения оптимального перемещения грузов от складов до пунктов выдачи заказов, они учитывают кратчайшее расстояние, время транспортировки, загруженность дорог, что также способствует сокращению расходов на доставку;

- системы связи с клиентами, коммуникационные средства связи с покупателями, позволяют заказчику осуществить выбор товара, получать информацию о дате поступления, статусе заказа, отслеживать его перемещение и получать уведомления о доставке, что повышает уровень удовлетворённости клиентов и улучшает качество обслуживания.
- интеграционные платформы, обеспечивают взаимодействие различных коммуникационных технологий, позволяя создать единую систему управления логистикой, что упрощает координацию работы маркетплейсов, отдельных складов и логистических компаний, которые могут быть разрозненны, находиться в разных городах, регионах и использовать различные транспортные средства;
- облачные технологии, обеспечивают оперативный доступ всех компаний, участвующих в организации продаж, к вычислительным ресурсам и приложениям через интернет. Современные облачные системы позволяют масштабировать инфраструктуру в зависимости от потребностей бизнеса, обеспечивая гибкость и адаптивность системы, помогают провести оперативную оценку работу каждого продавца или иного сотрудника;
- технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) используются для аналитических задач при прогнозировании спроса на конкретные группы товаров, для оптимизации маршрутов и принятия управленческих решений на основе больших объёмов информации. Это повышает качество и эффективность обслуживания клиентов, позволяет установить мотивационные критерии работы сотрудников логистической компании и склада;
- блокчейн-технологии работают как распределённая база данных, которая обеспечивает безопасность и прозрачность транзакций, может применяться для отслеживания перемещения товаров и подтверждения их подлинности, что повышает доверие к системе и снижает риски мошенничества;
- интернет вещей (IoT), обеспечивает возможность обмена данными между всеми участниками сетевой торговли. В логистике они могут использоваться для мониторинга состояния транспортных средств, отслеживания местоположения грузов и управления складскими операциями. Это также способствует оптимизации процессов и повышению их эффективности.

Использование этих систем и технологий позволяет маркетплейсам обеспечивать быструю и надёжную доставку товаров, повышать уровень удовлетворённости клиентов и улучшать качество обслуживания. Кроме того, они способствуют снижению затрат на логистику и повышению конкурентоспособности маркетплейсов на рынке.

Развитие коммуникационных систем и технологий оказывает значительное влияние на эффективность логистики и оптимизацию транспортных издержек, дальнейшие тренды развития могут быть направлены на следующие аспекты [4]:

- комплексная автоматизация всех коммуникационных стратегий, связанных с представлением данных на маркетплейсах, обработкой и передачей данных. Важно, чтобы оптовые и розничные продавцы могли иметь возможность одновременного присутствия на различных площадках электронной торговли, повышали скорость логистических процедур и качество и работы;
- интеграция участников в едином облачном пространстве по отраслевой продукции и видам товаров, чтобы покупатель видел одновременно нескольких продавцов одного товара, имел возможность сравнить цены и условия поставки. Коммуникационные технологии единого облачного пространства позволяют интегрировать различных участников логистической цепи в единую систему;
- трансформация работы в b2p формате, т.е. делать акцент не на работу с физическими лицами в качестве покупателей, а на других мелких предпринимателях [5]. Такая организация продажи актуальна в регионах, возможна с помощью привлечения местных поставщиков;
- важнейшим элементом стратегии маркетплейса может стать обратная связь с покупателями, анализ мнений потребителей, формирование лояльного отношения к товару и продавцу через систему отзывов с целью привлечения к покупке большего количества новых клиентов и гибкую систему скидок при росте обращений к одному и тому же продавцу. Покупателям будет интересно видеть спрос на конкретные товары и это будет стимулировать активность клиентов;
- активизация прогнозной работы и управления запасами. Коммуникационные механизмы должны не только собирать данные о продажах, но и систематизировать их по датам, чтобы выявить признаки сезонности и связать их



с покупками определенных товаров. Это позволяет управлять запасами более эффективно и предотвращать дефицит или избыток товаров;

- серьезный рост онлайн-продаж в последние 5-6 лет сделал актуальной трансформацию маркетинговых стратегий маркетплейсов в сторону оценки экономической эффективности продаж, обучения и развития персонала, подготовки кадров для обслуживания маркетплейсов и работы с поставщиками и клиентами, оптимизация транспортной логистики, улучшение координации в случаях рекламации со стороны покупателей, установление виновных в нарушении потребительских свойств или качества доставленного товара [6].

## 5. Выводы

Таким образом, коммуникационные системы и технологии оказывают первостепенное влияние на развитие эффективной логистики. Они направлены на повышение её эффективности, снижение затрат и улучшение качества обслуживания клиентов. Поэтому торгующим организациям необходимо активно внедрять и использовать эти системы и технологии в своей деятельности [7].

Многие компании стремятся решить задачи оптимизации логистических процессов за счёт диверсификации, одновременно реализуют товары в стационарных и нестационарных торговых объектах, используют дистанционный способ продажи товаров. Существующие тренды связаны главным образом со стратегическим аспектом сетевого развития электронной торговли в части технологических возможностей и цифровых инструментов, где акцент будет сделан на анализ работы маркетплейсов по спросу на отдельные группы товаров, установлению причин отказов от покупки, оформлению и удовлетворению претензий по некачественным заказам. Современные облачные решения, включающие всю цепочку поставок, построят тесную интеграции склада, транспорта и конечного потребителя с возможностью сокращения логистических расходов и снижения розничной цены товаров.

## Список литературы

1. Бабанская, А.С. Коммуникационные и бизнес-стратегии в сфере АПК: коллективная монография / А.С. Бабанская, И.И. Галанкина, Е.В. Гнездилова и др. – Москва, издательство ООО «Мегаполис», 2023. – 249 с.

2. Дудаков, Г.С. Тренды развития маркетплейсов в РФ: PEST-анализ / Г.С. Дудаков // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trendy-razvitiya-marketpleysov-v-rossiyskoj-federatsii-pest-analiz>.
3. Бессонова, Е. И. Интернет-торговля как фактор развития бизнеса / Е. И. Бессонова // Молодой ученый. – 2022. – № 37(432). – С. 31-35. – URL: <https://moluch.ru/archive/432/94937>.
4. Сергеева, Н.В. Цифровые технологии в АПК / Н.В. Сергеева, В.Н. Борзенкова // В сборнике: Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. – Курган, 2021. – С. 897-901.
5. Шунина, Д.Е. Маркетплейс – смесь торговли и логистики / Д.Е. Шунина // Мавлютовские чтения: Материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции. – Т. 7. – Уфа, 2020. – С. 81.
6. Комарова, С.В. Использование технологий цифрового обучения в программных документах развития региона / С.В. Комарова, Н.В. Сергеева, Е.В. Чухачева // Управление образованием: теория и практика. – 2022. – № 3 (49). – С. 119-128.
7. Инюцина, В.С. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования продаж в сетевой розничной торговле / В.С. Инюцина, В.Э. Новиков // Логистика и управление цепями поставок. – 2021. – № 2-3 (103). – С. 37-43.

УДК 621-039-542

EDN  
[LSZEFP](#)

## Внедрение 3D моделирования в нефтегазовую промышленность: путь к оптимизации, безопасности и конкурентоспособности

Д.С. Гайфуллин\*, Э.В. Гарифуллина, Н.Ю. Башкирцева

Казанский национальный исследовательский технологический университет, пр. Карла Маркса, 68, Казань, Республика. Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: damir230702@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию внедрения 3D-моделирования в нефтегазовую промышленность как инструмента для оптимизации процессов, повышения безопасности и снижения эксплуатационных затрат. Рассмотрены ключевые аспекты применения технологии, включая проектирование, техническое обслуживание и обучение персонала. На примере реакторного блока установки каталитической изомеризации продемонстрированы возможности 3D-моделирования в среде Model Studio CS. Показано, как создание цифровых двойников позволяет минимизировать ошибки проектирования, оптимизировать материальные потоки и снизить риски аварийных ситуаций. В статье также рассмотрены преимущества интеграции программного пакета Aspen Hysys для технологических расчетов. Особое внимание уделено практической реализации 3D-моделирования, включая детализацию фундаментов, трубопроводов и эстакад.

**Ключевые слова:** 3D-моделирование, нефтегазовая промышленность, оптимизация проектирования, техническое обслуживание, безопасность производства.

## The introduction of 3D modeling in the oil and gas industry: the path to optimization, safety and competitiveness

D.S. Gaifullin\*, E.V. Garifullina, N.Yu. Bashkirtseva

<sup>1</sup> Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

\*E-mail: damir230702@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of the introduction of 3D modeling in the oil and gas industry as a tool for optimizing processes, increasing safety and reducing operating costs. The key aspects of technology application, including design, maintenance and personnel training, are considered. Using the example of the reactor unit of a catalytic isomerization plant, the possibilities of 3D modeling in the Model Studio CS environment are demonstrated. It is shown how the creation of digital twins makes it possible to minimize design errors, optimize material flows and reduce the risks of emergency situations. The article also discusses the advantages of integrating the Aspen Hysys software package for technological calculations. Special attention is paid to the practical implementation of 3D modeling, including the detailing of foundations, pipelines and overpasses.

**Keywords:** 3D modeling, oil and gas industry, design optimization, maintenance, production safety.

## 1. Введение

В современных условиях нефтегазовая промышленность сталкивается с рядом вызовов, требующих изменения оптимизации инженерных процессов, снижения сроков технического обслуживания и повышения безопасности производства. Одним из наиболее перспективных и эффективных инструментов цифровой трансформации является внедрение 3D-моделирования, позволяющее создавать точные виртуальные копии объектов, проводить детальный анализ технологических процессов и принимать обоснованные решения на всех стадиях жизненного цикла [1].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

В рамках данного исследования необходимо определить, каким образом внедрение 3D-моделирования позволяет улучшить процессы проектирования, технического обслуживания и ремонта в нефтегазовой отрасли. Также возможно рассмотреть практическую иллюстрацию 3D-модели установки, демонстрирующую, как цифровое моделирование может обеспечить сокращение затрат, снижение риска простоев и повышение безопасности эксплуатации оборудования.

### 2.1. Что такое 3D моделирование и как оно применяется в нефтегазовой отрасли?

3D моделирование — это процесс создания трехмерных цифровых моделей объектов, процессов или систем с использованием специализированного программного обеспечения. В нефтегазовой промышленности 3D моделирование применяется для проектирования и визуализации месторождений, буровых установок, трубопроводов, перерабатывающих заводов и других объектов.

Технология позволяет создавать точные цифровые копии реальных объектов, что дает возможность анализировать их работу, выявлять потенциальные проблемы и оптимизировать процессы еще на этапе проектирования. Кроме того, 3D моделирование используется для обучения персонала, моделирования аварийных ситуаций и разработки стратегий их предотвращения.

### 2.2. Преимущества 3D-моделирования

- Оптимизация проектирования и строительства. Традиционные методы проектирования часто требуют значительных временных и финансовых затрат. 3D моделирование позволяет сократить сроки проектирования за счет автоматизации процессов и минимизации ошибок. Благодаря точным цифровым моделям, инженеры могут заранее выявить и устранить потенциальные

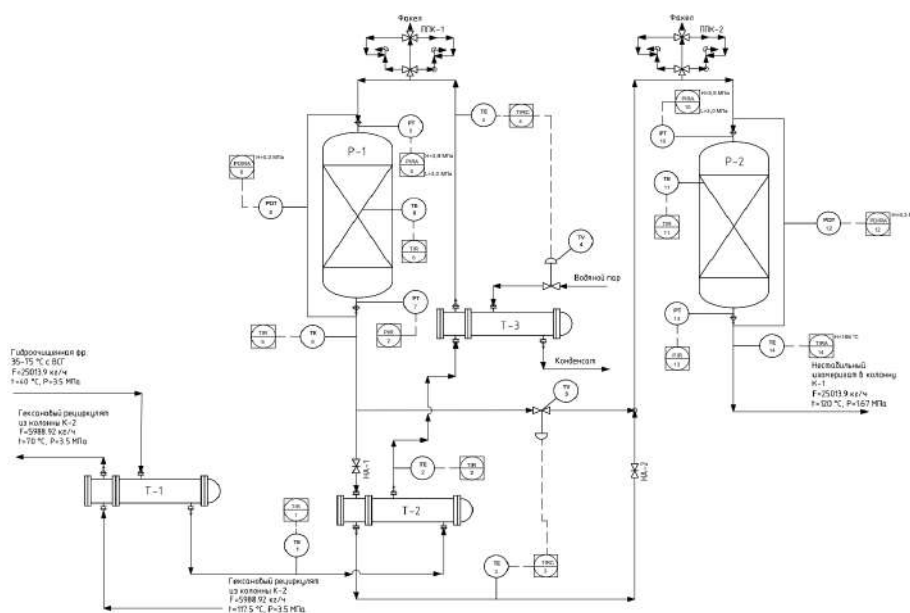
проблемы, что снижает риски дорогостоящих переделок на этапе строительства [2].

- **Повышение безопасности.** Нефтегазовая промышленность связана с высокими рисками для персонала и окружающей среды. 3D моделирование позволяет создавать симуляции аварийных ситуаций, что помогает разрабатывать эффективные планы действий в чрезвычайных ситуациях. Кроме того, виртуальные тренажеры на основе 3D моделей используются для обучения сотрудников, что повышает их готовность к реальным вызовам.
- **Снижение затрат.** Использование 3D моделей позволяет оптимизировать использование материалов и ресурсов, что приводит к значительной экономии. Например, точное моделирование трубопроводов помогает минимизировать потери при транспортировке нефти и газа. Кроме того, снижение количества ошибок на этапе проектирования и строительства также способствует сокращению затрат [3].
- **Улучшение взаимодействия между командами.** 3D моделирование обеспечивает наглядность и понятность проектов для всех участников процесса, включая инженеров, менеджеров и заказчиков. Это улучшает коммуникацию между командами и способствует более эффективному принятию решений.
- **Повышение конкурентоспособности.** Компании, внедряющие 3D моделирование, получают значительное конкурентное преимущество. Они могут быстрее реагировать на изменения рынка, предлагать более качественные и экономически эффективные решения, а также минимизировать риски, связанные с реализацией проектов [4].

### 3. Методы и материалы исследования

Для начала работы была определена область размещения реакторного блока установки каталитической изомеризации пентан-гексановой фракции, предназначенная для моделирования установки в среде Model Studio CS и составлена подробная технологическая схема данного блока (рисунок 1).

На основе составленной схемы был рассчитан материальный баланс и проведены технологические расчеты, используемого оборудования с применением специализированного программного пакета Aspen Hysys [5-7].



**Рисунок 1.** Подробная технологическая схема реакторного блока с предварительным подогревом сырья.

#### 4. Полученные результаты

В процессе создания установки в среде Model Studio CS было спроектировано трехмерное изображение (рисунок 2) реакторного блока с полной детализировкой фундаментов, опор, стоек, эстакад обслуживания аппаратов и трубопроводов [8]. Функциональные возможности программы позволяют автоматически формировать аксонометрические проекции трубопроводов, что в комплексе обеспечивает точную визуализацию направления материальных потоков между аппаратами, а также детальное размещение оборудования на установке [9].



**Рисунок 2.** Трехмерное изображение реакторного блока с предварительным подогревом сырья.

#### 5. Выводы

Таким образом, внедрение 3D моделирования в нефтегазовую промышленность открывает новые горизонты для оптимизации процессов, повышения безопасности и

снижения затрат. Так, к примеру, данную модель можно использовать для реальных установок нефтегазового кластера для создания цифровых двойников и моделирования аварийных ситуаций на предприятиях тем самым обезопасив сотрудников. В условиях растущей конкуренции и ужесточения экологических норм, 3D моделирование становится не просто инструментом, а необходимостью для успешного развития отрасли.

### Список литературы

1. Цифровизация в нефтегазовой промышленности: что это и зачем она нужна: сайт. – URL: <https://ifellow.ru/media-center/tsifrovizatsiya-v-neftegazovoy-promyshlennosti-chto-eto-i-zachem-ona-nuzhna/> (дата обращения: 11.02.2025).
2. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2023. – 423 с.
3. Захарова, А.А. Оптимизация процессов 3D-моделирования месторождений нефти и газа / А.А. Захарова, М.А. Иванов. // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 5. – С. 119
4. Шахраманьян, М.А. Некоторые вопросы повышения конкурентоспособности и зрелости инфраструктурных проектов с использованием технологий информационного анализа / М.А. Шахраманьян, В.П. Куприяновский // International Journal of Open Information Technologies ISSN. – 2022. – Т. 10. – № 12. – С.123-172.
5. Шафииков, Р.Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях / Р.Р. Шафииков, М.М. Фарахов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, В.А. Алексеев // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 12. – С.124-128.
6. Гайфуллин, Д.С. Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде Aspen Hysys и анализ работы моделей / Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Башкирцева Н.Ю. // V Всероссийская (национальная) научная конференция «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в обнаруженных территориях развития» (НТО-V-2024). – 2024. – № 13. – С. 56-61.
7. Шафииков, Р.Р. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Р.Р. Шафииков,

- Л.Н. Шагаев, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 8. – С.104-108.
8. Мурзин, В.М. Импортозамещение программного обеспечения в проектном образовании / В.М. Мурзин, Э.В. Гарифуллина, А.В. Окружнов // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 7. – С. 120-125.
9. Мурзин, В.М. Модель простого информационного пространства в проектном образовании / В.М. Мурзин, Э.В. Гарифуллина, А.В. Окружнов // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 6. – С. 128-132.



УДК 665-658-2  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3003>

EDN  
[MBCNWP](#)

## Моделирование установки каталитической гидроочистки и депарафинизации ДТ в среде Aspen Hysys

А.Д. Шапошников\*, Ю.Х. Усманова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
пр. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Россия

\*E-mail: 20b.shaposhnikovad@fnnh.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается использование цифровых инструментов для моделирования реальных производственных объектов. Нефтегазовая отрасль на сегодня является одним из ключевых секторов экономики страны, обеспечивая значительную часть энергетических ресурсов и сырья для промышленности. Цифровизация играет важную роль в развитии российской нефтегазовой отрасли. Говоря о стабильной и эффективной работе нефтеперерабатывающих заводов, отметим важность процесса гидроочистки. Гидроочистка является одним из ключевых процессов на нефтеперерабатывающих заводах, играя решающую роль в улучшении качества нефтепродуктов. Это связано с ужесточением экологических требований к товарным топливам, необходимостью уменьшения содержания каталитических ядов (металлов, мышьяк, кремний) в прямогонных фракциях и повышения химической и физической стабильности топлив. На нефтеперерабатывающих заводах процесс депарафинизации чаще применяется к дизельным и масляным фракциям. Улучшение низкотемпературных свойств - результат процесса депарафинизации, позволяет применять нефтепродукты в зимний период и на территории крайнего Севера. Сырьем установки является прямогонная дизельная фракция 180-340 °С, состоящая из парафиновых и нафтеновых углеводородов, содержащая преимущественно серу. Рассматриваемая цифровая модель позволяет оценивать эффективность режима работы установки, в зависимости от выбранной марки ДТ (летнее, зимнее, арктическое). Также модель позволяет прогнозировать выход и качество продукции, что помогает оптимизировать условия процесса для достижения желаемых результатов; в дальнейшем, она может быть использована для проектирования новых установок или модернизации существующих с учетом оптимальной технологической схемы реакторного блока. Это позволяет выбрать наиболее эффективные решения для минимизации загрузки катализатора и улучшения качества продукции.

**Ключевые слова:** Aspen Hysys, гидроочистка, гидродепарафинизация, цифровое моделирование.

## Modelling of catalytic hydrotreating and dewaxing of diesel fuel in Aspen Hysys environment

A.D. Shaposhnikov, Y.H. Usmanova

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Ave., Kazan,  
420015, Russia

\*E-mail: 20b.shaposhnikovad@fnnh.ru

**Abstract.** The article discusses the use of digital tools for modelling real production facilities. The oil and gas industry today is one of the key sectors of the country's economy, providing a significant part of energy resources and raw materials for industry. Digitalization plays an important role in the development of the Russian oil and gas industry. Speaking about the stable and efficient operation of oil refineries, we note the importance of the hydrotreating process. Hydrotreating is one of the key processes at refineries, playing a crucial role in improving the quality of petroleum products. This is due to the tightening of environmental requirements for commercial fuels, the need to reduce the content of catalytic poisons (metals, arsenic, silicon) in straight-run fractions and increase the chemical and physical stability of fuels. At oil refineries the dewaxing process is more often applied to diesel and oil fractions. Improvement of low-temperature properties - the result of dewaxing process - allows to use oil products in winter period and in the territory of the extreme North. The raw material of the unit is straight-run diesel fraction 180-340 °C, consisting of paraffin and naphthenic hydrocarbons, containing mainly sulphur. The digital model under consideration allows estimating the efficiency of the plant operation mode, depending on the selected grade of diesel oil (summer, winter, arctic). The model also allows to predict the yield and quality of products, which helps to optimize the process conditions to achieve the desired results; in the future, it can be used to design new units or modernize existing ones, taking into account the optimal technological scheme of the reactor unit. This allows selecting the most efficient solutions to minimize catalyst loading and improve product quality

**Keywords:** Aspen Hysys, hydrotreating, hydrodeparaffinisation, digital modelling.

## 1. Введение

Нефтегазовая отрасль на сегодня является одним из ключевых секторов экономики страны, обеспечивая значительную часть энергетических ресурсов и сырья для промышленности. В последние годы отрасль переживает значительные изменения, связанные с модернизацией производственных процессов и внедрением новых технологий.

На протяжении долгого времени моторные топлива, в том числе дизельное, являлись основной статьей дохода любого нефтеперерабатывающего завода. Улучшение низкотемпературных свойств и удаление гетероатомных соединений, позволяет продукту одновременно соответствовать современным экологическим требованиям (ЕВРО, экологический класс) и применяться во всех климатических зонах, в том числе районах крайнего севера. На установке гидроочистки и гидродепарафинизации получают стабильный гидрогенизат, насыщенный нафтенами и низкомолекулярными алканами, который после добавления керосиновой фракции и присадок, становится товарным продуктом, соответствующим всем требованиям, предъявляемым к ДТ [1-2].

Современные требования к содержанию серы и ПЦА в дизельном топливе становятся все более жесткими, что требует повышения эффективности процесса гидроочистки. Развитие технологии гидроочистки вместе с цифровыми решениями открывает новые возможности для повышения качества дизельного топлива при одновременном снижении экологического воздействия производства.

Согласно Распоряжению Правительства РФ от 7 ноября 2023 г. № 3113-р стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации – ускорение технологического развития российских компаний и обеспечение конкурентоспособности разрабатываемых ими продуктов и решений на российском и мировом рынках; обеспечение устойчивого функционирования производственных и технологических процессов и непрерывности управления ими, в том числе.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

В ходе данной работы необходимо было построить цифровую модель установки каталитической гидроочистки и гидродепарафинизации дизельного топлива в программном пакете Aspen Hysys [3].

Цифровая модель установки гидроочистки может существенно помочь в ведении реального процесса за счет:

- возможности прогнозирования выхода и качества продукции;
- возможности определения оптимальной загрузки катализатора;
- модели могут работать в реальном времени, корректируя параметры процесса на основе текущих данных с датчиков и лабораторных анализов;
- выявление возможности увеличения производительности установок за счет оптимизации условий гидроочистки без значительных капитальных вложений;
- использования для проектирования новых установок или модернизации существующих с учетом оптимальной технологической схемы реакторного блока.

Моделирование позволяет выбрать наиболее подходящие параметры реакторов, такие как температура, давление и расход сырья, что существенно влияет на качество очистки топлива, также можно оценить влияние изменений в конструкции реакторов на процесс гидроочистки. Например, переход от двухреакторной к трехреакторной схеме может снизить общий объем загрузки катализатора.

В перспективе, цифровые модели могут быть интегрированы в системы управления процессом для мониторинга текущих параметров и корректировки условий работы установки в реальном времени и, используя данные из цифровых моделей, можно предсказать необходимость технического обслуживания оборудования или замену компонентов до возникновения аварийных ситуаций.

### *2.1. Описание технологической схемы*

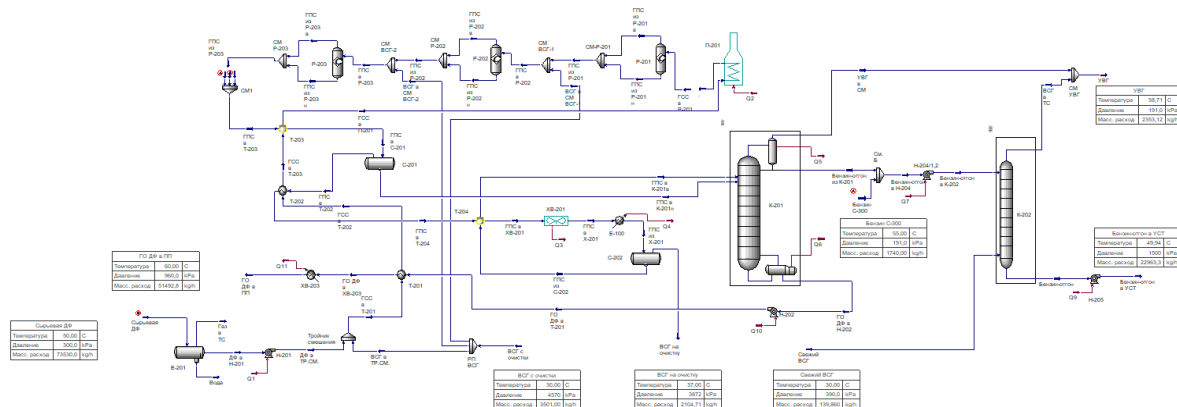
Модель состоит из четырех блоков. Первый блок - подогрева сырья, в который входят теплообменники Т-201 – Т-203 и печь П-201. Сырьевая дизельная фракция смешивается с ЦВСГ и последовательно проходит трубное пространство теплообменников и печь, где нагревается до температуры около 370 °С. Второй блок установки – реакторный блок, который состоит из реакторов Р-201 – Р-203. Газосырьевая смесь последовательно проходит через три реактора. Первый реактор – реактор гидроочистки, второй реактор верхняя половина слоя загружена катализатором гидроочистки, нижняя часть – депарафинизации, третий реактор имеет 2/3 слоя катализатора депарафинизации, после чего 1/3 – финишная гидроочистка. Между первым и вторым и между вторым и третьим реакторами предусмотрен ввод

захлаживающего потока – квенча. Третий блок – блок стабилизации, в который входят сепараторы С-201 – С-202, колонна – К-201, теплообменник – Т-204, холодильники – Х-201, ХВ-201. Газосырьевая смесь попадает в горячий сепаратор С-201, где разделяется на два потока. Жидкий поток поступает на нижнюю питательную тарелку стабилизационной колонны К-201, верхний поток охлаждается в теплообменнике Т-204, холодильнике ХВ-201 и Х-201, после чего поступает в холодный сепаратор С-202, где аналогично делится на два потока, нижний поток, подогреваясь в теплообменнике Т-204, подается на верхнюю питательную тарелку колонны К-201, а верхний поток, идет на очистку и концентрирование ЦВСГ. Колонна К-201 является типичной ректификационной колонной, с куба которой выходит гидроочищенный и депарафинизированный компонент дизельного топлива, подающийся на узел смешения, для получения товарного ДТ Четвертый блок – блок десорбции состоит из колонны десорбера К-201. Побочный продукт процесса депарафинизации бензин-отгон, поступающий с низу дефлегматора К-201, подается в колонну десорбции для удаления сероводорода, засчет отдува из бензин-отгона водородсодержащим газом. После отдува бензин-отгон поступает на узел смешения за пределами установки [5].

### 3. Построение цифровой модели

Исходными данными для моделирования процесса являлись компонентный состав сырьевой дизельной фракции, ЦВСГ, а также продуктовых потоков установки, температура давления и массовые расходы потоков. В качестве пакета моделирования использовался программный пакет Peng-Robinson, поскольку он наиболее точно описывает модели, где в качестве компонентов используются углеводородные смеси с водой. Подобные вещества присутствуют на установках гидроочистки. Реакторный блок был смоделирован через утилиту «реактор конверсии». Набор реакций выбирался на основе фракционного и компонентного состава дизельной фракции. Фракционный состав, был условно разделен на несколько блоков. Для каждого диапазона температур, были выбраны индивидуальные углеводороды, которые подвергались реакциям гидроочистки и гидродепарафинизации, согласно химизму процесса. Выбранные реакции были разделены по реакторам, с учетом загрузки катализатора [6].

Технологическая схема смоделированного процесса представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Технологическая схема процесса каталитической гидроочистки и гидродепарафинизации дизельного топлива.

#### 4. Полученные результаты

Проанализируем эффективность работы спроектированной модели при помощи сравнения составов и физико-химических свойств потоков. Сырьевого потока ДФ и полученного в ходе расчета модели потока. Состав потоков представлен в таблице 1.

**Таблица 1.** Состав сырьевого и продуктового потока дизельной фракции.

Состав	Сырьевая ДФ		Гидроочищенная и депараф. ДФ	
	кг/ч	% мас	кг/ч	% мас
H <sub>2</sub> S	0,00	0,00	0,00	0,0005
H <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
CH <sub>4</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
и-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
н-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
и-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
н-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
Н-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
130°С	529,2	0,72	0,00	0,00
140°С	477,75	0,65	0,00	0,00
150°С	720,3	0,98	22,05	0,03
160°С	624,75	0,85	808,5	1,10
170°С	712,95	0,97	1470,0	2,00
180°С	1146,6	1,56	2866,5	3,9
190°С	1234,8	1,68	2528,4	3,44
200°С	1381,8	1,88	2219,7	3,02
210°С	1359,75	1,85	5012,7	6,82
220°С	2182,95	2,97	5071,5	6,90
230°С	2021,25	2,75	4189,5	5,70
240°С	4336,5	5,9	3689,7	5,02

250°С	5042,1	6,86	6769,35	9,21
260°С	7158,9	9,74	4704,0	6,40
270°С	6093,15	8,29	3395,7	4,62
280°С	6453,3	8,78	7482,3	10,18
290°С	5637,45	7,67	8930,25	12,15
300°С	4211,55	5,73	3491,25	4,75
310°С	5600,7	7,62	1653,75	2,25
320°С	4270,35	5,81	2726,85	3,71
330°С	4020,45	5,47	882,0	1,20
340°С	3410,4	4,64	1793,4	2,44
350°С	2682,75	3,65	2646,0	3,60
360°С	2190,3	2,98	1146,6	1,56
Итого	73500,00	100,00	7350,00	100,00

Сравнив составы сырьевого и продуктового потока, можно заметить уменьшение количества компонентов, выкипающих при температуре, более 300 °С. Это косвенно подтверждает успешность проведения реакций гидродепарафинизации. Высокомолекулярные парафины после реакций «крекирования» уменьшили длину углеродного скелета, тем самым понизив температуру кипения. Также можно заметить уменьшение количества фракций выкипающих в диапазоне температур 130-150 °С. Это можно объяснить повышенной степенью стабилизации дизельной фракции, после колонны К-201.

Кроме фракционного состава, для определения эффективности работы цифровой модели следует сравнить физико-химические свойства двух потоков. Физико-химические свойства потоков представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Физико-химические свойства сырьевого и продуктового потока дизельной фракции.

Свойство	Ед. измерения	Сырьевая ДФ	Гидроочищенная и депарафин. ДФ
Плотность при 20 °С	кг/м <sup>3</sup>	810	842
Вязкость кинематическая при 40°С	мм <sup>2</sup> /с	2,92	2,51
Предельная температура фильтруемости	°С	-5	-41
Содержание общей серы	%	0,028	0,0032
Цетановое число	-	56	47

Аналогичное «улучшение» показателей качества косвенно подтверждают физико-химические свойства потоков, содержание серы соответствует экологическому

классу – K5, низкотемпературные свойства позволяют использовать данную фракцию как компонент любого, в том числе арктического дизельного топлива.

## 5. Выводы

Таким образом, полученная модель, описывает процесс каталитической гидроочистки и депарафинизации дизельной фракции. В дальнейшем цифровая модель может использоваться для проверки эффективности нового катализатора, обучения рабочего персонала физико-химическим основам управления процесса, расчета материального баланса, при изменении состава сырья, поступающего на установку.

## Список литературы

1. Терентьева, Н. А. Гидроочистка топлив: учебное пособие / Н. А. Терентьева, Н. Л. Солодова. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008. – 63 с.
2. Ахметов, С. А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива: учебное пособие / С. А. Ахметов. – СПб: Недра, 2007. – 312 с.
3. Некрасов, И. Моделирование процесса гидрокрекинга при получении дизельных топлив в системе Aspen Hysys / И. Некрасов, В. Тынченко, Я. Тынченко, Т. Панфилова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 12. – С. 214-216.
4. Жилина, В. А. Направления модернизации установок гидроочистки дизельного топлива / А. В. Жилина, Н. А. Самойлов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2017. – № 2. – С. 90-109.
5. Шафиков, Р. Р. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Р.Р. Шафиков, Л.Н. Шагаев, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 8. – С.104-108.
6. Патрихин, М. Ю. Моделирование трехфазного равновесия по уравнению Пенга-Робинсона с учетом полярных компонентов / М. Ю. Патрихин // Химия и химическая технология в XXI веке. – 2023. – № 1. – С. 101-102.
7. Распоряжение Правительства РФ от 7 ноября 2023 г. № 3113-р. – Москва. – С. 67.



УДК 66.021.2.3.048

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3004>

EDN

[MYWSHR](#)

## Технологическое моделирование установки атмосферной перегонки стабильного газового конденсата

С.А. Пономарев\*, Э.В. Гарифуллина, А.Е. Саякин, В.В. Бронская, Н.Ю. Башкирцева

Казанский национальный исследовательский технологический университет, пр. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: serafim.ponomarev.19@list.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка цифровой модели процесса атмосферной перегонки стабильного газового конденсата. Установка первичной переработки нефти является сердцевиной в единой технологической схеме нефте-, газоперерабатывающих предприятий. Изменение режима работы такой установки оказывает влияние на качество и количество выпускаемых продуктов, а также на работу установок вторичной переработки нефти. В работе рассмотрены основные проблемы увеличения мощности установки при отсутствии необходимых технических перевооружений для сохранения проектных показателей качества продуктов. Разработанная цифровая модель может применяться для решения задач оптимизации производительности процесса и производственных условий, определения возможности энергосбережения, расчета экономического потенциала получения дополнительной прибыли, при проектировании аналогичных процессов. Объектом моделирования является действующая установка переработки стабильного газового конденсата мощностью 4 млн тонн в год одного из предприятий, функционирующих на территории Российской Федерации. В ходе моделирования описана технологическая схема процесса, получены материальный и тепловой балансы, показатели качества продуктов процесса. Критерием адекватности оценки работы цифровой модели является сравнение показателей полученных продуктов с реальными данными анализов проб и материальных балансов при условии соблюдения аналогичных параметров процесса.

**Ключевые слова:** моделирование технологических процессов, атмосферная перегонка, режим работы установки, ректификация.

## Technological modeling of the atmospheric distillation unit of stable gas condensate

S.A. Ponomarev\*, E.V. Garifullina, A.E. Salyakin, V.V. Bronskaya, N.Y. Bashkirtseva

Kazan National Research Technological University, Karl Marx Ave., 68, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russia

\*E-mail: serafim.ponomarev.19@list.ru

**Abstract.** The article considers the development of a digital model of the process of atmospheric distillation of stable gas condensate. The primary oil refining unit is the core of a single technological scheme of oil and gas processing enterprises. Changing the operating mode of such a unit affects the quality and quantity of manufactured products, as well as the operation of secondary oil refining units. The paper considers the main problems of increasing the capacity of the unit in the absence of the necessary technical re-equipment to maintain the design indicators of product quality. The developed digital model can be used to solve problems of optimizing process performance and production conditions, determining the possibility of energy saving, calculating the economic potential for obtaining additional profit, when designing similar processes. The object of modeling is an operating stable gas condensate refining unit with a capacity of 4 million tons per year of one of the enterprises operating in the territory of the Russian Federation. During the modeling, the process flow chart is described, material and heat balances, and quality indicators of the process products are obtained. The adequacy criterion for assessing the performance of the digital model is a comparison of the indicators of the obtained products with real data from sample analyzes and material balances, subject to similar process parameters.

**Keywords:** modeling of technological processes, atmospheric distillation, operating mode of the unit, rectification.



## 1. Введение

Первичная перегонка нефти является головным процессом любого НПЗ. На установке перегонки вырабатывается ряд фракций, которые поступают на последующие вторичные процессы переработки (вторичную перегонку, риформинг, гидроочистку и т.д.) [1]. В связи с современной тенденцией углубления переработки нефти, увеличение отбора светлых фракций (фракции до 350-360 °С) является важнейшей задачей технологии первичной перегонки нефти. Повышение четкости погоноразделения является также одной из важных задач технологии переработки нефти, поскольку основные показатели качества дистиллятных фракций существенным образом зависят от фракционного состава дистиллятов [2]. Однако, непрерывное наращивание мощности установок перегонки нефти без значительной их реконструкции привело к заметному ухудшению качества продуктов: налегание температур кипения между некоторыми дистиллятными фракциями достигло 100-150 °С, температура начала кипения мазута стала на 40-50°С ниже температуры конца кипения дизельного топлива, а содержание в мазуте фракции до 350 °С повысилось до 10-12% [3-6].

Газовый конденсат, как и нефть, является смесью жидких углеводородов. Основное отличие между нефтью и газовым конденсатом - отсутствие или крайне низкое содержание смолисто-асфальтеновых соединений в последнем [7].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Процесс перегонки характеризуется высокой технологической гибкостью, что подтверждает возможность рассмотрения вопроса анализа работы действующих объектов с целью увеличения загрузки, улучшения качества продукции, снижения потребления энергоресурсов. Для анализа достижения перечисленных целей разработана цифровая модель установки атмосферной перегонки стабильного газового конденсата.

Основным оборудованием является ректификационная колонна, состоящая из 47 клапанных двухпоточных тарелок. Для вывода продуктов предусмотрено два боковых погона (керосиновая и дизельная фракции). Для съема избыточного тепла предусмотрено одно циркуляционное орошение.

Предварительно нагретое сырье (частично отбензиненный стабильный газовый конденсат) смешивается с рециклом кубового продукта и поступает на 43-ю тарелку колонны. С верха колонны выводится бензиновая фракция, балансовый избыток

которой, направляется в товарный парк. С 14-ой тарелки колонны К-1 выводится керосиновая фракция, которая поступает в колонну К-2/1 для отпарки легких (бензиновых) фракций. С 29-ой тарелки колонны К-1 выводится дизельная фракция, которая поступает в колонну К-2/2 для отпарки легких (бензиновых) фракций. Далее отбензиненные керосиновая и дизельная фракции направляются в парк. Кубовый продукт колонны К-1 (фракция  $> 340^{\circ}\text{C}$ ) разделяется на два потока: первый выводится с установки в качестве компонента товарного стабильного конденсата (фракция  $> 340^{\circ}\text{C}$  (2)), второй в поступает на смешение с сырьем в качестве рецикла.

### 3. Методы и материалы исследования

Исходные данные для технологического моделирования: состав сырья, значения параметров работы и технологическая схема установки. Моделирование осуществлялось в программном обеспечении Aspen Hysys. В процессе моделирования использовался термодинамический пакет Peng-Robinson. Цифровая модель представлена на рисунке 1.

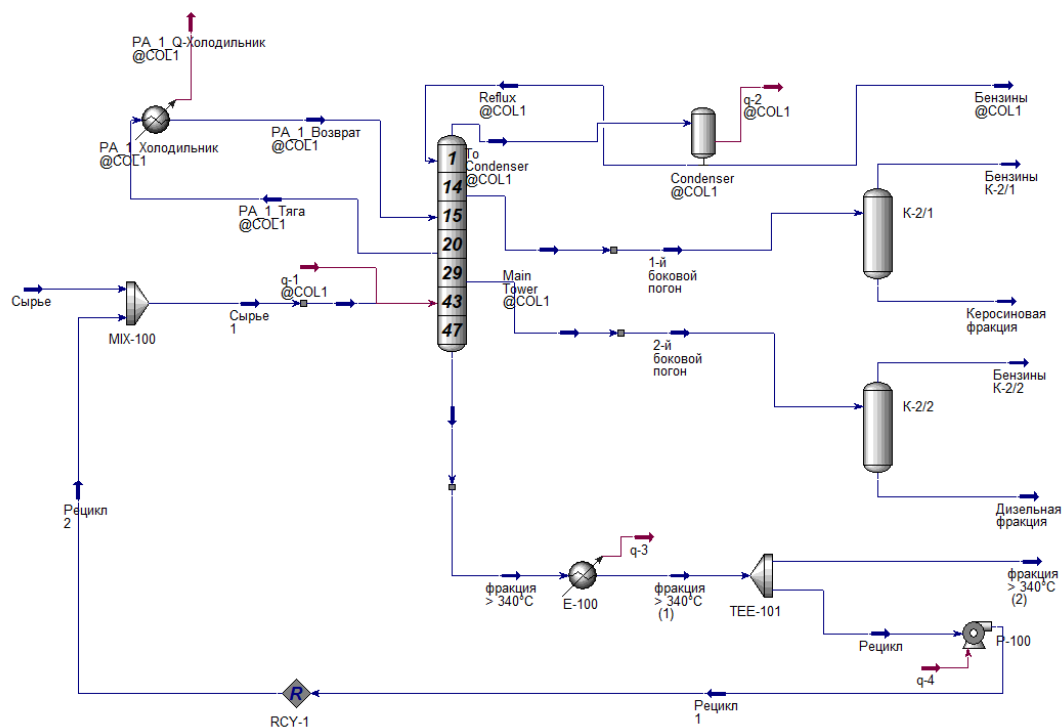


Рисунок 1. Цифровая модель атмосферной перегонки стабильного конденсата.

#### 4. Полученные результаты

Критерием адекватности цифровой модели является сравнение расчетных значений качества продуктов с реальными показателями работы установки. Сравнительными показателями будут являться температурные пределы выкипания и объемный выход продуктов, приведенные в таблицах 1 и 2 соответственно.

**Таблица 1.** Температурные пределы выкипания.

Продукт	Объем выкипания	Значение, °С
Бензиновая фракция	Начало кипения	50
	10%	54,5
	50%	93,5
	70%	109,1
	90%	123,8
	Конец кипения	147,9
Керосиновая фракция	Начало кипения	116,5
	10%	149,6
	50%	163
	90%	180,1
	Конец кипения	208,1
Дизельная фракция	Начало кипения	158,3
	5%	206
	10%	214,5
	50%	254,3
	90%	314,5
	95%	331,4
Кубовый продукт	Начало кипения	98,6
	5%	221,4
	10%	259,3

**Таблица 2.** Объемный выход продуктов.

Продукт	Значение, м <sup>3</sup> /ч
Верхний продукт (балансовый избыток)	112
Бензины отпарки	37
Керосиновая фракция	74
Дизельная фракция	142
Кубовый продукт (балансовый избыток)	46

Сравнение характеристик показало адекватность работы цифровой модели, относительная погрешность показателей составляет не более 3%.

## 5. Выводы

Разработанная цифровая модель на основе действующей установки первичной переработки стабильного газового конденсата адекватно описывает работу установки и может использоваться для принятия решений об оптимизации производительности процесса, определении возможности энергосбережения, при расчете экономического потенциала получения дополнительной прибыли, а также для ускорения проектирования аналогичных установок.

## Список литературы

1. Кемалов, А. Ф. Теоретические и прикладные основы разработки поточной схемы и расчета товарного баланса нефтеперерабатывающего завода / А. Ф. Кемалов, Р. А. Кемалов, Т. Ф. Ганиева. – Казань: КГТУ, 2010. – 12 с.
2. Александров, И. А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке / И. А. Александров. – Москва: Изд-во Москва “Химия”. 1981. – 167 с.
3. Гайфуллин, Д. С. Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде Aspen Hysys и анализ работы моделей / Д. С. Гайфуллин, Э. В. Гарифуллина, Н. Ю. Башкирцева // V Всероссийская (национальная) научная конференция «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-V-2024). – 2024. – № 13. – С. 56-61.
4. Шафиков, Р. Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях / Р. Р. Шафиков, М. М. Фарахов, Э. В. Гарифуллина, В. В. Бронская, В. А. Алексеев // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 12. – С.124-128.
5. Султанова, Л. Р. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л. Р. Султанова, Р. Н. Костромин, В. В. Бронская, О. С. Харитонова, Т. В. Игнашина, Э. В. Гарифуллина // Вестник технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 6. – С. 105-109.
6. Федотов, Р. А. Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р. А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина,

К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.

7. Шафиков, Р. Р. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Р.Р. Шафиков, Л.Н. Шагаев, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 8. – С.104-108.

УДК 004.02, 658-588  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3005>

EDN  
[IGQAEC](#)

## Повышение эффективности планирования профилактического обслуживания оборудования на промышленном предприятии

М.А. Насонов\*

Группа компаний Синтез ОКА, Портовое шоссе, дом 1Б, корпус 2, помещение 9, г. Дзержинск, 606000, Россия

\*E-mail: [ma.nasonov@sintez-oka.ru](mailto:ma.nasonov@sintez-oka.ru)

**Аннотация.** В статье обозначена актуальность повышения эффективности планирования профилактического технического обслуживания оборудования на промышленном предприятии. Рассматриваются исследования, посвященные существующим методам планирования, выявляются их ограничения и недостатки в условиях динамичного производственного процесса. Приводится характеристика проблем исследуемого предприятия, связанных с неэффективностью планирования технического обслуживания. Ставится задача совершенствования планирования ТОиР, включающего организационные, методологические и инструментальные аспекты. Рассматриваются способы решения, основанные на внедрении централизованной системы управления ТОиР, динамического планирования, оптимизации распределения ресурсов, а также использовании автоматизации планирования. Приводится описание аспектов организационного, методологического и инструментального обеспечения. Рассматриваются основные характеристики применяемых методов и технологий. Приводятся полученные результаты, демонстрирующие снижение внеплановых простоев оборудования, сокращение времени выполнения ремонтных работ, повышение точности прогнозирования отказов и рост уровня автоматизации процессов. Обсуждаются пути развития, включая дальнейшую интеграцию аналитических инструментов и расширение применения искусственного интеллекта для прогнозирования и оптимизации ремонтных работ. Представлен вывод о том, что комплексный подход к планированию профилактического технического обслуживания, сочетающий организационные, методологические и инструментальные решения, позволяет значительно повысить эффективность технического обслуживания, снизить внеплановые простои и повысить надежность работы оборудования, обеспечивая устойчивое развитие предприятия.

**Ключевые слова:** профилактическое техническое обслуживание, планирование, повышение эффективности, цифровые технологии, оптимизация ремонта.

## Improving the efficiency of preventive maintenance planning in an industrial company

М.А. Nasonov\*

Group of Companies, Russia, 606000, Dzerzhinsk, Portovoe Shosse, Building 1B, Block 2, Room 9

\*E-mail: [ma.nasonov@sintez-oka.ru](mailto:ma.nasonov@sintez-oka.ru)

**Abstract** The article highlights the relevance of improving the efficiency of preventive maintenance planning in an industrial company. It reviews studies on existing planning methods, identifying their limitations and shortcomings in the context of a dynamic production process. The article provides a characterization of the challenges faced by the studied enterprise, particularly those related to the inefficiencies in maintenance planning. The task of enhancing preventive maintenance planning is set, encompassing organizational, methodological, and instrumental aspects. The article examines solutions based on the implementation of a centralized maintenance management system, dynamic planning, resource allocation optimization, and automated planning processes. A detailed description of the organizational, methodological, and instrumental aspects is provided, along with an analysis of the key characteristics of the applied methods and technologies. The obtained results demonstrate a reduction in unplanned equipment downtime, shorter repair execution times, improved failure prediction accuracy, and increased automation of maintenance processes. The discussion explores future development directions, including further integration of analytical tools and the expansion of artificial intelligence applications for failure prediction and maintenance optimization. The article concludes that a comprehensive approach to preventive maintenance planning, integrating organizational, methodological, and instrumental solutions, significantly improves maintenance efficiency, reduces unplanned downtime, and enhances equipment reliability, thereby ensuring the sustainable development of the enterprise.

**Keywords:** preventive maintenance, planning, efficiency improvement, digital technologies, maintenance optimization.

## 1. Введение

На предприятиях химической промышленности, где сбои в работе оборудования могут приводить к значительным экономическим потерям и создавать экологические риски, организация процесса профилактического технического обслуживания требует четкого планирования, координации и контроля [1]. Однако, традиционные подходы к планированию мероприятий по техническому обслуживанию и ремонтам (ТОиР) зачастую оказываются недостаточно гибкими, что создает проблемы для всей системы профилактического обслуживания оборудования. В исследованиях отмечается, что одной из главных проблем является ограниченность существующих систем планирования, основанных на статических графиках. Такие системы не учитывают динамическую природу производственного процесса, а также наличие ресурсных и временных ограничений, из-за чего возникает несогласованность между заранее запланированными мероприятиями и необходимостью выполнения срочных внеплановых работ. Чаабан и авторы указывают на невозможность полного обслуживания всех компонентов системы из-за высокой динамики внеплановых изменений в графике мероприятий ТОиР, что требует принятия решений о том, какие компоненты получают более высокий приоритет в обслуживании, а какие могут быть отложены несмотря на заранее запланированные сроки. Для решения проблемы авторы предлагают интегрированную модель планирования и контроля исполнения, позволяющую одновременно оптимизировать выбор ремонтируемых компонентов, уровень их технического обслуживания и выполнять распределение задач между исполнителями [2]. Лавринов и Хомякова указывают на ключевые проблемы в организации и проведении ремонтов ввиду отсутствия централизованной информационной системы. В качестве решения авторы предлагают процессный подход и моделирование бизнес-процессов с внедрением цифровых технологий, позволяющих в первую очередь автоматизировать процесс планирования [3]. Катаб и авторы подчеркивают, что традиционные методы планирования технического обслуживания часто не учитывают необходимость работы в условиях ограниченного времени и сложности распределения ресурсов. Авторы предлагают интегрированный подход, который объединяет оптимизацию планирования и исполнения мероприятий ТОиР в единый процесс [4]. Чжао и авторы отмечают, что использование аналитических инструментов, таких как машинное обучение, анализ больших данных и цифровые

двойники, дает возможность оптимизировать графики ТОиР, что повышает общую эффективность производственных процессов, снижает количество внеплановых остановок и повышает срок службы оборудования [5]. Эти и другие исследования указывают на то, что для повышения эффективности планирования профилактического технического обслуживания оборудования необходимо не только совершенствовать методы составления графиков, но и учитывать организационные, методологические и инструментальные аспекты обеспечения эффективности.

## **2. Постановка задачи (Цель исследования)**

Анализ процессов планирования на исследуемом предприятии показал, что система ТОиР строилась в течение долгих лет, постепенно усложняясь и адаптируясь к внешним и внутренним условиям. Однако, со временем существующие подходы к управлению мероприятиями ТОиР стали приводить к сбоям, создавая барьеры для эффективного управления. Сегодня эффективность планирования профилактического технического обслуживания сталкивается с рядом взаимосвязанных проблем, которые негативно сказываются на надежности оборудования и эффективности процессов ТОиР [6]. Проблема состоит в том, что процесс планирования мероприятий ТОиР основан на годовых графиках с заранее определенными сроками проведения регламентных работ и распределенной загрузкой исполнителей, что не позволяет оперативно реагировать на внеплановые отказы оборудования, неожиданные простои и изменения в приоритетах производства. В результате возникают ситуации, когда запланированные работы конфликтуют со срочными корректирующими мероприятиями, что приводит к неэффективному распределению ресурсов и сбоям в работе предприятия.

На основе комплексного и системного подхода к совершенствованию планирования профилактического технического обслуживания требуется устранить существующие недостатки и повысить общую эффективность планирования проведения мероприятий ТОиР.

## **3. Методы и материалы исследования**

### *3.1. Анализ проблем планирования проведения мероприятий ТОиР*

Одной из ключевых проблем является использование статических методов планирования, которые не учитывают изменяющийся характер производственного процесса и этому способствуют ряд факторов, охватывающих организационные, методологические и инструментальные аспекты.



*3.1.1. Организационный аспект.* Частью рассматриваемой проблемы является организационная структура и механизмы взаимодействия внутри подразделений, ответственных за ТОиР. Недостаточная координация между ремонтными службами, производственными подразделениями и персоналом служб обеспечения приводит к неэффективному распределению задач, задержкам в выполнении работ и несогласованности приоритетов. Отсутствие единого стандартизированного подхода к распределению ролей и обязанностей усугубляет эти проблемы, снижая эффективность использования ресурсов и оперативность технического обслуживания.

*3.1.2. Методологический аспект.* С методологической точки зрения несоответствие подхода к планированию ТОиР является серьезным препятствием. В частности, отсутствуют формализованные методики, которые позволяют увязать деятельность по техническому обслуживанию с целями обеспечения надежности оборудования и стратегическими задачами предприятия. Отсутствие четкой модели планирования, учитывающей критичность оборудования, приоритеты на основе анализа рисков и оптимизированную последовательность выполнения работ, ведет к неэффективному принятию решений и несогласованности проведения плановых и внеплановых мероприятий ТОиР.

*3.1.3. Инструментальный аспект.* С инструментальной точки зрения нехватка интегрированных информационных систем и аналитических инструментов затрудняет возможность принятия решений на основе данных. Существующая информационная система управления ТОиР не обладают функциями оперативного мониторинга, прогнозной аналитики и автоматизированного оперативного планирования, что делает невозможной динамическую оптимизацию графиков ТОиР. Кроме того, разобщенность информации между различными подразделениями приводит к появлению изолированных информационных блоков, что затрудняет принятие комплексных управленческих решений и реализацию долгосрочных стратегий по повышению эффективности технического обслуживания.

### *3.2. Повышение эффективности планирования мероприятий ТОиР*

Предложенный подход к повышению эффективности планирования профилактического обслуживания оборудования направлен на устранение выявленных проблем и формирование гибкой, адаптивной системы планирования ТОиР, способной

учитывать динамическую природу производственного процесса, ресурсные ограничения и современные цифровые технологии.

*3.2.1. Организационный аспект.* Организационная структура процесса ТОиР должна обеспечивать эффективное распределение ролей и обязанностей, а также координацию между всеми участниками процесса. Для этого предлагается:

- Создание единого центра управления ТОиР – структурного подразделения, ответственного за мониторинг состояния оборудования, формирование планов технического обслуживания и управление ресурсами.
- Оптимизация процессов взаимодействия между ремонтными службами, производственными подразделениями и отделом планирования через внедрение процессного подхода, четкое разграничение функций и использование цифровых инструментов координации.
- Внедрение системы приоритизации задач – разработка регламентов, позволяющих объективно определять критичность оборудования и степень срочности ремонтных мероприятий на основе анализа данных о его состоянии.
- Развитие культуры профилактического обслуживания – обучение персонала методам прогнозного технического обслуживания и планирования на основе данных, что позволит минимизировать внеплановые ремонты.

*3.2.2. Методологический аспект.* С методологической точки зрения предлагается использовать интегрированную модель планирования ТОиР, которая сочетает элементы динамического и прогнозного планирования. Основные элементы модели включают:

- Гибридное планирование – сочетание долгосрочного (на основе нормативов и регламентов) и краткосрочного (адаптивного) планирования, учитывающего изменения в рабочей нагрузке и техническом состоянии оборудования [7].
- Применение методов Workload Control (WLC) – концепция управления загрузкой ремонтных бригад, позволяющая сбалансировать объем работ и обеспечить равномерное распределение нагрузки на персонал [8].
- Оптимизация графиков ТОиР с учетом риска и критичности оборудования – определение приоритетов технического обслуживания с применением методов анализа риска (например, RCM – Reliability-Centered Maintenance) [9].
- Использование математических моделей для планирования – применение моделей смешанного целочисленного программирования (MILP) [10] для

оптимального распределения ремонтных работ с учетом ресурсных ограничений, рабочих смен и сроков выполнения.

- Внедрение методов предиктивного анализа – использование исторических данных о поломках и техническом состоянии оборудования для прогнозирования возможных отказов и оптимизации периодичности обслуживания [11].

3.2.3. *Инструментальный аспект.* Внедрение современных информационных технологий является ключевым фактором повышения эффективности процессов ТОиР.

В рамках инструментального аспекта предлагается:

- Создание единой цифровой платформы для управления ТОиР – интеграция всех данных о техническом состоянии оборудования, графиках обслуживания, нагрузке ремонтных бригад и внеплановых ремонтах в единую информационную систему.
- Использование методов машинного обучения и анализа данных – применение алгоритмов машинного обучения для выявления закономерностей в работе оборудования, прогнозирования отказов и автоматической корректировки планов ТОиР.
- Внедрение технологий сбора данных мониторинга – моделирование работы оборудования в виртуальной среде для анализа технического состояния, прогнозирования потребности в обслуживании и оптимизации планов ремонта.
- Автоматизация планирования ТОиР – внедрение программных решений, использующих алгоритмы оптимизации и интеллектуальные системы поддержки принятия решений (DSS) [12], что позволяет автоматически формировать оптимальные графики технического обслуживания.

Таким образом, предложенная методология, объединяющая организационные, методологические и инструментальные решения, позволяет повысить адаптивность и эффективность процессов планирования профилактического технического обслуживания в промышленной компании. Реализация комплексного подхода обеспечит сокращение внеплановых простоев, оптимизацию загрузки ремонтных служб и повышение общей надежности производственного оборудования.

#### 4. Полученные результаты

Применение комплексного подхода к планированию профилактического технического обслуживания позволяет достичь значительных улучшений в

эффективности планирования и выполнения ремонтных работ. Анализ результатов внедрения решений, охватывающих организационные, методологические и инструментальные аспекты, показывает следующие результаты:

#### *4.1. Улучшение координации и управления процессами ТОиР*

Создание единого центра управления ТОиР способствует повышению согласованности работы ремонтных служб, сокращению времени согласования и распределения задач. Использование системы приоритетов обеспечивает повышенную оперативность принятия решений о выполнении срочных ремонтных мероприятий, что позволяет сократить среднее время реакции на внеплановые события. Процессный подход к управлению ТОиР способствует улучшению взаимодействия между ремонтными и производственными подразделениями, что снижает количество конфликтов между плановыми и внеплановыми работами.

#### *4.2. Оптимизация планирования и выполнения работ*

Использование методов динамического планирования позволяет гибко адаптировать графики ТОиР к изменениям в производственном процессе, снизив количество сбоев, связанных с несогласованностью между планами и фактическими условиями эксплуатации оборудования. Реализация концепции WLC способствует равномерному распределению загрузки ремонтных бригад, что уменьшает число перегрузок и простоев из-за нехватки персонала. Применение математических моделей MILP для оптимального распределения ремонтных работ позволяет сократить время выполнения ТОиР за счет рационального использования ресурсов.

#### *4.3. Снижение внеплановых простоев*

Использование риск-ориентированного подхода и аналитики отказов дает возможность сосредоточить усилия на критически важных узлах оборудования, что снижает вероятность отказов. Использование анализа данных из информационной системы позволяет заранее планировать необходимые ремонтные мероприятия и снизить аварийные остановки. При тестировании комплексного подхода количество внеплановых простоев оборудования уменьшилось, что привело к повышению общей эффективности производства.

#### *4.4. Повышение уровня автоматизации*

Переход к единой цифровой платформе для управления ТОиР позволяет централизовать данные о состоянии оборудования, автоматизировать учет выполнения

работ и обеспечить прозрачность процессов ТОиР. Автоматизация планирования на основе алгоритмов динамического планирования снижает трудозатраты на подготовку графиков ТОиР, ускорив процесс формирования оптимальных ремонтных планов.

Будущие исследования могут быть направлены на разработку методов машинного обучения для предсказания отказов оборудования с еще большей точностью, а также на интеграцию профилактического обслуживания с системой управления производственными процессами предприятия.

## 5. Выводы

Внедрение комплексного подхода к планированию профилактического технического обслуживания позволяет существенно повысить эффективность процессов ТОиР, снизить внеплановые простои, повысить надежность оборудования и оптимизировать использование ресурсов. Полученные результаты подтверждают, что интеграция организационных, методологических и инструментальных решений является эффективным способом повышения уровня технического обслуживания в промышленной компании.

## Список литературы

1. Насонов, М. А. Стратегии технического обслуживания и ремонтов оборудования для применения на химическом предприятии // Достижения науки и технологий (ДНИТ-11-2023: Сборник научных статей по материалам II Всероссийской научной конференции (Красноярск, 27 февраля 2023 г.). – Красноярск: ОУ «ККДНИТ», 2023. – С. 418-427.
2. Chaabane, K. Integrated imperfect multimission selective maintenance and repairpersons assignment problem / K. Chaabane, A. Khatab, C. Diallo [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – V. 199. – P. 106895.
3. Лавринов, Р. А. Совершенствование процессов управления техническим обслуживанием оборудования посредством внедрения цифровых технологий / Р. А. Лавринов А. А. Хомякова // Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления производством». – 2021. – № 49. – С. 97-106.
4. Khatab, A. Optimization of the integrated fleet-level imperfect selective maintenance and repairpersons assignment problem / A. Khatab, C. Diallo, E. H. Aghezzaf, U. Venkatadri // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2022. – V. 33 – №. 3. – P. 703-718.

5. Zhao, Y. Construction Theory for a Building Intelligent Operation and Maintenance System Based on Digital Twins and Machine Learning / Y. Zhao, N. Wang, Z. Liu, E. Mu // Buildings. – 2022. – V. 12 – № 2.
6. Насонов, М. А. Профилактическое обслуживание оборудования на промышленном предприятии химической отрасли: проблемы и подход к повышению эффективности / М. А. Насонов, С. А. Манцеров // Достижения науки и технологий (ДНИТ-III-2024): Сборник научных статей по материалам III Всероссийской научной конференции. – Красноярск: ОУ «ККДНИТ», 2024. – С. 170-178.
7. ГОСТ Р ИСО 18129-2016 Контроль состояния и диагностика машин. Подходы к контролю состояния машин по показателям их производительности: нац. стандарт Российской Федерации: изд. офиц.: утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 ноября 2016 г. N 1771-ст.
8. Насонов, М. А. Концепция управляемой загрузки для ремонтных бригад на промышленном предприятии / М. А. Насонов // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы XIII международной научно-технической конференции. – Междуреченск: КГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2024.
9. Geisbush, Ja. Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice / Ja. Geisbush, S. T. Ariaratnam // Journal of Quality in Maintenance Engineering. – 2023. – Vol. 29. – № 2. – P. 313-337.
10. Meng, L. MILP modeling and optimization of multi-objective flexible job shop scheduling problem with controllable processing times / L. Meng, Ch. Zhang, B. Zhang [et al.] // Swarm and Evolutionary Computation. – 2023. – V. 82. – P. 101374.
11. ГОСТ Р ИСО 13381-1-2016 Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния. Часть 1. Общее руководство: нац. Стандарт Российской Федерации: изд. офиц.: утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 ноября 2016 г. N 1770-ст.
12. Gupta, B.B. Analysis of the role of global information management in advanced decision support systems (DSS) for sustainable development / B.B. Gupta, P.K. Panigrahi // Journal of Global Information Management. – 2022. – № 31(2). – P. 1-3.

УДК 631.331:629.735.073:004.8  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3006>

EDN  
[ILHLKT](#)

## К вопросу анализа чувствительности системных параметров транспортно-технологических циклов БПЛА

В.А. Подоплелова<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

<sup>2</sup>Сочинский государственный университет, ул. Пластунская, 94, Сочи, 354003, Россия

\*E-mail: podoplelovava@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу чувствительности системных параметров транспортно-технологических циклов БПЛА в условиях неопределенности, обусловленной разнообразием сред функционирования (точное земледелие, горная промышленность, логистика и т.д.) и взаимозависимостью системных параметров. Отмечаются ограничения классических методов анализа чувствительности, которые основаны на оценке дисперсии, применительно к моделям с взаимосвязанными параметрами, такими как время выполнения операций и требуемые ресурсы. Показано, что традиционные подходы, эффективные для независимых переменных, требуют модификации для учета нелинейных зависимостей, характерных для транспортно-технологических циклов БПЛА. Предложены способы совершенствования методов анализа чувствительности, включая введение корректирующих коэффициентов, многокритериальную оптимизацию и интеграцию с алгоритмами искусственного интеллекта. Это позволит повысить точность прогнозирования времени реализации циклов и оптимизировать ресурсное обеспечение, что важно для лиц, принимающих решения, в условиях ограниченной информации. Отмечается роль анализа чувствительности в оценке микропроцессорной производительности, распределении вычислительных ресурсов и интеграции систем распознавания образов в бортовое оборудование БПЛА. Обоснована необходимость разработки специализированных методов анализа, адаптированных к специфике транспортно-технологических циклов БПЛА.

**Ключевые слова:** анализ чувствительности, БПЛА, транспортные циклы, неопределенность, оптимизация, искусственный интеллект.

## On the issue of sensitivity analysis of system parameters of transport and technological cycles of UAVs

V.A. Podoplelova<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

<sup>2</sup>Sochi State University, Plastunskaya St., 94, Sochi, 354003, Russia

\*E-mail: podoplelovava@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the sensitivity analysis of system parameters of UAV transport and technological cycles under uncertainty caused by the diversity of operating environments (precision agriculture, mining, logistics, etc.) and the interdependence of system parameters. The limitations of classical sensitivity analysis methods based on variance assessment are noted, as applied to models with interrelated parameters, such as operation execution time and required resources. It is shown that traditional approaches that are effective for independent variables require modification to account for nonlinear dependencies characteristic of UAV transport and technological cycles. The methods for improving sensitivity analysis methods are proposed, including the introduction of correction factors, multi-criteria optimization, and integration with artificial intelligence algorithms. This will improve the accuracy of forecasting the cycle implementation time and optimize resource provision, which is important for decision makers in conditions of limited information. The role of sensitivity analysis in assessing microprocessor performance, distributing computing resources, and integrating pattern recognition systems into UAV onboard equipment is noted. The need to develop specialized analysis methods adapted to the specifics of UAV transport and technological cycles is substantiated.

**Keywords:** sensitivity analysis, UAVs, transport cycles, uncertainty, optimization, artificial intelligence.



## 1. Введение

Для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) характерно разнообразие как среды функционирования, так операций, выполняемых в рамках реализации транспортно-технологических циклов (ТТЦ) [1-4]. Примерами служит применение БПЛА в точном земледелии, в горной промышленности, в системах логистической поддержки и т.п. [5-8]. При этом ограничения пространства и ресурсов, множественность операций ТТЦ и все виды случайных нарушений в этих операциях приводят к множеству неопределенностей в процессе реализации ТТЦ [9]. Эти неопределенности оказывают влияние на анализ и оптимизацию ТТЦ с учетом допустимых (возможных) реализаций процесса. Неопределенность является неотъемлемым свойством сложных информационно-управляющих систем БПЛА, включая наземную инфраструктуру и периферийное бортовое оборудование [10, 11]. В связи с этим лицо, принимающее решения (ЛПР), при разработке и реализации ТТЦ не может эффективно получить доступ к прогнозной информации, такой как время реализации ТТЦ и потребность в ресурсном обеспечении в условиях неопределенности. Компоненты этой прогнозной информации будем определять, как системные параметры ТТЦ БПЛА. Оценка влияния этих системных параметров на возможные реализации ТТЦ важна с точки зрения контроля точности выполнения и оптимизации ТТЦ.

Одним из общих методов анализа неопределенности является анализ чувствительности (Sensitivity Analysis - SA) [9, 12-14], основные положения которого могут быть использованы для анализа неопределенности процессов реализации ТТЦ. Один из классических примеров анализа чувствительности в инженерном программировании систем обработки сообщений рассмотрен в работах Боэма Б.У. [15-17]. Основываясь на этой работе, отметим, что необходимость применения анализа чувствительности в различных сферах применения БПЛА при реализации их транспортно-технологических циклов базируется на ряде ключевых факторов. Прежде всего, анализ чувствительности играет важную роль в таких аспектах инженерного программирования, как анализ осуществимости ТТЦ на предварительных исследовательских этапах и оценка рисков при планировании, анализе требований и проектировании ТТЦ. Такие оценки для анализа реализации ТТЦ БПЛА позволяют учесть в работе существующее разнообразие сред, в которых функционируют БПЛА, множественность операций в рамках ТТЦ и наличие различных видов случайных нарушений в этих операциях.



## 2. Методы и материалы исследования

В работе [9] отмечается, что применение анализа чувствительности становится необходимым инструментом для исследования влияния различных факторов на производительность систем БПЛА, включая микропроцессорную производительность [18]. Указанные подходы включает оценки накладных расходов в микропроцессорных системах БПЛА в реальных условиях эксплуатации, анализ характеристик работы алгоритмов распределения ресурсов и изучение особенностей интеграции систем искусственного интеллекта, применяемых совместно с БПЛА (или реализуемых на борту). Такой подход позволяет учитывать неопределенность, которая является неотъемлемым свойством таких интегрированных информационно-управляющих систем БПЛА, включая элементы ИИ как в наземной инфраструктуре, так и в периферийном бортовом оборудовании. Подчеркнем важность интеграции анализа чувствительности в процессы проектирования и эксплуатации систем БПЛА для обеспечения их надежности и эффективности в различных условиях применения.

Необходимость анализа чувствительности также обусловлена тем, что он помогает ЛПР преодолеть трудности в получении прогнозной информации о времени реализации ТТЦ и потребностях в ресурсном обеспечении.

В общем случае, анализ неопределенности направлен на выяснение влияния входных переменных на конечную выходную неопределенность модели на протяжении всего процесса анализа чувствительности. Оценка и представление влияния неопределенности является важным разделом теории анализа сложных систем [19, 20]. Формально такой процесс анализа неопределенности можно рассматривать как изучение функций в форме (уравнение 1):

$$Y = [X] = f[x_1, x_2, \dots], \quad (1)$$

где  $Y$  — зависимый выход, на неопределенность которого влияет флуктуация его независимых входов; функция  $f$  представляет общую исследуемую модель или модели  $Y$ , а  $X = [x_1, x_2, \dots]$  —  $k$  независимые входы.

Известно, что целью анализа неопределенности является определение влияния распределения входов ( $X$ ) на все распределение выходов ( $Y$ ).

## 3. Результаты и обсуждение

Рассмотренный подход показал ограничения применимости традиционных методов анализа неопределенности и чувствительности к процессам логистической поддержки транспортно-технологических циклов БПЛА, для которых характерно наличие множества взаимосвязанных параметров. Как показано в ряде ранних работ [21, 22], классический анализ чувствительности, основанный на оценке дисперсии, демонстрирует эффективность лишь в условиях независимости входных параметров или при доминировании единственного параметра. Однако для моделей анализа ТТЦ БПЛА, где такие параметры, как время выполнения операций и потребление ресурсов, взаимозависимы, данный подход требует модификации.

Особенность реализации ТТЦ БПЛА, связанная с разнообразием сред функционирования (агротехнологии и точное земледелие, горная промышленность, логистические системы и др.), множественностью операций и случайными воздействиями на них, приводит к формированию сложных структур взаимозависимых параметров. Например, наблюдаемая корреляция между временем выполнения транспортно-технологических операций и ресурсными затратами создает линейные/нелинейные зависимости, которые не могут быть адекватно оценены методами, предполагающими независимость входных переменных. Это подтверждает необходимость расширения существующих подходов к анализу чувствительности, ориентированных на модели вида (1).

Таким образом, подтверждается важность учета взаимного влияния системных параметров ТТЦ, таких как прогнозируемое время реализации цикла и потребность в ресурсах, которые формируют неопределенность на этапах проектирования и эксплуатации БПЛА. В условиях, когда ЛПР сталкивается с ограниченной прогнозной информацией, классические методы анализа чувствительности, рассмотренные в работах Б.У. Боэма, оказываются недостаточными. Требуется разработка подходов, способных интегрировать анализ созависимых параметров, характерных для процессов реализации ТТЦ БПЛА, включая:

- оценку влияния инфокоммуникационных ресурсов на микропроцессорную производительность систем БПЛА в реальных условиях эксплуатации;
- анализ алгоритмов распределения ресурсов в условиях конкуренции за вычислительные мощности БПЛА и наземного комплекса управления (особенно, в условиях применения роя БПЛА);

- учет особенностей интеграции систем искусственного интеллекта (распознавание образов, эвристический поиск и т.п.) в бортовое оборудование [23, 24].

Расширение и обобщение методов анализа чувствительности должно быть направлено на преодоление ограничений, связанных с взаимозависимостью параметров. Например, модификация подходов на основе дисперсии может включать введение корректирующих коэффициентов, учитывающих степень связи между входными переменными, или применение методов многокритериальной оптимизации для оценки вклада каждого параметра в общую неопределенность модели. Это позволит не только повысить точность прогнозирования времени реализации ТТЦ и потребности в ресурсах, но и оптимизировать процессы принятия решений в условиях ограниченной информации.

Таким образом, разработка специализированных методов анализа чувствительности для ТТЦ БПЛА, учитывающих специфику взаимозависимых параметров, является одним из важных направлений для повышения надежности и эффективности систем логистической поддержки применения БПЛА в различных условиях эксплуатации.

#### 4. Заключение

Для практики применения БПЛА в различных условиях эксплуатации анализ чувствительности в управлении системными параметрами транспортно-технологических циклов БПЛА имеет важное значение, так как условия эксплуатации, включая разнообразие сред функционирования, множественность операций ТТЦ и влияние случайных воздействий на БПЛА формируют сложные модели учета взаимозависимых параметров. Требуется разработка методов, способных оценивать неопределенности, связанные с прогнозированием времени реализации ТТЦ и потребностью в ресурсах, которые обеспечат программно-алгоритмическую поддержку ЛПР в условиях ограниченной информации.

Выявлены ограничения классических методов анализа чувствительности, основанных на оценке дисперсии для моделей с взаимозависимыми параметрами. Например, корреляция между временем выполнения операций и ресурсными затратами требует модификации традиционных методик, таких как введение корректирующих коэффициентов или применение многокритериальной оптимизации. Это позволит

учесть нелинейные зависимости между входными переменными, характерные для систем логистической поддержки БПЛА, и повысить точность прогнозирования.

Особое значение имеет интеграция анализа чувствительности в процессы проектирования и эксплуатации БПЛА, включая оценку микропроцессорной производительности, алгоритмов распределения ресурсов и особенностей систем искусственного интеллекта. Это позволит повысить надежность бортового оборудования и наземной инфраструктуры, особенно в условиях роевого применения БПЛА, когда конкуренция за вычислительные ресурсы усиливает неопределенность.

Перспективным направлением исследований является разработка специализированных методов анализа чувствительности, адаптированных к специфике ТТЦ БПЛА. Такие методы должны не только преодолевать ограничения, связанные с взаимозависимостью параметров, но и обеспечивать оптимизацию решений в условиях динамически изменяющейся среды. Дальнейшие исследования могут быть направлены на комбинацию анализа чувствительности с методами машинного обучения для автоматизации прогнозирования и управления ресурсами в реальном времени.

В заключение отметим, что совершенствование методик анализа чувствительности актуально для развития технологий БПЛА с целью повышения эффективности их применения в различных отраслях. Следует также отметить необходимость междисциплинарного подхода, объединяющего достижения инженерного программирования, теории сложных систем и искусственного интеллекта, для создания устойчивых и адаптивных систем управления ТТЦ БПЛА.

### Список литературы

1. Маннонов, Ж. А. Технологические процессы функционирования производственно-транспортной системы и вопросы их логистического управления / Ж. А. Маннонов, С.К. Имомназаров, Д.Х. Купайсинов, Б.М. Жамилов // *Universum: технические науки*. – 2022. – № 6-3 (99). – Р. 43-47.
2. Kovalev, I. V. On the problem of increasing the efficiency of UAVs technologies in agrarian business / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – V. 421. – P. 72020. – DOI: 10.1088/1755-1315/421/7/072020. – EDN: ZLDJY.

3. Kovalev, I. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – V. 70. – P. 012007. – DOI: 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN: UEMYPJ.
4. Ковалев, И. В. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И. В. Ковалев, А. А. Новожилов, Т. А. Рукавицына // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 4(42). – С. 36-39. – EDN: NBIRKP.
5. Yablokova, A. Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture / A. Yablokova, D. Kovalev, I. Kovalev [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – V. 471. – P. 04018. – DOI: 10.1051/e3sconf/202447104018. – EDN: FFYFSI.
6. Kovalev, I. Digitalization of UAV transport and technological cycles in smart agriculture / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S web of conferences. – 2023. – V. 390. – P. 03014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202339003014. – EDN: MPXPRL.
7. Kovalev, I. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – V. 471. – P. 04017. – DOI: 10.1051/e3sconf/202447104017. – EDN: LGAJJO.
8. Kovalev, I. Conceptual basis for digitalization of specifications of transport and technological cycles of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – V. 443. – P. 06014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202344306014. – EDN: QEBFFO.
9. Wu, Y. Multi-parameters uncertainty analysis of logistic support process based on GERT / Y. Wu, X. Pan, R. Kang, C. He, L. Gong // Journal of Systems Engineering and Electronics. – 2014. – V. 25. – No. 6. – P. 1011-1019.
10. Kovalev, I. V. Space Technologies for the Sustainable Development of the Transport Infrastructure of the Arctic Territories / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, R. B. Kovalev [et al.] // Transportation Research Procedia. – 2023. – V. 68. – P. 796-801. – DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.111. – EDN: ХНВТХI.
11. Брайткрайц, С. Г. Методический подход к формированию облика комплекса бортового радиоэлектронного оборудования беспилотных летательных аппаратов большой продолжительности полета / С.Г. Брайткрайц, В.А. Евдокимов, Е.М. Ильин, А.И. Полубехин // Вестник СибГУТИ. – 2016. – № 3(35). – P. 6-14.

12. Borgonovo, E. Probabilistic sensitivity measures as information value / E. Borgonovo, G.B. Hazen, V.R.R. Jose, E. Plischke // *European Journal of Operational Research*. – 2021. – Т. 289. – P. 595-610.
13. Ma, Y. Structural fault diagnosis of UAV based on convolutional neural network and data processing technology / Y. Ma, F. Mustapha, M. R. Ishak, S. Abdul Rahim, M. Mustap // *Nondestruct. Test. Eval.* – 2023. – P. 1-20.
14. Alsalem, A. Sensitivity Analysis of MEMS Accelerometer for the Vibration Measurement of VTOL UAV / A. Alsalem, M. Zohdy // *IEEE*. – 2023 – P. 320-325. – DOI: 10.1109/SMARTCOMP58114.2023.00079.
15. Боэм, Б. Характеристики качества программного обеспечения / Б. Боэм, Дж. Браун, Х. Каспар, М. Липов, Г. Мак-Леод, М. Мерит. – М.: Мир, 1981. – 208 с.
16. Боэм, Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 512 с.
17. Ковалев, И.В. Многоатрибутивное управление трудозатратами на разработку n-вариантных программных систем / И.В. Ковалев, Ю.А. Нургалева, С.Н. Ежеманская, В.Ю. Ерыгин // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 8-1. – С. 124-127.
18. Kovalev, I. V. Analysis of system parameters in a microprocessor performance model of a swarm of agricultural spraying UAVs / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, K. D. Astanakulov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2023. – V. 1284. – No. 1. – P. 012030. – DOI: 10.1088/1755-1315/1284/1/012030. – EDN: OUMMEG.
19. Ковалев, И. В. Методология оценки и повышения надежности программно-информационных технологий и структур: монография / И. В. Ковалев, Т. И. Семенов, Р. Ю. Царев; Федер. агентство по образованию, Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск: КГТУ, 2005. – 160 с. – ISBN: 5-7636-0719-1. – EDN: QMPHWR.
20. Kovalev, I. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2015. – V. 70. – P. 012007. – DOI: 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN: UEMYRJ.
21. Ковалев, И. В. К вопросу реализации мультиверсионной среды исполнения бортового программного обеспечения автономных беспилотных объектов средствами операционной системы реального времени / И. В. Ковалев, В. В. Лосев, М. В. Сарамуд [и др.] // *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева*. – 2017. – Т. 18. – № 1. – С. 58-61. – EDN: YKCCWL.

22. Kovalev, I. Model implementation of the simulation environment of voting algorithms, as a dynamic system for increasing the reliability of the control complex of autonomous unmanned objects / I. Kovalev, V. Losev, M. Saramud, M. Petrosyan // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 132. – P. 04011. – DOI: 10.1051/mateconf/201713204011. – EDN: XNKSVN.
23. Бояринов, Е. Искусственный интеллект в беспилотных летательных аппаратах / Е. Бояринов // Вестник науки. – 2023. – V. 4. – № 5(62). – P. 770-773.
24. Матюха, С.В. Искусственный интеллект в беспилотных авиационных системах / С.В. Матюха // Транспортное дело России. – 2022. – № 1. – P. 8-11.

УДК 69.059.5  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3008>

EDN  
[IOXSZO](https://www.ioxszo.ru)

## Интеграция BIM-систем и БПЛА в сфере недвижимости и строительства: обзор инновационных подходов и практических решений

П.В. Ендуткин\*

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90,  
Красноярск, 660049, Россия

\*E-mail: [Endutkin@kp-pro.ru](mailto:Endutkin@kp-pro.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию синергетического эффекта от интеграции BIM-технологий и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в строительной отрасли и сфере недвижимости. Рассматривается комплексная методология использования дронов с элементами искусственного интеллекта для автоматизации процессов создания цифровых двойников объектов, мониторинга строительных площадок и визуализации объектов недвижимости. Потенциал интеграции подтверждается повышением точности топографической съемки, сокращением сроков контроля качества строительства, снижением затрат на геодезические работы. Технология позволяет агентствам недвижимости создавать интерактивные 3D-туры с погрешностью реконструкции менее 2 см. Делается вывод о том, что перспективной является интеграция нейросетевых алгоритмов для прогнозирования дефектов строительных конструкций.

**Ключевые слова:** BIM-технологии, БПЛА, цифровое строительство, 3D-моделирование, мониторинг объектов.

## Integration of BIM systems and UAVs in the field of real estate and construction: an overview of innovative approaches and practical solutions

P.V. Endutkin\*

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049,  
Russia

\*E-mail: [Endutkin@kp-pro.ru](mailto:Endutkin@kp-pro.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the study of the synergistic effect of integrating BIM technologies and unmanned aerial vehicles (UAVs) in the construction and real estate industries. The article considers a comprehensive methodology for using drones with elements of artificial intelligence to automate the processes of creating digital twins of objects, monitoring construction sites and visualizing real estate objects. The potential of integration is confirmed by an increase in the accuracy of topographic surveys, a reduction in the time frame for quality control of construction, and a reduction in the cost of geodetic work. The technology allows real estate agencies to create interactive 3D tours with a reconstruction error of less than 2 cm. It is concluded that the integration of neural network algorithms for predicting defects in building structures is promising.

**Keywords:** BIM technologies, UAVs, digital construction, 3D modeling, object monitoring.



## 1. Введение

Современная строительная индустрия переживает радикальную трансформацию, обусловленную внедрением сквозных цифровых технологий [1-4]. По данным Международной ассоциации автоматизации в строительстве (IAAC), интеграция BIM и БПЛА позволяет сократить сроки проектирования на 30%, а количество ошибок на этапе строительства — на 45%. В России, согласно постановлению Правительства № 331 от 2022 года, использование BIM-технологий стало обязательным для объектов с государственным участием, что актуализирует поиск эффективных инструментов сбора и обработки пространственных данных [5-7].

Учитывая, что основная проблема традиционных подходов заключается в разрыве между цифровым проектированием и физической реализацией объектов, возможным решением становится синтез двух технологий [8-11]:

- BIM-систем как среды для управления жизненным циклом объекта;
- БПЛА как источника актуальных геопространственных данных в реальном времени.

Экспериментальные данные Группы «Эталон», размещенные на интернет-ресурсе («Дроны на стройке: как технологии меняют облик индустрии», источник: <https://xn--blagarfwarpgcl.xn--plai/>) демонстрируют, что еженедельный мониторинг стройплощадок дронами снижает количество переделок на 27% за счет раннего выявления отклонений от проекта.

## 2. Методы и материалы

В рамках методологии интеграции BIM и БПЛА рассмотрим архитектуру технологического стека, которая объединяет три ключевых компонента [12]:

1. Беспилотные платформы с RTK-коррекцией (погрешность позиционирования 1-2 см), оснащенные лидарами и мультиспектральными камерами.
2. Облачная платформа обработки данных с алгоритмами фотограмметрии (Agisoft Metashape, Pix4D).
3. BIM-среда (Autodesk Revit, Graphisoft Archicad) с плагинами для импорта геоданных.

Технологический процесс включает четыре этапа:

1. Аэрофотосъемка объекта с плотностью 200 точек/м<sup>2</sup>.
2. Построение ортомозаики и облака точек в формате LAS.

3. Конвертация в IFC-формат с привязкой к системе координат.

4. Визуальный анализ расхождений «как построено» (As-Built) и «как спроектировано» (As-Designed).

Критерии оценки могут включать как экономические показатели (стоимость геодезических работ, сроки проекта), так и технические параметры (точность моделей, количество дефектов).

Ограничения методов связаны с зависимостью от погодных условий (дождь, ветер свыше 15 м/с), особенностями работы лидаров в помещениях с высокой отражающей способностью и необходимостью калибровки оборудования БПЛА перед каждым вылетом.

### 3. Результаты и обсуждение

Актуальным является применение алгоритмов искусственного интеллекта в обработке данных. Внедрение нейросетевых моделей YOLOv5 и U-Net позволяет автоматизировать следующие операции:

- выявление трещин в бетоне с точностью 92%;
- контроль соблюдения техники безопасности (отсутствие касок у 97% рабочих);
- распознавание монтажных элементов по классификатору OmniClass.

Практическая реализация в строительстве отражается в трех важных направлениях интеграции BIM-систем и БПЛА: BIM-моделирование жилого комплекса [13]; мониторинг объектов культурного наследия [14, 15]; синтез технологий виртуальных туров [16].

BIM-моделирование жилого комплекса выполнялось компанией «Донстрой», которая использовала дроны DJI M300 с камерой P1 для:

1. Создания цифрового двойника территории 12 га за 3 дня (вместо 14 дней при ручной съемке).

2. Выявления отклонений положения несущих колонн на 7 см на раннем этапе монтажа.

3. Оптимизации логистики стройматериалов через анализ тепловой карты перемещений техники.

В результате было отмечено сокращение сроков ввода объекта на 11% и экономия 23 млн руб. за счет предотвращения переделок.

Мониторинг объектов культурного наследия осуществлялся при реставрации исторических зданий в Санкт-Петербурге с применением таких технологий, как:

1. Лазерное сканирование фасадов дроном Flyability Elios 3.
2. Сравнение с BIM-моделью в программном комплексе Rescap Pro.
3. Автоматическая генерация дефектных ведомостей.

Точность измерений составила 1.4 мм, что в 8 раз превышает требования СП 13-102-2003.

Применение в риэлторской деятельности характеризуется разработкой технологии виртуальных туров. С этой целью агентства недвижимости «Этажи» и ЦИАН внедрили решение на базе:

- дронов DJI Mavic 3 Enterprise с камерой 20 Мп;
- ПО Matterport для построения 3D-панорам;
- интеграции с CRM-системами через API.

По результатам применения пользовательский анализ показал увеличение конверсии на 40% для объектов с 3D-турами и сокращение времени на проведение показов на 65%.

#### 4. Заключение

Представленный обзор показал, что интеграция BIM-технологий и беспилотных летательных аппаратов формирует новый технологический уклад в строительной отрасли и сфере недвижимости. Комплексное применение этих инструментов позволяет преодолеть традиционный разрыв между цифровым проектированием и физической реализацией объектов, обеспечивая непрерывный цикл обработки данных от этапа концепции до эксплуатации. Дальнейшие исследования также будут направлены на создание самообучающихся цифровых двойников, способных прогнозировать эксплуатационные характеристики объектов.

Экономический эффект внедрения технологии подтверждается сокращением сроков контроля качества за счёт автоматизированного выявления отклонений между моделями As-Built и As-Designed. Оптимизация логистики стройматериалов через тепловые карты перемещений техники, демонстрируют снижение операционных затрат для объектов масштаба жилого комплекса. При этом технологии на базе RTK-коррекции, лидарного сканирования и облачной обработки данных обеспечивают воспроизводимость результатов независимо от сложности архитектурных форм.

Перспективным направлением развития представляется интеграция нейросетевых алгоритмов, таких как YOLOv5 и U-Net, для прогнозирования дефектов строительных конструкций. Это позволит перейти к управлению рисками, минимизируя затраты на исправление ошибок. Дополнительный потенциал заключается в адаптации технологии для мониторинга объектов культурного наследия, обеспечивая точность измерений при решении задач, связанных с сохранностью исторических фасадов зданий при реставрации.

Внедрение решений на базе БПЛА и BIM-систем в риэлторской деятельности уже сегодня трансформирует рынок недвижимости, повышая конверсию сделок за счёт интерактивных 3D-туров. Ограничения для масштабирования данной технологии заключаются в решении задач, связанных с калибровкой оборудования в условиях повышенной отражающей способности материалов и автоматизацией обработки данных в реальном времени.

Таким образом, интеграция BIM-систем и БПЛА формирует основу для цифровой трансформации строительной отрасли, обеспечивая не только экономическую эффективность, но и переход к устойчивому развитию через оптимизацию ресурсопотребления. Для развития данных технологий важным аспектом остается разработка стандартов интеграции искусственного интеллекта в циклы управления объектами недвижимости и создание нормативной базы для использования автономных дронов в условиях плотной городской застройки.

### Список литературы

1. Павлова, А.В. BIM технологии в цифровом развитии строительной индустрии / А.В. Павлова // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2021. – № 2(56). – С. 109-113.
2. Петров, К. Оптимизация строительных процессов с использованием BIM / К. Перов. – Екатеринбург: УралНИИ, 2021.
3. Ендуткин, П. В. Концептуальные принципы архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения BIM-систем / П.В. Ендуткин, И.В. Ковалев // Информатика. Экономика. Управление - Informatics. Economics. Management. – 2024. – 3(4). – С. 0330-0338. – DOI: 10.47813/2782-5280-2024-3-4-0330-0338.
4. Золотарев, В. В. Сокращение сроков строительства монолитного каркаса многоквартирного дома / В.В. Золотарев // Современные инновации, системы и

- технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – 3(4). – С. 0401-0412. – DOI: 10.47813/2782-2818-2023-3-4-0401-0412.
5. Panjehpour, M. Drone Integration with BIM: A Review / M. Panjehpour // Current Trends in Civil & Structural Engineering. – 2019. – Vol. 3. – № 1. – P. 1-3.
  6. Akinsemoyin, A. Framework for UAV-BIM Integration for Proactive Hazard Identification in Construction / A. Akinsemoyin, S. Langar, I. Awolusi // Conference on Construction Research Congress. – 2024. – P. 697-706. – DOI: 10.1061/9780784485262.071.
  7. Зарубин, А.А. Эффективная интеграция операций машинного обучения в образовательные и исследовательские процессы / А.А. Зарубин, Н.М. Редругина, В.Е. Дрепа // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – № 4(4). – С. 0215-0226. – DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-4-0215-0226.
  8. Тлепов, Д. К. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве: современные решения и возможности / Д. К. Тлепов // Молодой ученый. – 2024. – № 20 (519). – С. 77-80.
  9. Носков, И.В. Дрон-технологии в строительстве - современные решения и возможности / И. В. Носков, К. И. Носков, С. В. Тиненская, С. А. Ананьев // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 27. – EDN: YSEXRI.
  10. Chen, Y. Applications of BIM and UAV to Construction Safety / Y. Chen, J. Zhang, B.-C. Min // CSCE Annual Conference. – 2019. – P. 1–10.
  11. Saputra, H. Integrating BIM and UAV for Building 3D Modeling: A Case Study of Wisma Sri Mahkota Bengkalis / H. Saputra, F. Azizan, N. Fahmi // CSID Journal of Infrastructure Development. – 2022. – Vol. 5. – № 1. – P. 122–138.
  12. Евстратова, Л.Г. О возможной интеграции методов фотограмметрии и BIM-технологии / Л.Г. Евстратова // Современные проблемы геодезии. – 2018. – № 3. – С. 12=25.
  13. Рыбин, Е.Н. BIM-технологии / Е.Н. Рыбин, С.К. Амбарян, В.В. Аносов, Д.В. Гальцев, М.А. Фахратов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т. 9. – № 1(28). – С. 98-105.
  14. Грейс, А. А. Цифровая реставрация объектов монументального искусства с применением методов компьютерного зрения и машинного обучения / А.А. Грейс, И.В. Ковалев, А.А. Ворошилова // Современные инновации, системы и технологии -

Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – № 4(4). – С. 0254-0277. – DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-4-0254-0277.

15. Ермолаева, Е. И. Опыт применения технологии BIM в изучении, воссоздании и музеефикации зданий и сооружений в России / Е.И. Ермолаева, А.Ю. Майничева // Баландинские чтения. – 2020. – Т. 15. – № 1. – С. 460-470. – DOI:10.24411/9999-001A-2020-10051.
16. Зайцева, М. А. Технология создания виртуальных интерактивных туров RUBIUS 3DTourKit / М.А. Зайцева, А.П. Лысак, С.Ю. Дорофеев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 97-102.

УДК 665.637  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3009>

EDN  
[JGFSWY](#)

## Импортозамещение приборов КиА установки вакуумной перегонки нефти

**А.Е. Сялякин\*, И.Ю. Егошин, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, Н.Ю. Башкирцева**

Казанский национальный исследовательский технологический университет, пр. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: mcrofficial182@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено значение контрольно-измерительных приборов и автоматизации (далее приборов КиА) на стабильную и безопасную работу установок объектов нефтегазовой отрасли на примере установки вакуумной перегонки нефти. Проведен анализ использования приборов КиА западных производителей при проектировании объектов нефтегазовой отрасли ввиду их доступности и надежности на момент проектирования. Обозначена необходимость замены приборов КиА западных производителей на отечественные в рамках всесторонней программы импортозамещения в целях поддержки российских производителей. Приведены проблемы применения отечественных приборов вместо приборов иностранных производителей ввиду усложненной процедуры согласования отхода от проектных решений. Обозначена необходимость организации технических перевооружений для проектной замены западных приборов КиА на отечественные для ранее спроектированных установок с целью обеспечения возможности своевременной замены прибора при его выходе из строя. Проведен анализ ситуации на отечественном рынке приборов КиА на сегодняшний день, выполнено сравнение западных и российских приборов, разработана таблица совместимости основных видов использующихся приборов КиА для организации замены приборов в рамках импортозамещения.

**Ключевые слова:** приборы контроля и автоматизации, импортозамещение, установка вакуумной перегонки.

## Import substitution of control and automation equipment for vacuum distillation of oil

**A.E. Salyakin\*, I.Yu. Egoshin, E.V. Garifullina, V.V. Bronskaya, N.Yu. Bashkirtseva**

Kazan National Research Technological University, Karl Marx Ave., 68, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russia

\*E-mail: mcrofficial182@gmail.com

**Abstract.** This article discusses the importance of control, measuring and automation devices (hereinafter referred to as C&A devices) for stable and safe operation of oil and gas industry facilities using a vacuum oil distillation unit as an example. An analysis of the use of C&A devices from Western manufacturers in the design of oil and gas industry facilities is conducted due to their availability and reliability at the time of design. The need to replace C&A devices from Western manufacturers with domestic ones within the framework of a comprehensive import substitution program in order to support Russian manufacturers is outlined. The problems of using domestic devices instead of devices from foreign manufacturers are presented due to the complicated procedure for approving deviations from design solutions. The need to organize technical re-equipment for the design replacement of Western C&A devices with domestic ones for previously designed units is outlined in order to ensure the possibility of timely replacement of a device in the event of its failure. An analysis of the current situation on the domestic C&A device market is conducted, Western and Russian devices are compared, a compatibility table of the main types of C&A devices used is developed to organize the replacement of devices within the framework of import substitution.

**Keywords:** control and automation devices, import substitution, vacuum distillation unit.

## 1. Введение

Эксплуатация объектов нефтегазохимической отрасли предполагает использование большого количества контрольно-измерительных приборов и автоматизации (КиА), от стабильности работы которых зависит нормальная и безопасная эксплуатация установки.

Использование западных приборов КиА при проектировании установок первичной или вторичной переработки нефти ранее считалось типовым решением, так как западные приборы КиА отличались высокой надежностью и были доступны на российском рынке. Однако в настоящее время, ввиду геополитической ситуации в стране, наблюдается нехватка западного оборудования, поэтому при выходе из строя прибора западного производства возникает проблема его замены на отечественный аналог [1].

При этом, отход от проектных решений при необходимости замены или ремонта приборов КиА влечет за собой усложненную процедуру согласования применения непроектных материалов. В то же время, установка эксплуатируется без учета вышедшего из строя прибора, что увеличивает риск возникновения аварийной ситуации.

Для решения проблемы необходима организация всестороннего проектного импортозамещения приборов КиА на отечественные аналоги. Разработка таких технических перевооружений позволит обеспечить доступность как приборов КиА, так и запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) для его технического обслуживания [2].

## 2. Импортозамещение приборов КиА на установке вакуумной перегонки

Установка вакуумной перегонки предназначена для получения вакуумного газойля широкого фракционного состава (350...500°C), который используется как сырье в процессах каталитического крекинга, гидрокрекинга или термического крекинга [3]. На установке вакуумной перегонки эксплуатируется типовое оборудование для установок первичной или вторичной перегонки нефти: кожухотрубчатые теплообменники, ректификационные колонны, компрессорные машины, насосные агрегаты и трубчатые печи [4]. Поэтому аппаратное оформление приборами КиА установки вакуумной перегонки аналогично остальным установкам



нефтеперерабатывающего завода. К основным приборам относятся: датчики давления, температуры, расхода, уровня, пламени, вибрации, а также регулирующие клапаны [5].

Для организации импортозамещения приборов был проведен анализ отечественных производителей для применения аналогов на западных позициях, сравнение производителей представлено в таблице 1.

**Таблица 1.** Сравнение импортных и отечественных производителей.

Наименование прибора	Импортный производитель	Отечественный аналог
Датчик давления	Yokogawa	Эмис
Датчик температуры	Endress+Hauser	Тесей
Датчик расхода	Flexim	Эмис
Датчик уровня	Vega	РивалКом
Клапан регулирующий	ДС Контролз	Самсон Контролс
Датчик пламени	Общемаш	ДюрагАйСиПи
Датчик вибрации	Pruftechnik	НПП "ТИК"

Анализ производился на основе технических характеристик приборов, а также габаритным размерам и подобию конструкции для исключения возникновения коллизий при замене приборов.

По итогам анализа видно, что на сегодняшний день импортозамещение приборов КиА возможно благодаря развитию отечественных производителей.

### 3. Выводы

Внедрение проекта по замене западных приборов КиА на отечественные на установке вакуумной перегонки позволит сократить время на ремонтные работы при выходе прибора из строя, что уменьшит риск возникновения аварийной ситуации.

### Список литературы

1. Салякин, А.Е. Цифровизация установок первичной переработки нефти / А.Е. Салякин, С.А. Никитин, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, О.С. Харитоновна, А.Г. Мухаметзянова // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-IV-2023): Сборник научных

- трудов IV Всероссийской научной конференции с международным участием (г. Красноярск, 09-10 ноября 2023 г.). – Красноярск, 2023. – № 10. – С. 118-125.
2. Саякин, А.Е. Переход на отечественные САПР в образовательных учреждениях / А.Е. Саякин, А.Г. Мухаметзянова, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Сборник материалов XXV Международной научно-практической конференции. – 2023. – С.24-26.
  3. Федотов, Р.А. Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р.А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина, К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.
  4. Шафиков, Р.Р. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Р.Р. Шафиков, Л.Н. Шагаев, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 8. – С. 104-108.
  5. Запылихина, А.Р. Проблемы импортозамещения контрольно-измерительных приборов и автоматики в современных условиях / А.Р. Запылихина // Современное развитие нефтегазовой отрасли России. – 2024. – С. 139-141.

УДК 004.413.2 + 930

EDN  
[JGSFGV](#)

## Проектирование агрегатора научно-технической информации по археологии с использованием методов искусственного интеллекта

**П.Е. Артемьев\***

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

\*E-mail: [sanchello13pv@mail.ru](mailto:sanchello13pv@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема систематизации и анализа археологических данных. Археология, как наука, сталкивается с вызовами, связанными с растущим объемом и разнообразием информации, что создает трудности в доступе и анализе данных. Актуальность проекта «Проектирование агрегатора научно-технической информации по археологии с использованием методов искусственного интеллекта» обусловлена необходимостью создания эффективных инструментов для автоматизации обработки и анализа информации, что позволит повысить точность и скорость исследований как в данной области, так и в смежных науках (гуманитарные, естественно-научные). Статья описывает цель работы, состоящую в разработке программного комплекса для сбора, структурирования и анализа данных из различных источников. Основное внимание уделяется использованию методов машинного обучения и обработки естественного языка для автоматизации процессов аннотирования и классификации данных. Данная работа представляет собой применение автоматизации в анализе и обработке научной информации в сфере археологии, предоставляя в конечном итоге исследователям необходимый инструмент для эффективной работы с данными, а также возможности широкому кругу пользователей в ознакомлении с этой предметной областью. Результаты и выводы исследования демонстрируют значимость интеграции новейших технологий и подходов в археологии, подчеркивая необходимость дальнейших исследований в данной области.

**Ключевые слова:** программная инженерия, археология, искусственный интеллект, анализ данных, клиент-серверное приложение.

## Designing an aggregator of scientific and technical information on archeology using artificial intelligence methods

**P.E. Artemev\***

Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

\*E-mail: [sanchello13pv@mail.ru](mailto:sanchello13pv@mail.ru)

**Abstract.** This paper proposes the problem of systematization and analysis of archaeological data. Archaeology, as a science, is facing challenges related to the growing volume and variety of information, which creates difficulties in accessing and analyzing data. The relevance of the project "Designing an aggregator of scientific and technical information on archeology using artificial intelligence methods" is due to the need to create effective tools for automating information processing and analysis, which will improve the accuracy and speed of research both in this field and in related sciences (humanities, natural sciences). The article describes the purpose of the work, which is to develop a software package for collecting, structuring and analyzing data from various sources. The main focus is on the use of machine learning and natural language processing techniques to automate data annotation and classification processes. This work represents the application of automation in the analysis and processing of scientific information in the field of archaeology, providing researchers with the necessary tool for effective work with data, as well as opportunities for a wide range of users to familiarize themselves with this subject area. The results and conclusions of the study demonstrate the importance of integrating the latest technologies and approaches in archaeology, emphasizing the need for further research in this area.

**Keywords:** software engineering, archeology, artificial intelligence, data analysis, client-server application.

## 1. Введение

В последние десятилетия происходит значительный рост объема доступной информации, связанной с археологическими исследованиями, однако существующие базы данных и ресурсы часто являются фрагментированными и разрозненными. Это создает существенные трудности для специалистов в этой области, так как доступ к необходимой информации затруднен, а возможности для комплексного анализа ограничены.

Актуальность проекта «Проектирование агрегатора научно-технической информации по археологии с использованием методов искусственного интеллекта» обусловлена растущей объемностью и разнообразием данных в археологии. Научная новизна данной работы заключается в использовании современных технологий машинного обучения и обработки естественного языка для автоматизации процессов сбора и анализа археологической информации. Это позволит не только повысить эффективность работы исследователей, но и создать уникальный инструмент для анализа археологических источников, их классификации и сопоставления.

В качестве основы для анализа предметной области были найдены схожие проекты по своей реализации, концепции в предметной области [3, 7]; в других предметных областях [1, 4-6, 8].

Автором установлено, что в настоящее время в предметной области «археология» отсутствуют работы, посвящённые реализации агрегатора научной археологической информации с использованием новых методов машинного обучения и использования картографической информации, представленной в открытых данных по археологии, можно рассматривать данную работу как первую в данной области.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью работы является проектирование программного комплекса, который будет собирать, структурировать и обеспечивать доступ к научной информации из различных источников (отчёты, акты государственной историко-культурной экспертизы (ГИКЭ), публикации) по археологии.

Основными задачами разрабатываемой системы являются:

- Сбор данных. Автоматическое извлечение данных из открытых и специализированных научных источников;

- Обработка информации. Использование методов машинного обучения для классификации и аннотирования собранных данных;
- Анализ и поиск. Разработка алгоритмов для быстрого поиска и фильтрации информации на основе запросов пользователей;
- Реализация интерфейса. Создание удобного и информативного веб-интерфейса для пользователей.

### 3. Методы и материалы исследования

В таблице 1 представлен перечень всех используемых технологий в проекте. При подборе инструментов наибольшее внимание заслуживали те варианты, которые удобны в использовании и просты в освоении, а также имеют хорошую документацию. Необходимо учитывать взаимную совместимость и интеграцию инструментов, а также возможность с их помощью оптимизировать веб-приложение для повышения общей производительности. На основе этих принципов был выбран ряд технологий, которые наилучшим образом отвечают потребностям проекта.

**Таблица 1.** Стек используемых технологий.

№	Назначение	Инструмент
1	Язык программирования	JavaScript, HTML, CSS, JQuery, Python
2	Интегрированная среда разработки	WebStorm, PyCharm
3	Фреймворк кроссплатформенной разработки	Django
4	Система управления базами данных	PostgreSQL
5	Распределенная система управления версиями	Git
6	Систематизация задач и управление проектом	Trello
7	Диаграмма Ганта	Online Gantt

Для обработки и анализа данных использованы следующие методы: кластерный анализ, корреляционный анализ, регрессионный анализ, методы обработки естественного языка (NLP), машинное обучение; компьютерное зрение.

В результате реализации этих методов анализа данных будет получена качественно новая платформа для создания, анализа и экспертной оценки научной и научно-технической информации по археологии.

#### 4. Полученные результаты

Клиентская часть представляет собой JavaScript-приложение с графическим интерфейсом, реализованным с использованием HTML, CSS, JS, Ajax. Клиентское приложение связывается с серверным приложением по протоколу HTTP [2].

Серверная часть состоит из веб-сервера и СУБД, которые взаимодействуют по протоколам TCP/UDP (LAN). СУБД осуществляет взаимодействие с базой данных при получении и обработке каких-либо запросов. веб-сервер включает в себя веб-контейнер, в который входят URL диспетчер, контроллер и компоненты модели данных. URL диспетчер обрабатывает обращения к тому или иному адресу, полученные от клиентской части. Контроллер обращается к СУБД и реализует ответ на полученные запросы. Компоненты модели данных являются представлением тех данных, которые были получены по запросу от базы данных (рисунок 1).

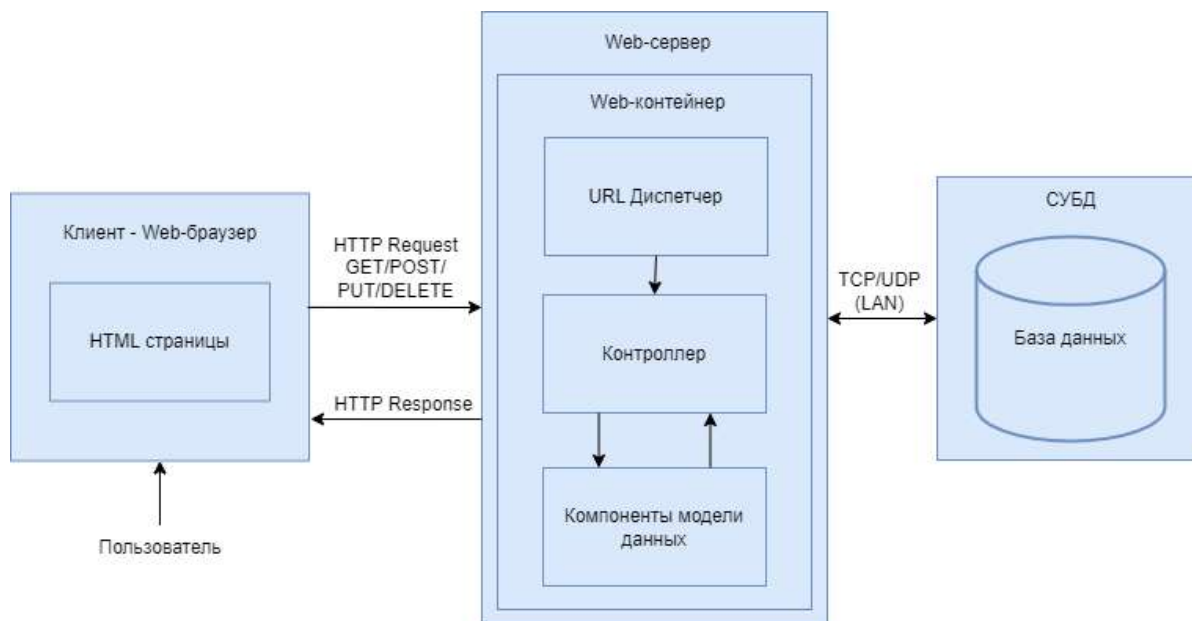


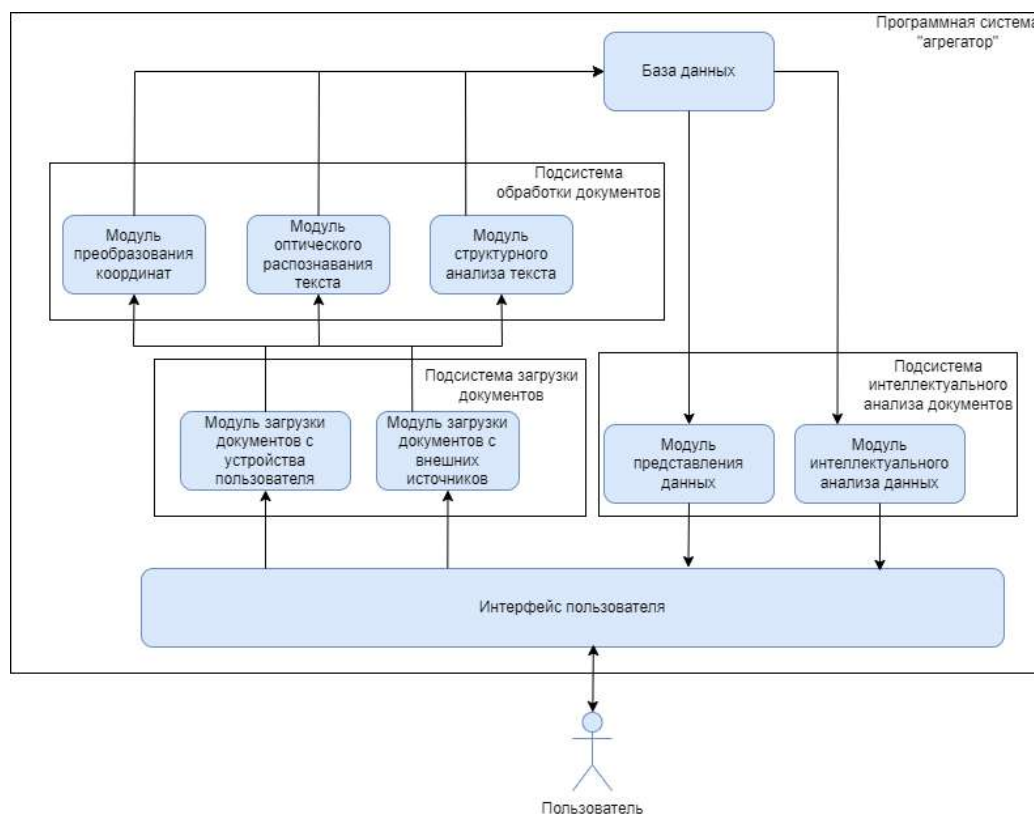
Рисунок 1. Архитектура приложения.

В состав системы должны входить следующие компоненты:

- Подсистема загрузки документов осуществляет загрузку файлов с локального устройства пользователя, либо производит скачивание документов с внешних источников.

- Подсистема обработки документов производит обработку всех загружаемых в систему документов – разбивает текст на структурные части документа, проводит оптическое распознавание текста на изображениях, извлекает и преобразует координаты и картографическую информацию для дальнейшего нанесения на интерактивную карту.
- Подсистема интеллектуального анализа текста проводит анализ агрегированной и формализованной информации, извлечённой из документов, и предоставляет его в удобном виде для отображения на пользовательском интерфейсе.

На основе требований к компонентному содержанию программной системы была составлена модульная схема приложения (рисунок 2).



**Рисунок 2.** Модульная схема приложения.

## 5. Выводы

В результате работы проведен обзор существующих аналогов разрабатываемого приложения и их анализ, сформулированы требования к системе, определен технологический стек. После этого спроектированы база данных, серверная и клиентская

часть приложения. Спроектирован веб-сервис с учётом всех предъявляемых к нему требований.

В ходе реализации проекта выполнены следующие задачи:

- создан набор диаграмм, формализующий требования к системе;
- спроектирована база данных;
- спроектирована архитектура приложения в целом;
- спроектирована архитектура серверной части;
- спроектирована модульная архитектура приложения;
- спроектирован интерфейс разрабатываемого приложения в виде интерактивного макета;
- определен набор методов анализа данных и их назначение для работы с данными предметной области.

Данный сформированный набор документации призван значительно облегчить и организовать дальнейшую разработку программной системы.

Создание агрегатора открывает новые горизонты для дальнейшего развития в области археологического анализа и взаимодействия. Будущие исследования будут ориентированы на совершенствование алгоритмов машинного обучения и разработку дополнительных функций для глубокого анализа и интерпретации археологических данных.

### Список литературы

1. Binaq, A. A. Design Platform Financial Aggregator in Agriculture / A. A. Binaq // Jurnal Sistem Cerdas. – 2019. – Vol. 2, no. 1. – P. 34-46. – DOI 10.37396/jsc.v2i1.16. – URL: <https://apic.id/jurnal/index.php/jsc/article/view/16/18> (дата обращения: 23.02.2025).
2. Богданенко, Д. А. Подходы к архитектурному проектированию веб-приложений / Д. А. Богданенко // Молодой ученый. – 2018. – № 9 (195). – С. 24-29. – URL: <https://moluch.ru/archive/195/48609/> (дата обращения: 23.02.2025).
3. Виноградская, М. Ю. Проектирование модели веб-сайта «археология» / М. Ю. Виноградская, Е. И. Шаронов // Дневник науки. – 2023. – № 1(73). – EDN PIARCA. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50437601\\_99179818.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_50437601_99179818.pdf) (дата обращения: 23.02.2025).
4. Казакова, Е. Б. Единая информационная система и единый агрегатор торговли "Березка" в системе государственных закупок и их правовое регулирование / Е. Б.



- Казакова, А. Ю. Шишкова // Наука. Общество. Государство. – 2020. – Т. 8, № 2(30). – С. 162-173. – DOI 10.21685/2307-9525-2020-8-2-18. – EDN TRNFVY. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43054672\\_51584298.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43054672_51584298.pdf) (дата обращения: 23.02.2025).
5. Колосок, И. Н. Demand Response агрегатор как бизнес-процесс в условиях цифровизации энергетики / И. Н. Колосок, Е. С. Коркина // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – № 4(45). – С. 62-67. – EDN FSLLSW. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47270705\\_17232797.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47270705_17232797.pdf) (дата обращения: 23.02.2025).
6. Лапина, Т. И. Разработка и реализация интернет-платформы агрегатора автосервисов / Т. И. Лапина, В. А. Сарычев, В. Ю. Цевка // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 40-58. – DOI 10.21869/2223-1536-2022-12-2-40-58. – EDN PISNZI. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_49350797\\_91411111.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_49350797_91411111.pdf) (дата обращения: 23.02.2025).
7. Сомов, А. К. Цифровая платформа Енисейской Сибири “Сибириана” / А. К. Сомов, Е. Р. Брюханова, О. А. Антамошкин, Т. С. Плешкова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2024. – Т. 17, № 9. – С. 1782-1789. – EDN RMZJPT. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_74508942\\_37595956.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_74508942_37595956.pdf) (дата обращения: 23.02.2025).
8. Smirnov, D. Pharmacy Aggregator Web Application / D. Smirnov. – Bachelor of Engineering Thesis. – 2019. – 57 p. – URL: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266434/DaniilSmirnov%20Thesis%20Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (дата обращения: 23.02.2025).

УДК 004-855-5

EDN  
[JJYVPU](#)

## Использование методов машинного обучения без учителя для обнаружения аномалий в энергопотреблении зданий

Д.А. Луговой\*

Ярославский государственный технический университет, пр. Московский, 88, Ярославль, 150023, Россия

\*E-mail: [lugovoidmal@yandex.ru](mailto:lugovoidmal@yandex.ru)

**Аннотация.** В условиях стремительного роста энергопотребления и нарастающей угрозы энергетического кризиса эффективное управление энергоресурсами становится критически важной задачей. Одним из ключевых направлений в этой сфере является обнаружение аномалий в потреблении энергии, что позволяет своевременно выявлять случаи неэффективного использования ресурсов, технические неисправности оборудования, возможные утечки энергии, а также потенциальные кибератаки, направленные на энергосистемы. Если такие отклонения не выявлять оперативно, возрастает риск значительных финансовых потерь, увеличения эксплуатационных затрат, возникновения аварийных ситуаций, а также снижения общей надежности и устойчивости энергетической инфраструктуры. Для решения данной проблемы активно применяются современные методы машинного обучения, которые позволяют анализировать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и прогнозировать возможные риски. Такие методы находят широкое применение в интеллектуальных системах мониторинга энергопотребления, позволяя оперативно обнаруживать неисправности, повышать энергоэффективность и предотвращать критические сбои в работе энергетических объектов. В данной работе рассмотрены передовые подходы к анализу данных энергопотребления с использованием методов машинного обучения, а также их практическое применение для выявления аномалий, повышения надежности энергосистем и оптимизации управления ресурсами.

**Ключевые слова:** информационные технологии, датасет, аномалии, энергопотребление, Python.

## Using machine learning techniques without teacher to detect anomalies in the energy consumption of buildings

D.A. Lugovoi\*

Yaroslavl State Technical University, 88 Moskovsky pr., Yaroslavl, 150023, Russia

\*E-mail: [lugovoidmal@yandex.ru](mailto:lugovoidmal@yandex.ru)

**Abstract.** In the context of rapidly growing energy consumption and the growing threat of an energy crisis, effective management of energy resources is becoming a critical task. One of the key areas in this area is the detection of anomalies in energy consumption, which allows timely identification of inefficient resource utilization, technical equipment malfunctions, possible energy leaks, and potential cyberattacks targeting energy systems. If such deviations are not promptly detected, the risk of significant financial losses, increased operating costs, emergencies, and a decrease in the overall reliability and sustainability of the energy infrastructure increases. To solve this problem, modern machine learning methods are actively used, which allow analyzing large amounts of data, identifying hidden patterns and predicting possible risks. Such methods are widely used in intelligent energy monitoring systems, enabling rapid fault detection, improving energy efficiency and preventing critical failures in energy facilities. This paper discusses advanced approaches to analyzing energy consumption data using machine learning techniques and their practical applications for anomaly detection, improving power system reliability, and optimizing resource management.

**Keywords:** information technology, dataset, anomalies, energy consumption, Python.

## 1. Введение

В современных условиях стремительного роста энергопотребления и возрастания вероятности глобального энергетического кризиса эффективное управление энергоресурсами приобретает особую значимость. Одним из ключевых направлений в данной сфере является своевременное выявление аномалий, сигнализирующих о нерациональном использовании ресурсов, технических неисправностях или попытках несанкционированного подключения к энергосетям.

Здания потребляют свыше 40 % всей вырабатываемой в мире энергии и являются источником более 30 % глобальных выбросов CO<sub>2</sub>. Современные счетчики и интеллектуальные датчики, установленные в жилых и коммерческих объектах, ежедневно собирают и обрабатывают огромные массивы данных. При эффективном анализе эта информация может быть использована для выявления отклонений в энергопотреблении, что позволит конечным пользователям, поставщикам энергии и коммунальным предприятиям оптимизировать использование ресурсов.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Неисправность электрических устройств в зданиях может приводить к их нестабильной работе, что выражается в повышенном энергопотреблении, увеличении времени функционирования по сравнению с нормативными показателями и, в некоторых случаях, может привести к полному выходу оборудования из строя [1].

Для решения этой проблемы можно применять технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые обеспечивают новые подходы к управлению энергопотреблением и повышению энергоэффективности зданий. Благодаря ИИ становится возможным автоматизировать обработку данных, что значительно ускоряет и улучшает процесс выявления отклонений в энергопотреблении.

## 3. Методы и материалы исследования

Аномалии в данных – это редкие или неожиданно возникающие отклонения, которые могут указывать на потенциальные проблемы, такие как поломки оборудования, ошибки в измерениях, незаконное вмешательство в систему или кибератаки. Методы машинного обучения позволяют автоматизировать процесс выявления таких отклонений, обеспечивая более высокую точность и надёжность по сравнению с традиционными методами анализа.

Машинное обучение представляет собой процесс, при котором компьютерные системы самостоятельно распознают закономерности в данных без явного программирования. Этот метод можно сравнить с обучением человека, который постепенно учится классифицировать объекты и находить связи между событиями. Современные алгоритмы машинного обучения позволяют автоматизированным системам решать сложные задачи, которые ранее требовали участия специалистов, тем самым расширяя возможности интеллектуального управления энергоресурсами [2].

Машинное обучение представляет собой совокупность методов и алгоритмов, которые позволяют компьютерам анализировать данные, выявлять закономерности и принимать обоснованные решения. В зависимости от характера задачи применяются различные подходы, одним из которых является обучение без учителя.

Обучение без учителя – это метод, при котором модель самостоятельно выявляет скрытые структуры в данных без заранее заданных правильных ответов. Такой метод широко применяется в задачах кластеризации, поиска аномалий и сокращения размерности данных [3]. Основная задача этого метода — выявление скрытых аномалий или нестандартных моделей потребления без предварительной информации о них. Алгоритм анализирует данные и ищет отклонения, которые ранее не были известны, позволяя обнаруживать неожиданные закономерности.

Кластерный анализ представляет собой метод разделения набора объектов на группы (кластеры) таким образом, чтобы внутри каждой группы элементы имели максимальное сходство по определённым характеристикам, а между группами различия были наиболее выраженными [4]. Кластеризация представляет собой метод машинного обучения, позволяющий разделять данные о потреблении электроэнергии на группы, чтобы выявлять нормальные и аномальные случаи без необходимости предварительной разметки.

Также известный как одноклассовое обучение (One-Class Learning, OCL), данный метод рассматривает исходные данные как принадлежащие одной из двух категорий: нормального или аномального потребления. При этом отрицательная группа (аномальные случаи) может быть частично известна, плохо определена или вовсе отсутствовать, что усложняет задачу классификации и требует разработки специальных алгоритмов.

В машинном обучении одним из эффективных способов предварительной обработки данных является снижение размерности, позволяющее исключить незначимые параметры и уменьшить избыточность информации. Это снижает вычислительные затраты и улучшает качество классификации данных об энергопотреблении. Для этой цели применяются различные методы, такие как анализ главных компонент (PCA), линейный дискриминантный анализ (LDA), квадратичный дискриминантный анализ (QDA) и множественный дискриминантный анализ (MDA).

Методы обучения без учителя (unsupervised learning) обладают значительными преимуществами, особенно в случаях, когда разметка данных недоступна или требует слишком больших затрат. Они позволяют моделям самостоятельно выявлять структуры в данных и адаптироваться к новым условиям без предварительного вмешательства человека.

Датасет представляет собой упорядоченный набор данных, организованный в табличной форме, где каждому объекту присваиваются определённые характеристики, связи или параметры. Такие структуры используются для построения аналитических моделей, тестирования гипотез и обучения нейросетей на основе исторической информации [5].

Выбранный для решения описанной проблемы набор данных включает в себя почасовые показания счетчиков за один год из 1636 нежилых зданий, собранных с 16 различных площадок по всему миру. Кроме этого, в нем содержатся такие метаданные о здании, как `square_feet`, `year_built` и `floor_count` для описания структуры здания (задается идентификатором `building_id`). Кроме того, к ним прилагаются различные погодные параметры, которые помогают лучше моделировать энергопотребление зданий.

Этот набор данных содержит измерения, полученные с помощью четырех различных типов счетчиков энергии (электричество, охлажденная вода, пар и горячая вода). Для задачи обнаружения аномалий были использованы данные почасовых показаний 1413 электросчетчиков из 16 различных типов зданий, таких как офисные, которые отслеживались в течение одного года. В данной работе делается акцент на счетчиках электроэнергии (1413).

Данный набор данных может быть разделена на раздел с точечными аномалиями и раздел с последовательными или коллективными аномалиями:

- 1) точечная аномалия;

2) последовательная или коллективная аномалия.

#### 4. Полученные результаты

Для обработки датасета была использована специально разработанная программа на языке Python. Она производит подготовку данных из датасета для последующего анализа. Программа работает следующим образом. Изначально выделяются данные по энергопотреблению для одного здания (1319). Затем заполняются пропуски. После программа оставляет только одиночные аномалии. Данные разделяются на обучающие и тестовые множества. Полученные множества стандартизируются. В конце работы программы выводятся готовые графики (рисунки 1, 2, 3, 4).

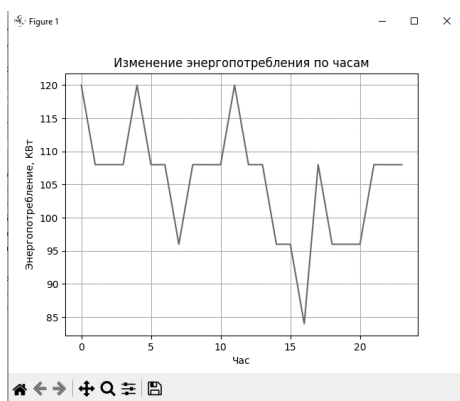


Рисунок 1. График № 1.

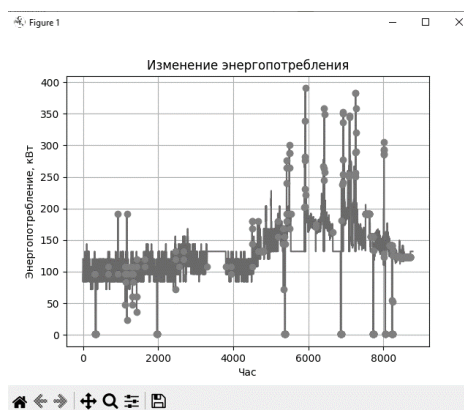


Рисунок 2. График № 2.

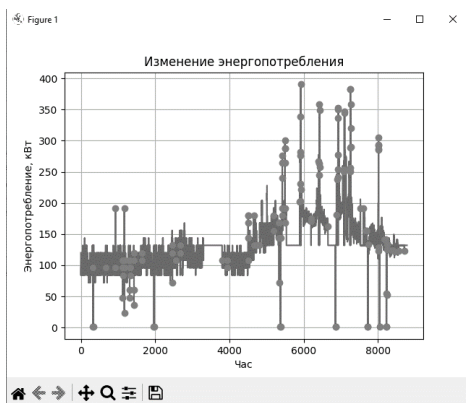


Рисунок 3. График № 3.

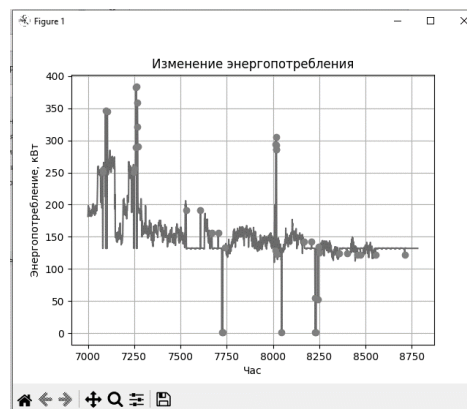


Рисунок 4. График № 4.

#### 5. Выводы

В рамках работы был проведен всесторонний обзор современных методов обучения без учителя для анализа аномалий. Изучены и рассмотрены основные алгоритмы, применяемые для выявления аномалий в данных. Эти методы позволяют

эффективно обнаруживать выбросы в данных без необходимости наличия заранее размеченных данных, что особенно актуально для анализа энергопотребления, где аномалии могут возникать по различным причинам.

Для практической части исследования был найден и использован подходящий датасет, содержащий данные об энергопотреблении различных зданий. А с помощью специально разработанной программы была произведена обработка выбранного датасета.

Таким образом, проведенное исследование показало, что методы обучения без учителя могут успешно применяться для анализа аномалий в энергопотреблении, предоставляя полезные решения и способствуя более эффективному управлению энергоресурсами.

### Список литературы

1. Himeur, Y. Artificial intelligence based anomaly detection of energy consumption in buildings: A review, current trends and new perspectives / Y. Himeur, Kh. Ghanem, A. Alsalemi, F. Bensaali, A. Amira // Applied Energy. – 2021. – V. 287. – P. 1-9. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921001409> (дата обращения: 30.01.2025).
2. Машинное обучение: просто о сложном. – cloud.ru: сайт. – 2021. – URL: <https://cloud.ru/ru/blog/machine-learning-about> (дата обращения: 30.01.2025).
3. Обучение без учителя (Unsupervised learning). – Loginom Wiki: сайт. – URL: <https://wiki.loginom.ru/articles/unsupervised-learning.html> (дата обращения: 30.01.2025).
4. Кластеризация. – Университет ИТМО: сайт. – 2022. – URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F> (дата обращения: 30.01.2025).
5. Датасет: почему аналитику данных не обойтись без этого инструмента. – Россия – страна возможностей: сайт. – 2022. – URL: <https://rsv.ru/blog/dataset-pochemu-analitiku-dannyh-ne-obojtis-bez-etogo-instrumenta/> (дата обращения: 30.01.2025).



УДК 631.331:004.89

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3012>

EDN

[KEJLIU](#)

## Интеграция БПЛА в системы точного высева: перспективные подходы для совершенствования сеялок в умном земледелии

Д.И. Ковалев<sup>1, 2,\*</sup>

<sup>1</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

\*E-mail: kovalev.dw7@gmail.com

**Аннотация.** В работе рассматриваются перспективные методы совершенствования сеялок точного высева с учетом интеграции беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и интеллектуальных технологий. Показано, что современные системы точного высева, дополненные возможностями БПЛА для картирования полей, мониторинга посевов и анализа данных в режиме реального времени, способствуют повышению эффективности сельскохозяйственных операций, позволяют оптимизировать транспортно-технологические циклы БПЛА и использование ресурсов и, соответственно, повысить урожайность. Несмотря на дополнительные инвестиции в техническое оснащение, интеграция БПЛА в системы точного высева обеспечивает сокращение производственных затрат и повышение урожайности основных сельскохозяйственных культур. Это подтверждает экономическую целесообразность такой интеграции для средних и крупных аграрных предприятий. Экологические преимущества предлагаемых решений связаны с оптимизацией использования земельных ресурсов, снижением воздействия на почву и сокращением расхода агрохимикатов. Дальнейшие перспективы совершенствования интегрированных систем БПЛА и сеялок точного высева связаны с развитием алгоритмов машинного обучения для прогнозирования оптимальных параметров посева, созданием полностью автономных комплексов мониторинга и посева, а также разработкой облачных платформ для управления данными в масштабных аграрных экосистемах.

**Ключевые слова:** точного высева, БПЛА, умное земледелие, мониторинг, интеграция.

## Integration of UAVs into precision seeding systems: promising approaches to improving seeders in smart farming

D.I. Kovalev<sup>1, 2,\*</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup>Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers – National Research University, Tashkent, Uzbekistan

\*E-mail: kovalev.dw7@gmail.com

**Abstract.** The paper considers promising methods for improving precision seeders, taking into account the integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) and intelligent technologies. It is shown that modern precision seeding systems, supplemented by UAV capabilities for field mapping, crop monitoring and real-time data analysis, contribute to increasing the efficiency of agricultural operations, optimize UAV transport and technological cycles and resource use, and, accordingly, increase crop yields. Despite additional investments in technical equipment, the integration of UAVs into precision seeding systems reduces production costs and increases the yield of major agricultural crops. This confirms the economic feasibility of such integration for medium and large agricultural enterprises. The environmental benefits of the proposed solutions are associated with the optimization of land use, reduced impact on the soil and reduced consumption of agrochemicals. Further prospects for improving integrated UAV systems and precision seeders are associated with the development of machine learning algorithms for predicting optimal seeding parameters, the creation of fully autonomous monitoring and seeding systems, and the development of cloud platforms for data management in large-scale agricultural ecosystems.

**Keywords:** precision seeding system, UAV, smart farming, monitoring, integration.



## 1. Введение

Посев представляет собой фундаментальный агротехнический процесс заделки семян на определенную глубину почвы с распределением, соответствующим биологическим потребностям растений. Этот процесс является важным этапом в сельскохозяйственном производстве, определяющим будущую урожайность и эффективность использования земельных ресурсов [1, 2].

Традиционно методы посева классифицируются на три основные группы в зависимости от характера распределения семян по полю: разбросной, где семена распределяются по 100% поверхности поля; ленточный, охватывающий около 50% поверхности; и рядовой, при котором засеивается примерно 10% площади поля. Особое место занимает точный посев, при котором семена размещаются в борозды с равномерными интервалами, что обеспечивает оптимальные условия для развития каждого отдельного растения. Четвертым методом, часто применяемым в овощеводстве, является пересадка рассады в поле.

Для каждого из этих методов были разработаны специализированные сеялки или рассадопосадочные машины, непрерывно эволюционирующие с развитием технологий умного земледелия [3].

## 2. Материалы и методы

Системы точного высева в работе рассматриваются в контексте современных технологий умного земледелия [4, 5]. Сеялка точного высева представляет собой специализированный тип сельскохозяйственной техники, предназначенный для внесения отдельных семян с равномерным интервалом в ряду [6]. Традиционно технологии точного высева применяются при возделывании таких культур, как сахарная свекла, кукуруза, хлопок и соя [7].

В современной парадигме умного земледелия сеялки точного высева становятся частью комплексных интеллектуальных систем, интегрирующих различные технологии сбора и анализа данных для оптимизации посевного процесса. БПЛА хорошо зарекомендовали себя во многих направлениях, связанных с развитием систем точного земледелия, включая технологии опрыскивания растений и обработки полей удобрениями и гербицидами [8-11]. Применение БПЛА в сочетании с сеялками точного высева позволяет создавать детальные карты полей, определять оптимальные схемы

высева и контролировать качество посевных работ в режиме реального времени, что значительно расширяет возможности традиционных методов посева [12, 13].

Классификация сеялок точного высева преимущественно основывается на используемых системах дозирования семян [14-16]. Несмотря на существование широкого спектра дозирующих систем, большинство из них можно отнести к следующим категориям: пальцевые, пластинчатые (включая горизонтальные, наклонные и вертикальные модификации), ленточные, системы с всасыванием воздуха (вакуумные диски) и напорные барабанные. Основой данной классификации служит конструктивное решение части дозирующей системы, обеспечивающей сепарацию семян.

### 3. Результаты и обсуждение

#### 3.1. Интеграция БПЛА в системы точного высева

Как уже отмечалось, современное развитие технологий умного земледелия характеризуется активным внедрением БПЛА в процессы сельскохозяйственного производства, включая точный высев. БПЛА используются для предпосевного картирования полей с высоким разрешением, выявления неоднородностей почвенного покрова и идентификации проблемных участков [17, 18]. На этих данных базируется создание полетных карт и рекомендаций, позволяющих варьировать норму высева в зависимости от характеристик каждого участка поля, что невозможно при использовании только традиционных сеялок точного высева. Кроме того, БПЛА применяются для мониторинга качества всходов после посева, предоставляя актуальную информацию для корректировки настроек сеялок и оптимизации планируемых посевных операций.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ традиционных систем точного высева и систем с интеграцией БПЛА. В таблице комплексно проанализированы десять ключевых параметров эффективности, включая точность размещения семян, адаптивность к условиям поля, экономию посевного материала, энергозатраты и экономическую эффективность. Данная таблица наглядно демонстрирует существенные преимущества интегрированных с БПЛА систем, которые обеспечивают более высокую точность, адаптивность и экономичность. Особенно примечательны показатели экономии посевного материала (до 15-20% против 5-7% у традиционных систем) и повышения равномерности всходов (индекс вариации 5-8% против 12-15%), что

непосредственно влияет на конечную урожайность и рентабельность сельскохозяйственного производства.

**Таблица 1.** Сравнительный анализ традиционных систем точного высева и систем с интеграцией БПЛА.

Исследуемые параметры	Традиционные системы точного высева	Системы с интеграцией БПЛА
Точность размещения семян	Зависит от механических компонентов и скорости движения агрегата	Повышенная точность за счет предварительного картирования и адаптивного управления
Адаптивность к условиям поля	Ограниченная, требует ручной настройки оператором	Высокая, автоматическая адаптация к пространственной вариабельности почвы
Экономия посевного материала	Базовая, в пределах 5-7%	Повышенная, до 15-20%
Энергозатраты	Базовый уровень	Снижение на 8-12% за счет оптимизации маршрутов и режимов работы
Равномерность всходов	Средняя, индекс вариации 12-15%	Высокая, индекс вариации 5-8%
Контроль качества посева	Постфактум, визуальный контроль	Оперативный, в режиме реального времени
Сбор и анализ данных	Ограниченный, преимущественно механический контроль	Комплексный, включает параметры почвы, рельефа, прошлых урожаев
Прогнозирование урожайности	Ограниченное, на основе исторических данных	Расширенное, с учетом микроразнообразия особенностей поля
Экологическое воздействие	Среднее	Пониженное за счет оптимизации расхода ресурсов

Таблица 2 содержит систематизированную информацию о пяти основных типах БПЛА, применяемых в системах точного высева, их техническом оснащении, функциональных возможностях и ограничениях.

Представлены мультироторные системы, БПЛА самолетного типа, гибридные аппараты, микро-БПЛА роевого типа и перспективные автономные БПЛА с искусственным интеллектом. Для каждого типа указаны специфические виды сенсоров и оборудования, оптимальные сценарии применения в точном высева и технические ограничения. Представленные данные характеризуют эволюцию технологий БПЛА от

простых систем картирования до комплексных решений с искусственным интеллектом, способных автономно принимать решения по корректировке параметров высева в режиме реального времени, и подчеркивает взаимосвязь между типом БПЛА, его техническими характеристиками и эффективностью применения для конкретных задач точного высева.

**Таблица 2.** Типы БПЛА и их применение для задач точного высева в умном земледелии.

Тип БПЛА	Оснащение	Применение в системах точного высева	Особенности и ограничения
Мультироторные (квадрокоптеры, гексакоптеры)	RGB-камеры, мультиспектральные камеры, тепловизоры	Детальное картирование малых и средних полей, точный контроль всходов, идентификация проблемных участков	Высокая точность сканирования, низкая производительность обследования (до 100 га/день), зависимость от ветровых условий
Самолетного типа (фиксированное крыло)	Мультиспектральные камеры, гиперспектральные сенсоры, лидары	Предпосевное картирование крупных полей, создание цифровых моделей рельефа, карт плодородия и влажности	Высокая производительность (до 1000 га/день), меньшая детализация, требует зоны для взлета/посадки
Гибридные (VTOL)	Комбинированные системы сенсоров, RTK-системы позиционирования	Универсальное применение, включая картирование, мониторинг и точное позиционирование техники	Баланс между детализацией и производительностью, универсальность, высокая стоимость
Микро-БПЛА роевого типа	Специализированные микросенсоры, системы коммуникации между устройствами	Сверхдетальное картирование почвенных условий, мониторинг всходов, обнаружение вредителей	Экспериментальные системы, ограниченное время полета, высокая детализация данных
Автономные БПЛА с ИИ	Комплексные системы сенсоров, бортовые вычислительные модули	Автономное принятие решений по корректировке параметров высева в режиме реального времени	Находится в стадии разработки, высокая стоимость, потенциально самая эффективная система

### 3.2. Вакуумные дозирующие устройства и их интеллектуализация

Наиболее распространенным типом дозирующих устройств в современных сеялках точного высева являются вакуумные высевающие аппараты (системы) [19, 20]. Данная система включает вертикальный вращающийся диск с множеством отверстий по окружности, семенной бункер и вентилятор или воздуходувку. В отличие от пластинчатых систем, в устройствах с всасыванием воздуха семена не проходят через

отверстия диска, а удерживаются на них за счет отрицательного давления. Диаметр отверстий должен быть меньше наименьшего поперечного размера семени в партии, что обеспечивает захват только одного семени каждым отверстием.

Внедрение интеллектуальных технологий позволяет существенно повысить эффективность вакуумных дозирующих устройств [16, 21]. Современные разработки включают системы машинного зрения для контроля процесса дозирования, автоматического определения физических свойств семян и адаптивной регулировки параметров работы. Например, интеграция датчиков, контролирующих размер и форму семян, позволяет в режиме реального времени корректировать вакуумное давление и скорость вращения диска, оптимизируя процесс дозирования для конкретной партии семян.

### *3.3. Оптимизация параметров дозирующих устройств*

Многочисленные исследования, связанные с оптимизацией параметров дозирующих устройств, подтверждают высокую эффективность сеялок точного высева с вакуумными дозирующими устройствами (с всасыванием воздуха) для различных культур, включая хлопок, кукурузу, сою, сахарную свеклу, рапс и лук [22, 23]. В работе [24] определены оптимальные структурные параметры таких устройств с использованием метода сопряжения DEM CFD. Для гранулированных семян овощей оптимальной комбинацией параметров оказались угол выброса семян  $13^\circ$  и отрицательное давление 3,1 кПа. При данных настройках индекс качества подачи достиг 95,9%, а индексы пропусков и множественной подачи составили всего 2,9% и 1,2% соответственно.

К ключевым параметрам, определяющим эффективность дозирующих устройств с всасыванием воздуха, относятся вакуумное давление, угловая скорость дозирующего лотка и угол конусности всасывающего отверстия. Исследование авторов [25] для семян китайской капусты определило оптимальные значения этих параметров: вакуумное давление 2,16 кПа, угловая скорость 29,43 об/мин и угол конусности всасывающего отверстия  $61,51^\circ$ . В работе [26] авторы проанализировали взаимосвязь между физическими свойствами семян и требуемым вакуумным давлением и разработали комплекс математических моделей для прогнозирования оптимальных настроек дозирующего устройства с учетом характеристик семенного материала.

### *3.4. Интеллектуализация систем оценки качества высева*

Известно, что для оценки эффективности работы сеялок в лабораторных условиях применяются различные методы, включая использование лент, оптических датчиков и высокоскоростных камер [27-29]. Традиционный метод, несмотря на свою распространенность, имеет существенные ограничения: ограниченную длину ленты, что сокращает объем получаемых данных, и высокую трудоемкость процесса анализа.

Использование современных интеллектуальных технологий позволяет более эффективно выполнять задачи по оценке качества высева. В частности, системы компьютерного зрения, установленные на БПЛА или непосредственно на сеялках, способны в режиме реального времени анализировать равномерность распределения семян и выявлять отклонения от заданных параметров. Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют автоматизировать процесс анализа данных и выработки рекомендаций по корректировке настроек сеялки для достижения оптимального качества высева. Следует отметить, что указанные технологии особенно востребованы при работе в условиях переменной скорости движения сеялки и неоднородности почвенных условий, характерных для реальных полевых операций.

## **4. Заключение**

Таким образом, интеграция БПЛА и интеллектуальных технологий в системы точного высева представляет собой перспективное направление развития современного сельскохозяйственного производства. Дополнение традиционных сеялок точного высева возможностями аэромониторинга, автоматического анализа данных и адаптивного управления позволяет значительно повысить эффективность посевных операций, снизить затраты семенного материала и обеспечить оптимальные условия для развития растений на всех участках поля.

Дальнейшие исследования в данной области непосредственно направлены на совершенствование алгоритмов обработки данных, разработку более точных моделей прогнозирования оптимальных параметров высева и создание комплексных систем управления, интегрирующих информацию от различных источников для принятия обоснованных агрономических решений.

## Список литературы

1. Сайтов, В. Е. Разработка и исследование ресурсосберегающего посевного комплекса: Монография / В. Е. Сайтов, Р. Г. Гатауллин, П. А. Савиных. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 166 с.
2. Волхонов, М. С. Классификация и определение эффективности известных способов предпосевной обработки семян / М.С. Волхонов, И.А. Мамаева, М.М. Беляков // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 8 (135). – С. 7-19. – DOI:10.24412/2227-9407-2022-8-7-19.
3. Бартенев, И. И., Конструктивные особенности посадочных машин / И. И. Бартенев, Д. С. Гаврин // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9. – № 2 (34). – С. 147-156.
4. Шайтура, С. В. Некоторые аспекты точного земледелия / С.В. Шайтура, М. Д. Князева, Л. П. Белю, Н. Л. Султаева, В. М. Феоктистова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 8. – С. 21-34. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-tochnogo-zemledeliya> (дата обращения: 28.02.2025).
5. Буценко, Е. В. Умное земледелие на платформе одноплатных компьютеров / Е. В. Буценко, А. В. Курдюмов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 1-2. – С. 95-107.
6. Завражнов, А. А. Основные направления совершенствования сеялок точного высева пропашных культур / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, В. Ю. Шепелев, А. В. Якушев // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 1 (128). – С. 7-21. – DOI:10.24412/2227-9407-2022-1-7-21.
7. Несмиян, А. Ю. Совершенствование дозирующих элементов пропашной сеялки вакуумного типа / А. Ю. Несмиян, В. В. Должиков, А. В. Асатурян // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 80. – № 6. – С. 91-94.
8. Ковалев, И. В. Обзорный анализ экспериментальных данных для оценки характеристик БПЛА для опрыскивания посевов в точном земледелии / И. В. Ковалев, З. Е. Шапорова, Д. И. Ковалев // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 11(212). – С. 25-31. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-11-25-31. – EDN OTCZUZ.
9. Kovalev, I. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et



- al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 04017. – DOI 10.1051/e3sconf/202447104017. – EDN LGAJJO.
10. Ковалев, Д. И. К вопросу оценки производительности применения БПЛА для защиты растений / Д. И. Ковалев, К. Д. Астанакулов, И. В. Ковалев // Достижения науки и технологий, культурные инициативы и устойчивое развитие (ДНИТ-III-2024): сборник научных статей по материалам III Всероссийской научной конференции с международным участием (Красноярск, 01-02 марта 2024 года). – Красноярск: ОУ «ККДНИТ», 2024. – С. 261-267. – DOI 10.47813/dnit-III.2024.11.3007. – EDN XJCIQA.
  11. Yablokova, A. Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture / A. Yablokova, D. Kovalev, I. Kovalev [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 04018. – DOI 10.1051/e3sconf/202447104018. – EDN FFYFSI.
  12. Kovalev, I. Conceptual basis for digitalization of specifications of transport and technological cycles of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 443. – P. 06014. – DOI 10.1051/e3sconf/202344306014. – EDN QEBFFO.
  13. Kovalev, I. Digitalization of UAV transport and technological cycles in smart agriculture / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov [et al.] // E3s Web of Conferences. – 2023. – Vol. 390. – P. 03014. – DOI 10.1051/e3sconf/202339003014. – EDN MPXPRL.
  14. Несмиян, А. Ю. Теоретическое обоснование конструкции универсального дозирующего элемента высевающего аппарата вакуумной пропашной сеялки / А. Ю. Несмиян, В. В. Должиков // Вестник аграрной науки Дона. – 2011. – № 2. – С. 48-53.
  15. Несмиян, А. Ю. Повышение эффективности захвата семян дозирующими элементами высевающего аппарата сеялки точного посева / А. Ю. Несмиян, В. В. Должиков, Ю. М. Черемисин, С. В. Асатурян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С. 1024-1039.
  16. Karayel, D. Estimation of Optimum Vacuum Pressure of Air-Suction Seed-Metering Device of Precision Seeders Using Artificial Neural Network Models / D. Karayel, O. Güngör, E. Šarauskiš // Agronomy. – 2022. – № 12. – P. 1600. – DOI: 10.3390/agronomy12071600.



17. Kovalev, I. V. Modern unmanned aerial technologies for the development of agribusiness and precision farming / I. V. Kovalev, N. A. Testoyedov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 548. – P. 52080. – DOI: 10.1088/1755-1315/548/5/052080. – EDN JZAPPN.
18. Kovalev, I. V. On the problem of increasing the efficiency of UAVs technologies in agrarian business / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421. – P. 72020. – DOI 10.1088/1755-1315/421/7/072020. – EDN ZLDJY.
19. Несмиян, А.Ю. Экспериментальное определение направления равнодействующей сил сопротивления, действующих на присасываемое семя в вакуумном высевальном аппарате / А.Ю. Несмиян, П.Я. Лобачевский, В.И. Хижняк // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2008. – Т. 8. – № 4-39. – С. 244-247.
20. Должиков, В. В. Оптимизация конструкции вакуумных высевальных аппаратов с дозирующими элементами переменного сечения / В. В. Должиков., К. П. Дубин, А. Ю. Несмиян, Д. С. Стариков // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 1(92). – С. 49-59.
21. Xu, J. Key structure design and experiment of air-suction vegetable seed-metering device / J. Xu, J. Hou, W. Wu, C. Han, X. Wang, T. Tang, S. Sun // Agronomy. – 2022. – № 12. – P. 675.
22. Бородаева, М. Г. Выбор модели сеялки точного высева с помощью метода анализа иерархий / М. Г. Бородаева, А. В. Каргина, Е. М. Зубрилина, И. А. Маркво // Символ науки. – 2017. – Т. 2. – № 3. – С. 21-25. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-modeli-seyalki-tochnogo-vyseva-s-pomoschyu-metoda-analiza-ierarhiy> (дата обращения: 28.02.2025).
23. Каргина, А.В. Принятие решения о выборе модели сеялки точного высева методом обобщенной оценки / А. В. Каргина, М. Г. Бородаева, Е. М. Зубрилина, И. А. Маркво // Символ науки. – 2017. – Т. 2. – № 2. – С. 67-70. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prinyatie-resheniya-o-vybore-modeli-seyalki-tochnogo-vyseva-metodom-obobschennoy-otsenki> (дата обращения: 28.02.2025).
24. Cay, A. Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters. Part I: Design and laboratory simulation / A. Cay, H. Kocabiyik, S. May // Comput. Electron. Agric. – 2018. – № 144. – P. 71-79.

25. Sun, X. Performance Parameters Optimization of a Three-Row Pneumatic Precision Metering Device for Brassica chinensis / X. Sun, H. Li, X. Qi, S.M. Nyambura, J. Yin, Y. Ma, J. Wang // *Agronomy*. – 2022. – № 12. – P. 1011.
26. Karayel, D. Laboratory measurement of seed drill, seed spacing and velocity of fall of seed using high-speed camera system / D. Karayel, M. Wiesehoff, A. Ozmerzi, J. Muller // *Comput. Electron. Agric.* – 2006. – № 50. – P. 89-96.
27. Кузнецов, П. В. Разработка методов и средств контроля и управления качеством высева пропашных культур сеялками точного высева "QMS" / П. В. Кузнецов, В. И. Новиков // *Polish Journal of Science*. – 2021. – № 42(42). – С. 14-21. – EDN PVBXAKZ.
28. Айтлева, П.Л. Методика лабораторных экспериментов по оценке эффективности гасителя воздушного потока для семяпроводов пневматических зерновых сеялок / П.Л. Айтлева // *Союз машиностроителей России. Национальная научно-техническая конференция*. – 2023. – № 1. – С. 66-68. – DOI:10.24412/cl-35807-2023-1-66-68.
29. Искандаров, И. А. Техничко-экономическая оценка эффективности универсальной сеялки для посева пропашных культур / И. А. Искандаров // *АгроЭкоИнженерия*. – 2024. – № 1 (118). – С. 96-106. – DOI:10.24412/2713-2641-2024-1118-96-106.

УДК 621.391.63

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3013>

EDN

[BWTAHD](#)

## Телекоммуникационная сеть наблюдения за морским дном на базе подводных кабельных и беспроводных платформ

Ю.Г. Ксенофонов<sup>1,\*</sup>, М.А. Петин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, ул. Двинская, 5/7, Санкт-Петербург, 198035, Россия

<sup>2</sup>АО «Равенство», ул. Промышленная, д. 19, Санкт-Петербург, 198095, Россия

\*E-mail: ksenofontov.ura@mail.ru

**Аннотация.** Телекоммуникационная сеть наблюдения за морским дном может выполнять все долгосрочные, непрерывные, в режиме реального времени функции путем применения различных методов, включая кабельные узлы морского дна, автономные станции, а также мобильные платформы, где надежная высокоскоростная подводная беспроводная связь становится главным фундаментом. В последнее время подводная беспроводная оптическая связь (UWOC) стала очень продуктивным решением и становится все более привлекательной с точки зрения научных исследований. В статье показан вариант применения высокоскоростной системы UWOC для глубоководного наблюдения. Длительное глубоководное соединение UWOC в реальном времени на расстоянии до 30 м и глубиной 1650 м. Двухуровневые каналы Ethernet UWOC реализуются со скоростью 125 Мбит/с с настраиваемым зеленым светом и 6,25 Мбит/с синим без прямой видимости (NLOS). Высококачественная трансляция видеофайлов в формате 8K 30 FPS и 4K 120 FPS при помощи подводной оптической линии связи, имеющей скорость передачи данных до 125 Мбит/с, возможна при условии излучения передатчиком зеленого света, что говорит о приеме видеоданных без битовых ошибок. Проведенные в течении 30 суток технические измерения показывают, что значения BER указанной линии при скоростях 125 Мбит/с и 6,25 Мбит/с находятся ниже порога в  $10^{-5}$ , а это, в свою очередь, характеризует функционирование UWOC с высокой степенью надежности в слоях гидросферы до 1650 м глубиной.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, линии связи, подводная беспроводная оптическая связь, пропускная способность, режим реального времени, приемопередатчик.

## Seabed surveillance telecommunications network based on subsea cable and wireless platforms

Yu.G. Ksenofontov<sup>1,\*</sup>, M.A. Petin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Dvinskaya 5/7, St. Petersburg 198035, Russia

<sup>2</sup>Joint-stock company «Equality», Promyshlennaya 19, St. Petersburg, 198095, Russia

\*E-mail: ksenofontov.ura@mail.ru

**Abstract.** A seabed surveillance telecommunications network can perform all long-term, continuous, real-time functions by applying a variety of techniques, including seabed cable assemblies, stand-alone stations, as well as mobile platforms, where reliable high-speed underwater wireless communications become the main foundation. Recently, underwater wireless optical communication (UWOC) has become a very productive solution and is becoming more attractive in terms of scientific research. The article shows the option of using a high-speed UWOC system for deep-sea surveillance. Long-duration, real-time deep-sea UWOC connection up to 30 m and 1650 m deep. UWOC dual-layer Ethernet links are implemented at 125 Mbit/s with configurable green light and 6.25 Mbit/s blue without line of sight (NLOS). High-quality transmission of video files in 8K 30 FPS and 4K 120 FPS format using an underwater optical communication line with a data transfer rate of up to 125 Mbps is possible provided that the transmitter emits green light, which indicates the reception of video without bit errors. Technical measurements carried out within 30 days show that the values of the error coefficient per BER bit of the specified line at speeds of 125 Mbit/s and 6.25 Mbit/s are below the threshold of  $10^{-5}$ , and this, in turn, characterizes the functioning of UWOC with a high degree of reliability in the layers of the hydrosphere up to 1650 m deep.

**Keywords:** telecommunication network, communication lines, underwater wireless optical communication, throughput, real-time mode, transceiver.

## 1. Введение

Сеть наблюдения за морским дном – это новый вид платформы для человека, которая позволяет непрерывно вести визуальное наблюдение в водах Мирового Океана в режиме реального времени, при этом имея достаточно высокое разрешение, независимо от наличия объекта в определенном слое воды. Для обмена данными в этом случае рекомендуется применять волоконно-оптический кабель, связывающий различные точки видеонаблюдения с береговой станцией [1-2]. Несмотря на кабельные соединения, вполне эффективно обеспечиваются питание и полоса пропускания канала передачи, однако, диапазон покрытия и гибкость кабельных узлов наблюдения за морским дном все же ограничено. Бескабельный метод подводного наблюдения представляет собой принципиально новый подход [3]. Для наблюдательной сети морского дна сочетание кабельных и бескабельных методов может значительно расширить его зону покрытия и гибкость. Пример такой организации сети представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Концепция кабельной и бескабельной конвергенции в подводной телекоммуникационной наблюдательной сети.

Бескабельные платформы наблюдения включают в себя автономный узел наблюдения, мобильные надводные буи, дистанционно управляемые автономные обитаемые подводные аппараты (АНПА) и другие технические средства информационного обмена.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

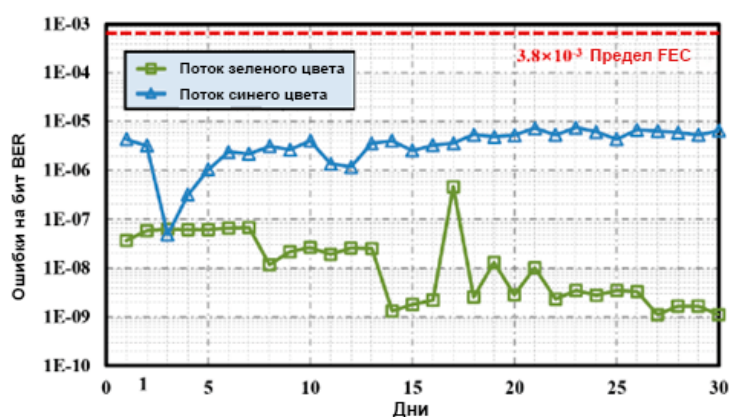
Подводная беспроводная оптическая связь (UWOC) сегодня занимает особое с точки зрения конкурентоспособности место среди классических видов передачи информации, таких как гидроакустика и радиочастота (RF), за счет крайне низкого энергопотребления и в значительной степени их превышающей пропускной способности [4]. В последнее время заметный прогресс в UWOC был достигнут в усовершенствовании алгоритмов обработки и увеличении дальности передачи. В лабораторных условиях 500 Мбит/с передача данных была достигнута на расстоянии 100 м с использованием зеленого лазерного диода (LD) со малым приемопередатчиком и диафрагмой точного выравнивания света. Следует отметить, что Океанографическое учреждение С. Pontbriand из Вудс-Хоул (WHOI) реализует передачу 5 Мбит/с более 200 м чистой воды на Бермудских островах с апреля 2008 года [5]. В октябре 2022 года С. Исибаши и др. от JAMSTEC сообщили о своем последнем эксперименте с морским испытанием с использованием многолучевых приемопередатчиков на основе нескольких РМТ, успешно демонстрируя возможности демодуляции данных со скоростью 1 Гбит/с на расстоянии 100 м и глубине 800 м [6]. Тем не менее, в большинстве случаев битрейт связи UWOC в реальном времени ограничен 20 Мбит/с, и построение таких линий связи затруднено возможностью обеспечения удаленного питания, прокладки кабельных систем и проблемой выравнивания приемопередатчиков UWOC в глубоководной среде. Имеют место также проблемы вмешательства внешнего светового излучения, низкая прозрачность водной среды и технические сложности сопряжения отдельных узлов с дрейфующими мобильными комплексами. В данной статье представлены результаты исследования функционирования в течение 30-ти суток UWOC методом мониторинга производительности в режиме реального времени. Здесь каналы связи UWOC реализуют двустороннюю передачу Ethernet между двумя глубоководными узлами наблюдения за морским дном, расположенными на расстоянии 30 м и на глубине 1650 м, реализуя линию связи зеленого света с регулируемым направлением 125 Мбит/с и линию связи без прямой видимости 6,25 Мбит/с (NLOS). Полученные результаты показали, что коэффициент битовых ошибок (BER) каналов со скоростями передачи 125 Мбит/с и 6,25 Мбит/с находится ниже порогового значения  $10^{-5}$ , что, соответственно, не требует прямого исправления ошибок (FEC).

### 3. Методы и материалы исследования

Эффективная полоса пропускания Ethernet, переносимая линией зеленого и синего света составляет 97,4 Мбит/с и 5,5 Мбит/с. Это обусловлено техническими ограничениями интерфейса Ethernet. Тем не менее, для потока синего света при конфигурации NLOS имеют место события потери пакетов данных (при этом BEPS составляет 63 и 85 соответственно). По сравнению с зеленой 125 Мбит/с, бюджет потерь 6,25 Мбит/с синей линии связи намного выше из-за ее более чувствительной модуляции 4-PPM и большей апертуры обнаружения. Однако, как канал NLOS, полученный сигнал синего света очень слаб после отражения и рассеивания от донных отложений и взвешенных частиц. Под влиянием морского течения и морских живых организмов, интенсивность сигнала становится нестабильной, что приводит к потере пакетов данных.

### 4. Полученные результаты

После оптимизации некоторых параметров приемника, таких как усиление РМТ и ослабление LC, был проведен длительное в течение 30-ти суток измерение производительности линии связи UWOC. Результаты, представленные на рисунке 2, показывают, что для оптических каналов зеленого (125 Мбит/с) и синего (6,25 Мбит/с) световых потоков каналов, за 30 суток не превысили соответствующих пороговых значений  $10^{-5}$  и  $10^{-7}$  BER, что еще раз доказывает высокую степень надежности функционирования UWOC.



**Рисунок 2.** Графики изменения значений BER для оптических каналов с зеленым и синим световым потоком в течение 30 суток.

В ходе продолжения эксперимента была исследована передача видео HD в двух форматах: 8К-видео с разрешением  $7680 \times 4320$  и 4К видео с разрешением  $4096 \times 1860$ . Анализ полученных результатов показывает, что для линии связи 125 Мбит/с скорость

передачи видео 8K и 4K составляет 50,5 Мбит/с и 34,4 Мбит/с. Следует также отметить что, пиковое соотношение сигнал/шум (PSNR) на приемной стороне остается стабильным для всех кадров, а значит, потери в качестве при использовании каналов UWOC во время передачи видео HD отсутствуют .

В системах UWOC на лазерной основе потери в линии связи в основном определяются затуханием в воде и геометрическими потерями. Ослабление света  $L_{att}$  в водной среде обычно описывается с использованием экспоненциальной модели [7], которая может быть выражена следующим образом:

$$L_{att} = e^{-c \cdot Z}, \quad (1)$$

где:  $c$  – коэффициент диффузного затухания,  $Z$  – коэффициент расстояния оптической линии связи.

В соответствии с измерениями, проведенными с образцами, взятыми с глубины воды, коэффициент затухания  $c$  составил 0,069 (0,298 дБ/м) для линии синего света и 0,082 (0,358 дБ/м) для зеленого. Кроме потерь затухание сигнала в водной среде присутствуют и так называемые геометрические потери светового потока, в случае, когда источник излучения имеет некое смещение относительно приемного детектора. Они обратно пропорциональны квадрату расстояния между приемником и передатчиком, то есть:

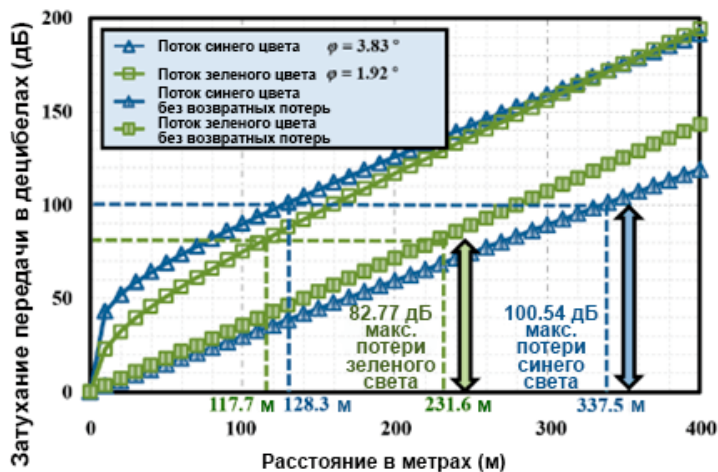
$$L_{geo} = \frac{k}{Z^2}, \quad (2)$$

где  $k$  – постоянная величина, связанная с полуугловым пучком  $\phi$  расхождения и апертурой детектора.

Согласно проведенным измерениям до развертывания морского испытания, расхождение лазерного луча составляет  $3,83^\circ$  для линии синего света и  $0,53^\circ$  для зеленого. Предполагая условие выравнивания линий приемника и передатчика, максимальное расстояние передачи для обеих линий связи оценивается как с учетом геометрических потерь, так и без них (рисунок 3). Это особенно заметно в обозначенных ранее конфигурациях приемопередатчика при максимальных расстояниях передачи: 117,7 м для 125 Мбит/с линии зеленого света и 128,3 м для 6,25 Мбит/с линии синего света при наличии геометрических потерь. Если зона детектора приемника имеет достаточно большую апертуру, чтобы полностью собрать сигнальный свет с узкой дивергенцией луча, в идеальных условиях приема расстояния передачи данных могут



достигнуть 231,6 м и 337,5 м для линий зеленого света и синего соответственно, что пока еще, практически неосуществимо в реальной подводной среде.



**Рисунок 3.** Оценка максимального расстояния оптической передачи данных для двух вариантов световых потоков (зеленого и синего) UWOC.

## 5. Выводы

Таким образом, беспроводная линия связи, основанная на высокоскоростной линии связи UWOC, доказала возможность передачи без потери качества в глубоком море в режиме реального времени видео в формате 8K HD. Следует ожидать, что данные, приведенные авторами в статье, будут особенно полезны для последующего изучения физических сред в области организации подводной высокоскоростной телекоммуникационной сети, основанной на сочетании кабельных и бескабельных платформ.

## Список литературы

1. Ксенофонтов, Ю. Г. Инновационный подход к вопросам организации системы дальней связи и управления подводными робототехническими комплексами контроля экологического состояния акваторий Северного морского пути / Ю. Г. Ксенофонтов // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: сборник научных трудов III Всероссийской научной конференции с международным участием (НТО-III-2022). – Красноярск: ОУ «ККДНиТ», 2022. – С. 560-570.
2. Дорошенко, В. И. Особенности связи с глубоководными подвижными морскими аппаратами / В. И. Дорошенко, Э. Л. Солнце // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – № 4(26). – С. 38-42.



3. Ксенофонтов, Ю. Г. К вопросам организации и оценки эффективности беспроводной лазерной системы связи с подводными робототехническими комплексами / Ю. Г. Ксенофонтов // Достижения науки и технологий: Сборник научных статей по материалам II Всероссийской научной конференции (ДНИТ-II-2023). – Красноярск: ОУ «ККДНИТ», 2023. – С. 455-461.
4. Мартынов В. Л. Беспроводной оптический канал связи в водной среде как альтернатива связи по кабелю / В. Л. Мартынов, А. С. Голосной., С. В. Егоров // Известия Российской Академии ракетных и артиллерийских наук. – 2016. – № 4 (94). – С. 126-130.
5. Pontbriand, C. Diffuse high-bandwidth optical communications / C. Pontbriand, N. Farr, J. Ware, J. Preisig, H. Popenoe // Proceedings of Conference «Oceans, Poles and Climate: Technological Challenges». – Quebec City, QC, Canada, 2008. – P. 1-4.
6. Ishibashi, S., 1Gbps x 100m Underwater Optical Wireless Communication Using Laser Module in Deep Sea / S. Ishibashi, K.-I. Susuki // Proc. OCEANS 2022. – Hampton Roads, USA, 2022. – P. 1-7.
7. Hamza, T. Investigation of solar noise impact on the performance of underwater wireless optical communication links / T. Hamza, M.-A. Khalighi, S. Bourenane, P. Leon, J. Opderbecke // Opt. Express. – 2016. – Vol. 24. – № 22. – P. 25832-25845.

УДК 621.391.63  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3014>

EDN  
[DHEXRE](#)

## Исследование характеристик подводного оптического канала связи при воздействии на него негативных факторов

Ю.Г. Ксенофонтов<sup>1,\*</sup>, В.В. Абазовик<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, ул. Двинская, 5/7, Санкт-Петербург, 198035, Россия

<sup>2</sup>АО «Равенство», ул. Промышленная, д. 19, Санкт-Петербург, 198095, Россия

\*E-mail: ksenofontov.ura@mail.ru

**Аннотация.** Беспроводные подводные оптические телекоммуникации все чаще стали применяться в поисково-разведывательных системах исследования морского дна. Возможности их позволяют осуществлять непрерывную трансляцию видео в режиме реального времени на относительно небольших глубинах. Однако, существует ряд факторов, способных воздействовать на канал, и, таким образом, снижать его эффективность. К таковым относятся поглощение и многократное рассеяние, которые, в итоге, приводят к потере мощности светового потока, пропускной способности, ухудшению значения коэффициента битовых ошибок BER. Не менее серьезное негативное воздействие на оптический подводный канал оказывает турбулентность, которая обусловлена случайными изменениями показателя преломления воды, что вызывает флуктуации или затухание оптического сигнала. Этот эффект особенно сильно отражается на снижении производительности канала. В статье показано логнормальное и отрицательное экспоненциальное распределения ФПВ интенсивности света от слабого к сильному насыщенному турбулентному режиму. Полученные результаты моделирования доказывают полное соответствие с теоретическими расчетами. Здесь также же исследуется эффект влияния изменения угла расхождения луча передатчика, диаметра апертуры и поля зрения приемника на сцинтилляционный индекс.

**Ключевые слова:** подводная оптическая беспроводная связь, пропускная способность, турбулентность, интенсивность светового потока, функция плотности вероятности, сцинтилляционный индекс.

## Study of the characteristics of the underwater optical communication channel under the influence of negative factors

Yu.G. Ksenofontov<sup>1,\*</sup>, V.V. Abazovik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Dvinskaya 5/7, St. Petersburg 198035, Russia

<sup>2</sup>Joint-stock company «Equality», Promyshlennaya 19, St. Petersburg, 198095, Russia

\*E-mail: ksenofontov.ura@mail.ru

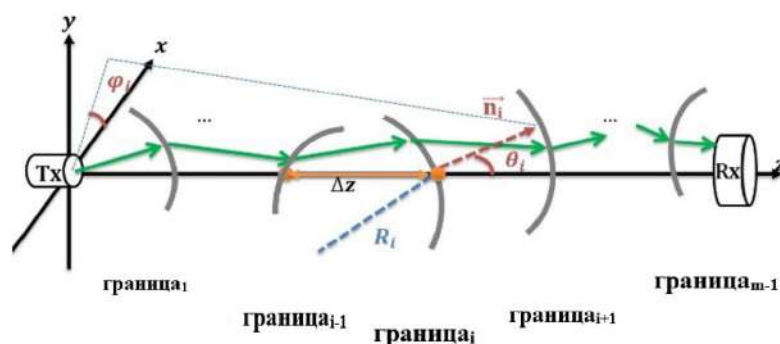
**Abstract.** Wireless underwater optical telecommunications have increasingly come into use in seabed exploration systems. Their capabilities allow you to continuously broadcast video in real time at relatively shallow depths. However, there are a number of factors that can affect the channel and thus reduce its efficiency. These include absorption and multiple scattering, which ultimately lead to a loss of luminous flux power, throughput, and a deterioration in the BER bit error rate. Turbulence has an equally serious negative effect on the optical underwater channel, which is caused by accidental changes in the refractive index of water, which causes fluctuations or attenuation of the optical signal. This effect is particularly significant in reducing channel performance. The article shows the lognormal and negative exponential distribution of the FPV light intensity from weak to strong saturated turbulent mode. The obtained simulation results prove full compliance with theoretical calculations. It also examines the effect of changing the angle of divergence of the transmitter beam, aperture diameter and receiver field of view on the scintillation index.

**Keywords:** underwater optical wireless communication, throughput, turbulence, light flux intensity, probability density function, scintillation index.

## 1. Введение

Подводная беспроводная связь (UOWC) сегодня просто незаменима в системах контроля за морской флорой и фауной, особенно в районах, где имеется потенциальная возможность загрязнения водной среды, возникновения стихийных бедствий, а также в разведке нефтяных и газовых месторождений. В связи с этим внедрение UOWC стала одной из передовых технологий в области подводных телекоммуникаций.

Подводная оптическая беспроводная связь UOWC в последние годы все чаще привлекает внимание. Использование оптических несущих волн в сине-зеленых диапазонах позволяет получить достаточно высокую пропускную способность подводной линии связи в сравнении с традиционными применяемыми длительное время технологиями [1, 2]. Тем не менее, наличие ряда факторов, присущих подводной среде, резко снижает производительность UOWC. Среди таких особо следует выделить свойства поглощения и рассеяния, которые, в итоге, приводят к потере мощности, пропускной способности, ухудшению значения коэффициента битовых ошибок BER [3]. Кроме того, большую роль в обеспечении производительности оптической подводной линии играет турбулентность. Так как изучение этого эффекта в UOWC является достаточно трудоемкой процедурой, основное внимание уделяется системному и имитационному моделированию. В работе [4] приводится описание физической модели на основе метода Монте-Карло, максимально приближенной к реальным условиям существования подводной среды, охватывающая различные уровни турбулентности. Два важнейших параметра, способных дать оценку влияния турбулентности на производительность оптического канала (изменение показателя преломления  $\Delta n$  и функция плотности вероятности (ФПВ) интенсивности принимаемого света) в [4] детально исследованы.



**Рисунок 1.** Схема системы, состоящей из передатчика Tx, турбулентного подводного канала и приемника Rx.

В целях исследования точной ФПВ для принятой интенсивности света в условиях слабой и средней турбулентности при моделировании и анализе было принято логнормальное распределение. В работе [5] как для распределений Гамма-Гамма значения сцинтилляционного индекса (СИ) были приняты больше единицы, а диапазон экспоненциального и логнормального распределений составил  $0,1 < СИ < 1$ , что говорит о невозможности принимать модель за реальную подводную среду.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

На основе ранее предложенной модели турбулентности, приведенной в [4], в данной статье исследуется колебание интенсивности света, и прогнозируется его ФПВ при режимах слабой/сильной и насыщенной турбулентности. Кроме того, здесь же исследуется СИ, рассматривая угол расхождения гауссова луча  $T_x$  и диаметр апертуры  $R_x$ , а также его поле зрения (FOV).

Если говорить об атмосфере, то Турбулентность принято подразделять на три вида: слабая, средняя и насыщенная [6]. Однако, из-за сложного характера состояния окружающей среды до сих пор нет всеобщей единой математической модели, детально описывающей эффект турбулентности.

## 3. Методы и материалы исследования

Дано логнормальное распределение полученной интенсивности света  $I$  [7]:

$$p(I) = \frac{1}{I\sigma_I\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{\left[\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) + \frac{1}{2}\sigma_I^2\right]^2}{2\sigma_I^2}\right\}, I > 0 \quad (1)$$

где  $I_0$  – средняя принятая интенсивность светового потока,

$\sigma_I^2$  – сцинтилляционный индекс (СИ), который выражается в виде:

$$\sigma_I^2 = \frac{\langle I \rangle^2 - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2} \quad (2)$$

Отрицательное экспоненциальное распределение в работе [6] выглядит следующим образом:

$$p(I) = \frac{1}{I_0} \exp\left(-\frac{I}{I_0}\right), I > 0 \quad (3)$$

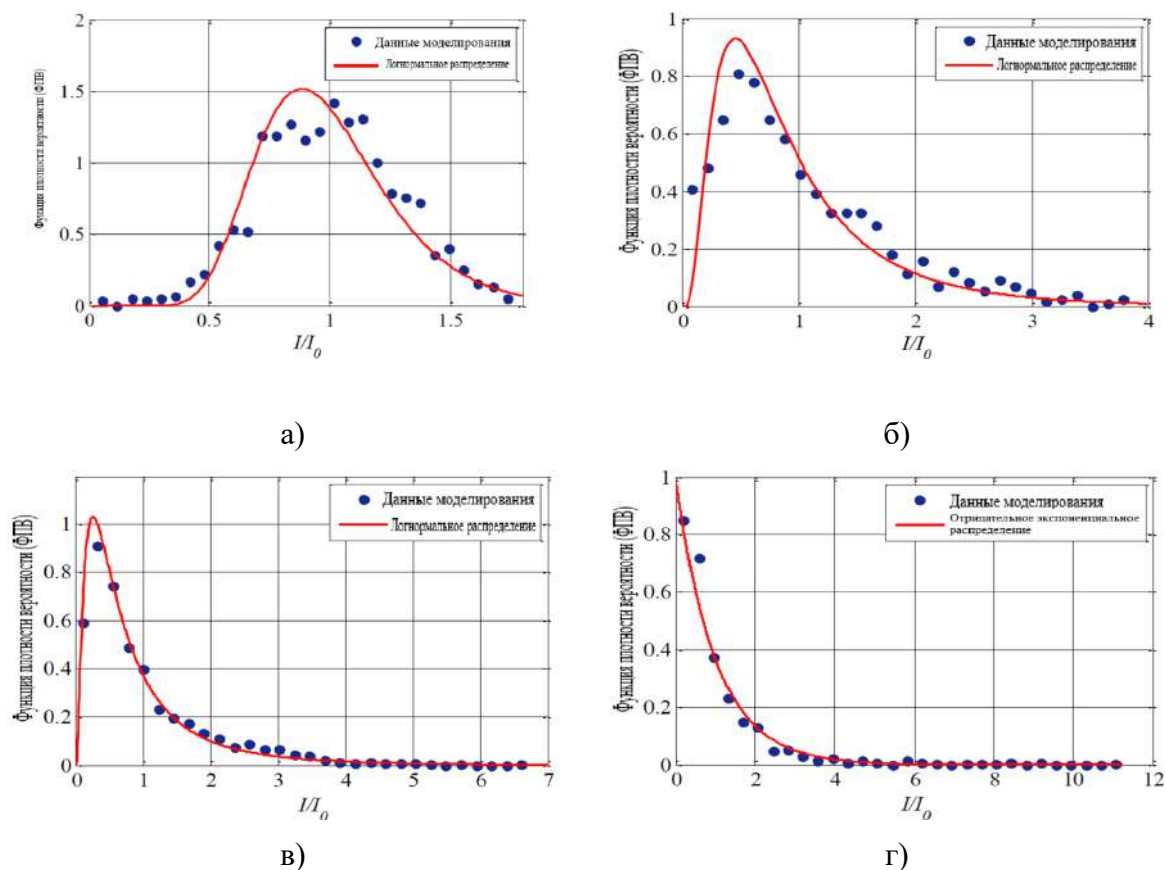
Рисунок 1 показывает, ранее представленная в [4] модель базируется на взаимодействии фотонов с последовательно расположенными турбулентными ячейками (определяются шириной  $\Delta z$  оси  $z$ ), которые имеют разные показатели преломления и геометрические размеры. Радиус искривленных границ  $R_i$  и вектор нормали  $\vec{n}_i = (\sin \theta_i \cos \varphi_i, \sin \theta_i \sin \varphi_i, \cos \theta_i)$  отделяют смежные слои. Выбирая случайным образом  $\theta_i$  и  $\varphi_i$ , подразумевается поворот изогнутой границы вдоль оси  $z$ . Следует обратить внимание, что значение угла  $\theta_i$  носит случайный характер и меняется в диапазоне от 0 до  $\theta_{\max}$ , а  $\varphi_i$  – от 0 до  $2\pi$ , при этом имеет место равномерное распределение. Необходимо добавить, что значения показателей  $\Delta n$  и  $L$  более всего влияют на турбулентность. Основные параметры системы представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Значения параметров моделирования.

Параметр	Значение
Число переданных фотонов	1e4
Рабочая длина волны	520 нм
Угол дивергенции луча (половина угла)	0,00075 рад
Среднеквадратичная ширина луча	15 мм
Диаметр апертуры	100 мм
Угол поля зрения FOV	180°
Длина линии связи	30, 40, 80, 120, 150 м
Число реализованных каналов	1e3
$\Delta n$	80e-5
$\Delta z$	50 см
$\theta_{\max}$	45°

#### 4. Полученные результаты

На рисунке 2 показана ФПВ интенсивности моделируемого принимаемого света в соотношении с нормированной при логнормальном и отрицательном экспоненциальном распределениями для  $L$  и СИ. Следует обратить внимание, что значения СИ были получены из выражения (2). Из рисунка 2 хорошо видно соответствие между указанными вышеуказанными распределениями и результатами моделирования (для случаев слабой и насыщенной турбулентности).



**Рисунок 2.** ФПВ смоделированной интенсивности принятого света в сравнении с нормализованной интенсивностью с логнормальным и отрицательным экспоненциальными распределениями для: (а)  $L=40$  м и СИ=0,08, (б)  $L=80$  м и СИ=0,52, (в)  $L=120$  м и СИ=0,9 и (г)  $L=150$  м и СИ=1,40.

Чтобы иметь оценочное представление о схожести результатов моделирования ФПВ с логнормальным и отрицательным экспоненциальными распределениями, можно, как отражено в [8], использовать коэффициент детерминации  $R^2$ :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (4)$$

где:

- $N$  – число точек в распределении,
- $x_i$  и  $y_i$  – смоделированные и прогнозируемые значения для  $i$ -х интенсивностей соответственно,
- $\bar{x}$  – среднее значение  $x_i$ .

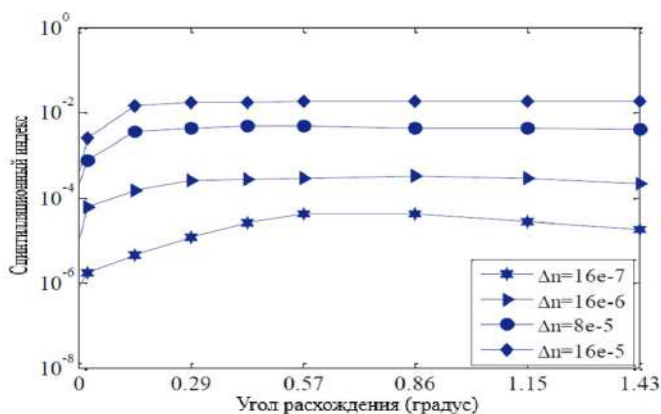
Вообще  $0 < R^2 < 1$ , где верхнее значение, т.е. 1, указывает на близкое приближение результатов моделирования к логнормальному и отрицательному экспоненциальному

распределениям. Таблица 2 показывает значения  $R^2$  и СИ для разных видов распределений ФПВ.

**Таблица 2.** Значения  $R^2$  и SI для разных видов распределений ФПВ

ФПВ	$R^2$	СИ
Логнормальное распределение	0,8762	0,08
	0,8211	0,52
	0,9891	0,9
Отрицательное экспоненциальное распределение	0,9751	1,40

В качестве дополнения помимо  $L$  и  $\Delta l$  в статье также анализируем изменение угла расхождения луча  $T_x$ , изменение диаметра апертуры приемника  $R_x$ , а также влияние поля зрения FOV на СИ. Рисунок 3 наглядно иллюстрирует зависимость значений СИ от угла расхождения  $T_x$  при различных  $\Delta l$  и  $L = 30$  м. Как видно, при низких значениях углов расхождения передаваемого светового луча  $T_x$  эффект турбулентности является относительно низким. Однако, далее с увеличением угла расхождения из-за многолучевого распространения и блуждания луча СИ постепенно растет и, в итоге, достигает последнего насыщенного уровня. В этом состоянии ширина луча шире, чем площадь  $R_x$ , и эффект блуждания луча уменьшается, что приводит к снижению СИ.

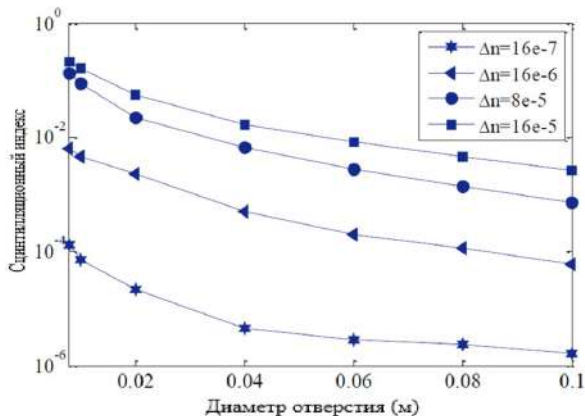


**Рисунок 3.** Зависимость значений СИ от угла расхождения  $T_x$  при различных значениях  $\Delta l$  и для  $L=30$  м.

На рисунке 4 показаны графики значений СИ в зависимости от диаметра апертуры  $R_x$  при различных значениях  $\Delta l$  и  $L=30$  м. Из них следует, что СИ с увеличением диаметра апертуры  $R_x$  при любых значениях  $\Delta l$  снижается. Компенсировать эффекты сцинтилляции и блуждания луча можно снижением случайных флуктуаций

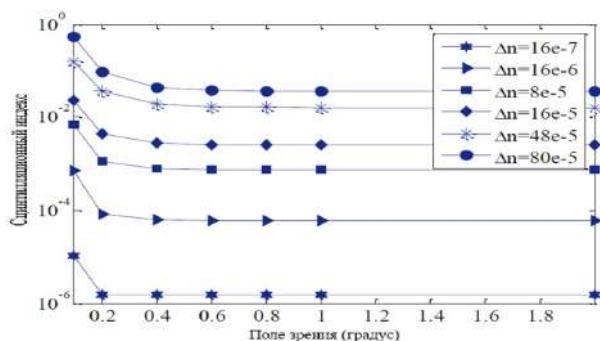


интенсивности принимаемого светового за счет увеличения диаметра апертуры [9], но, как известно, это может привести к потере соотношения сигнал/шум на входе  $R_x$ .



**Рисунок 4.** Графики зависимости значений СИ от диаметра апертуры  $R_x$  при различных значениях  $\Delta n$  и  $L=30$  м.

Следующие графики (рисунок 5) иллюстрируют зависимость значений СИ от поля зрения FOV  $R_x$  при различных значениях  $\Delta n$  для  $L=30$  м. Из них следует, что увеличение угла поля зрения FOV практически не оказывает никакого влияния на СИ, кроме случая  $FOV < 1^\circ$ . В области низких значений  $\Delta n$  влияние увеличения FOV на СИ практически незаметно, но для более высоких уже имеет определенное значение.



**Рисунок 5.** Графики зависимости значений СИ от поля зрения (FOV) при различных значениях  $\Delta n$  и  $L=30$  м.

## 5. Выводы

Основываясь на предложенной модели турбулентности, исследовано влияние диапазона ссылок до 150 м на ФПВ интенсивности принимаемого света при коэффициенте преломления воды вариации были одинаковыми во всех случаях. Результаты моделирования показали, что логнормальное и отрицательное экспоненциальное распределения очень неплохо сочетаются с ФПВ интенсивности принятого света при условии возрастания турбулентности от слабого уровня вплоть до насыщенного. Также установлено, что при изменении угла расхождения  $T_x$  СИ также

зависит и от изменения показателя преломления, а увеличение диаметра апертуры  $R_x$  и его поля зрения имеют тенденцию к уменьшению СИ.

### Список литературы

1. Ксенофонтов, Ю.Г. Системы технического зрения как разновидность инфотелекоммуникаций в вопросах экологического мониторинга водной среды / Ю.Г. Ксенофонтов, В.Л. Мартынов, Н.М. Божук, М.С. Шиманская, Э.В. Кречетова // Информатизация и связь. – 2022. – № 1. – С. 114-119. – DOI: 10.34219/2078-8320-2022-13-1-114-119.
2. Мартынов, В. Л. Картографирование донной поверхности с использованием лазерных технологий / В. Л. Мартынов, Н. М. Божук, А. С. Голосной // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 2-2 (44). – С. 69-73.
3. Ксенофонтов, Ю. Г. Подводная оптическая беспроводная связь как средство повышения эффективности информационно-телекоммуникационного обеспечения глубоководных исследований / Ю. Г. Ксенофонтов // Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – Т. 3(3). – С. 132-145. – DOI 10.47813/2782-2818-2023-3-3-0132-0145.
4. Vali, Z. Modeling turbulence in underwater wireless optical communications based on Monte Carlo simulation / Z. Vali, A. Gholami, Z. Ghassemlooy, D. G. Michelson, M. Omoomi, H. Noori // Journal of the Optical Society of America A. – 2017. – V. 34. – P. 1187-1193.
5. Jamali, M. V. Statistical distribution of intensity fluctuations for underwater wireless optical channels in the presence of air bubbles / M. V. Jamali, *et al.* // Iran Workshop on Communication and Information Theory (IWCIT), 2016. – P. 1-6.
6. Ghassemlooy, Z. Optical wireless communications: system and channel modelling with Matlab / Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari. – Boca Raton, United States: CRC press, 2012. – 540 p.
7. Andrews, L. C. Laser beam scintillation with applications / L. C. Andrews, R. L. Phillips, C. Y. Hopen. – Bellingham, WA, United States: SPIE press, 2001.
8. Lee, I. E. Free space optical communication systems with a partially coherent Gaussian beam and media diversity, Northumbria University, 2014.
9. Majumdar, A. K. Free-space laser communications: principles and advances / A. K. Majumdar, and J. C. Ricklin // Springer Science&Business Media. – 2010. – V. 2.

УДК 004.021  
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3015>

EDN  
[DJXZKJ](#)

## Анализ методов проектирования информационных систем и методов обработки данных

И.Л. Клендер\*, А.Н. Шимохин

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90,  
Красноярск, 660049, Россия

\*E-mail: [klender.vanya@mail.ru](mailto:klender.vanya@mail.ru)

**Аннотация.** В статье проводится анализ методов проектирования информационных систем и методов обработки данных. Рассматриваются различные подходы к созданию информационных систем, включая структурированные и объектно-ориентированные методологии. Особое внимание уделяется CASE-методология как методу, широко используемому в современном программировании. Статья представляет собой обзор современных тенденций в области информационных технологий и может быть полезна как для специалистов в этой области, так и для студентов, изучающих информатику и связанные с ней дисциплины. Материал предоставляет систематизированную информацию о методах проектирования и обработки данных, что позволяет читателям глубже понять принципы создания и оптимизации информационных систем.

**Ключевые слова:** методы проектирования информационных систем, методы обработки данных, CASE-методология, структурированные методы.

## Analysis of information systems design methods and data processing

I.L. Klender\*, A.N. Shimohin

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049,  
Russia

\*E-mail: [klender.vanya@mail.ru](mailto:klender.vanya@mail.ru)

**Abstract.** The article displays the analyzes of the methods of designing information systems and data processing methods. Various approaches to creating information systems are considered, including structured and object-oriented methodologies. Particular attention is paid to the CASE methodology as a method widely used in modern programming. The article is an overview of modern trends in information technology and can be useful both for specialists in this field and for students studying computer science and related disciplines. The material provides systematized information on design and data processing methods, which allows readers to better understand the principles of creating and optimizing information systems.

**Keywords:** methods of designing information systems, data processing methods, CASE methodology, structured methods.

## 1. Введение

Проектирование информационных систем (ИС) и обработка данных являются ключевыми аспектами в области информационных технологий. С развитием технологий и увеличением объемов данных, методы проектирования ИС и обработки данных становятся все более актуальными. В данной работе будет проведен анализ современных методов проектирования информационных систем и методов обработки данных, включая их классификацию, применение и влияние на эффективность разработки.

## 2. Анализ методов проектирования информационных систем и обработки данных

Анализ методов проектирования информационных систем и обработки данных включает в себя рассмотрение различных подходов к созданию и оптимизации информационных систем, а также методов обработки данных.

### 2.1. Методы проектирования информационных систем

#### 2.1.1. Общие подходы

Проектирование информационных систем можно разделить на несколько основных подходов:

- Структурный подход, который представляет собой методологический инструмент, активно использующийся в различных областях знаний, включая социологию, лингвистику, психологию и управление. Его основная идея заключается в том, чтобы анализировать объекты и явления не в контексте их отдельных компонентов, а как часть более широкой системы, где каждый элемент взаимодействует с другими.
- Объектно-ориентированный подход, который является парадигмой программирования, когда основные элементы системы представляют собой объекты, которые инкапсулируют данные и методы, управляющие этими данными. Этот подход возник в 1960-х годах и получил широкое распространение в 1980-х и 1990-х годах благодаря своим преимуществам в разработке сложных программных систем.

#### 2.1.2. CASE-методологии

CASE (Computer-Aided Software Engineering) методологии играют важную роль в автоматизации процесса разработки ИС. Они позволяют оптимизировать этапы анализа и проектирования с помощью инструментальных средств, таких как автоматическая

генерация кода [1, 2]. Это набор методологий и инструментов, предназначенных для упрощения и оптимизации процесса разработки программного обеспечения и проектирования информационных систем. Эти методологии охватывают различные аспекты проектирования, включая анализ требований, моделирование, кодирование и тестирование, что делает их важными для создания качественных информационных систем, что значительно сокращает время разработки и повышает качество создаваемых систем.

Перечислим основные компоненты CASE-методологии:

- Автоматизация процессов разработки – CASE-средства позволяют автоматизировать рутинные задачи, такие как генерация кода и документации, что значительно сокращает время разработки и снижает вероятность ошибок [1].
- Моделирование – CASE-методологии поддерживают различные нотации моделирования, такие как UML (Unified Modeling Language) и BPMN (Business Process Model and Notation), что позволяет создавать визуальные модели систем и процессов [2]. Это помогает разработчикам и заинтересованным сторонам лучше понимать структуру и функциональность системы.
- Инструменты для поддержки разработки – среди популярных инструментов можно выделить ArgoUML и Bizagi Studio, которые позволяют проектировать автоматизированные информационные системы с использованием унифицированных языков моделирования [2]. Эти инструменты предоставляют возможности для визуального проектирования и автоматической генерации приложений.

CASE-методологии находят широкое применение в различных областях, включая:

- Проектирование экономических информационных систем, так как использование структурного анализа и проектирования (SADT) в сочетании с CASE-средствами позволяет эффективно разрабатывать многоуровневые распределенные системы для обработки финансовой информации [3].
- Разработка систем искусственного интеллекта, когда CASE-технологии применяются для проектирования систем, способных работать с данными и знаниями, что особенно актуально в сфере услуг [4].

- Образование, когда в учебных заведениях CASE-технологии используются для обучения студентов проектированию библиотечно-информационных систем, что включает в себя цифровизацию библиотечных коллекций [5].

### *2.1.3. Концептуальное проектирование*

Концептуальное проектирование в проектировании информационных систем – это важный этап, который определяет общую архитектуру и функциональные требования системы. Этот процесс включает в себя формирование абстрактной модели системы, которая служит основой для дальнейшей разработки и реализации.

Представим следующие основные аспекты концептуального проектирования.

- Определение целей и задач системы – на этом этапе важно четко сформулировать цели, которые система должна достичь, а также задачи, которые необходимо решить. Это позволяет установить рамки для проектирования и определить ключевые функции системы.
- Анализ требований – сбор и анализ требований пользователей и заинтересованных сторон. Это может включать как функциональные требования (что система должна делать), так и нефункциональные (например, производительность, безопасность).
- Моделирование – создание концептуальных моделей, таких как диаграммы классов, диаграммы потоков данных или ER-диаграммы. Эти модели помогают визуализировать структуру системы и взаимодействие между её компонентами.
- Архитектурное проектирование – определение архитектурных стилей и паттернов, которые будут использоваться в системе. Это может быть микросервисная архитектура, клиент-серверная модель или другие подходы, в зависимости от требований проекта.
- Прототипирование – разработка прототипов для проверки концепций и получения обратной связи от пользователей. Прототипы могут быть как низкой детализации (например, бумажные прототипы), так и высоко детализированными (интерактивные модели).

Концептуальное проектирование играет ключевую роль в успешной реализации информационных систем по нескольким причинам. Во-первых, снижение рисков. Обеспечивается чёткое понимание требований и архитектуры, что позволяет избежать ошибок на более поздних этапах разработки. Второе, это улучшение коммуникации, так

как наличие визуальных моделей и прототипов способствует лучшему пониманию между разработчиками, заказчиками и пользователями. Также отметим гибкость изменений, которая на этапе концептуального проектирования позволяет легко вносить изменения в требования или архитектуру без значительных затрат.

## *2.2. Методы обработки данных*

### *2.2.1. Структурированные методы*

Структурированные методы обработки данных играют ключевую роль в проектировании информационных систем, обеспечивая систематизацию и оптимизацию процесса работы с данными. Эти методы включают в себя различные подходы и техники, которые позволяют эффективно собирать, хранить, обрабатывать и анализировать данные, что особенно важно в условиях растущих объемов информации.

Структурированные методы обработки данных можно классифицировать на несколько категорий:

- Методы сбора данных. Включают автоматизированные системы сбора данных (АСД), которые позволяют минимизировать ручной труд и повысить точность данных. Например, в физике высоких энергий используются системы сбора и обработки данных (ССОД), которые обеспечивают автоматизацию процессов анализа экспериментальных данных [4].
- Методы хранения данных. Использование реляционных баз данных (РБД) и NoSQL-систем для хранения больших объемов структурированных и неструктурированных данных [5]. Эти системы обеспечивают надежное хранение информации и быстрый доступ к ней.
- Методы обработки данных. Включают алгоритмы обработки больших данных, такие как кластеризация и статистический анализ. Например, закон Бенфорда и метод К-средних являются эффективными инструментами для выявления аномалий в финансовых данных [6].

## **3. Выводы**

Проектирование информационных систем и обработка данных являются ключевыми компонентами современной информационной инфраструктуры. Проектирование информационных систем и обработка данных требуют применения различных методов и технологий, которые должны быть выбраны в зависимости от



конкретных задач и контекста. Интеграция этих подходов позволяет создавать более эффективные и интеллектуальные системы, способные обрабатывать и анализировать данные в различных областях.

### Список литературы

1. Горлова, М.А. Современные методы обработки информации / М.А. Горлова, Е.А. Гурова // Форум молодых ученых. – 2021. – № 6(58). – С. 237-240.
2. Коцюба, И.Ю. Основы проектирования информационных систем: учебное пособие / И.Ю. Коцюба, А.В. Чунаев, А.Н. Шиков. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 206 с.
3. Полтавский, А.В. Автоматизированная информационная система исследования и выбора модели объектов сложных технических систем / А.В. Полтавский // Искусственный интеллект. Теория и практика. – 2023. – № 2(2). – С. 66-75.
4. Магомедов, Г.М. О системах поддержки принятия решений в информационных системах / Г.М. Магомедов, В.П. Александров // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции. – Курск, 2022. – С. 255-258.
5. Ишанходжаев, Г. Вопросы разработки интеллектуальных информационных электроэнергетических систем / Г. Ишанходжаев, М. Султанов, Б. Нурмамедов // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2022. – № 2(2). – С. 0251-0263. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-2-0251-0263>.
6. Моторыгин, П.Ю. Применение больших данных для прогнозирования финансовых рынков / П.Ю. Моторыгин, А.Д. Ветрова // Информатика. Экономика. Управление – Informatics. Economics. Management. – 2024. – № 3(4) – С. 0322-0329. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2024-3-4-0322-0329>.

УДК 665.12.001.57

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3016>

EDN

[EGNUUE](#)

## Цифровое моделирование установки подготовки нефти в инженерной среде компании RTSIM

Д.И. Гарафутдинова\*, А.Р. Рыжакова, А.Н. Багапов,  
Э.В. Гарифуллина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
ул. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: garafutdinovadiana0302@gmail.com

**Аннотация.** Моделирование технологических процессов и установок в нефтегазохимическом комплексе является одной из важнейших и главных задач, позволяющих удостовериться в правильности проектных решений и выявить потенциальные проблемы еще на стадии проектирования. В этой взрывопожароопасной отрасли, применяющей дорогостоящие сырье и продукты, каждое изменение требует особого внимания, моделирования и последующего внедрения на промышленных установках. Установка подготовки нефти – это ключевое звено в нефтедобывающей отрасли, ведь именно она обеспечивает удаление примесей из нефти, облегчает ее транспортировку, переработку и уменьшает дополнительные затраты на обслуживание оборудования и утилизацию отходов. Установка подготовки нефти включает в себя блоки обезвоживания, обессоливания, очистки от механических примесей и стабилизации, приводя нефть к требованиям, установленным стандартами. Таким образом, мы предотвращаем коррозию трубопроводов, резервуаров и оборудования, образование гидратов и засоров. В рамках цифрового моделирования установки подготовки нефти в среде RTSIM. Карьера была решена задача анализа и оптимизации различных параметров процесса в целях достижения максимальной производительности и выхода целевого продукта при минимальных затратах. Преимущество этого способа заключается в упрощении изучения сложных процессов, которые трудно исследовать экспериментально.

**Ключевые слова:** моделирование, подготовка нефти, обезвоживание, обессоливание.

## Digital modeling of an oil treatment plant in the RTSIM engineering environment

D. I. Garafutdinova\*, A. R. Ryzhakova, A. N. Bagapov, E. V. Garifullina

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx st., Kazan, 420015, Russia

\*E-mail: garafutdinovadiana0302@gmail.com

**Abstract.** Modeling of technological processes and installations in the petrochemical sector is a crucial task that helps verify the correctness of design decisions and identify potential problems at the design stage. In this industry, which is prone to explosions and fires and uses expensive raw materials and products, every change requires special attention, modeling, and subsequent implementation in industrial facilities. One of the key elements in the oil industry is the oil treatment plant. It is responsible for removing impurities from oil, which facilitates its transportation, processing, and reduces additional costs for equipment maintenance and waste disposal. The oil treatment plant consists of units for dewatering, desalination, purification from mechanical impurities, and stabilization, which bring the oil to the standards required. This helps prevent corrosion of pipelines, tanks, and equipment, the formation of hydrates, and blockages. Digital modeling of an oil treatment plant in the RTSIM platform solves the problem of analyzing and optimizing various process parameters to achieve maximum productivity and target product output at minimal cost. The advantage of this method is that it simplifies the study of complex processes that are difficult to investigate experimentally.

**Keywords:** modeling, oil treatment, dehydration, desalting.

## 1. Введение

Моделирование технологических процессов нефтегазохимического комплекса на сегодняшний день представляет особый интерес и является его неотъемлемой частью. Для того, чтобы оптимизировать процесс, необходимо сначала провести испытание на цифровой модели, а при успешном моделировании применить навыки на промышленной установке.

Установка подготовки нефти является важнейшим этапом перед непосредственной переработкой нефти и нефтепродуктов, назначение которой в разгазировании, обезвоживании и обессоливании нефти, а также подготовки вод для системы поддержания пластового давления, накопления и откачки товарной нефти. Моделирование этого процесса является актуальной задачей и позволяет получить товарную нефть 1 группы качества согласно ГОСТ Р 51858-2002 на СИКН, снизить материальные затраты на проведение схожих экспериментов, провести исследование в безопасности, находясь за компьютером и, самое главное, избежать чрезвычайные и аварийные ситуации [1-4].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

При цифровом моделировании установки подготовки нефти в среде РТСИМ. Карьера решается задача безопасного исследования таких процессов как сепарация, обезвоживание, обессоливание нефти и установления рабочих параметров технологического режима [5-6].

Необходимость подготовки нефти главным образом заключается в том, чтобы снизить количество нежелательных компонентов в нефтяной эмульсии.

Блок отстойников и электродегидратора предназначен для удаления воды, в которой содержатся минеральные соли, вызывающие коррозию оборудования. Высокая обводненность нефти приводит к усложнению процесса переработки, так как имеет большую температуру сгорания.

Блок сепарации предназначен для разделения газа и жидкости, которые происходит за счет перепада давления между входом и выходом из сепаратора. Удаление попутного нефтяного газа вызвано необходимостью уменьшения гидравлических ударов и испарения в процессе хранения и транспортировки.

### 3. Методы и материалы исследования

Для исследования и цифрового моделирования процесса подготовки нефти использовалось программное обеспечение RTSIM. Карьера. В этой программе установка подготовки нефти (УПН) представлена как совокупность различных элементов: нефтегазосепараторов, теплообменников, отстойников, электродегидратора и резервуаров для хранения (рисунок 1).

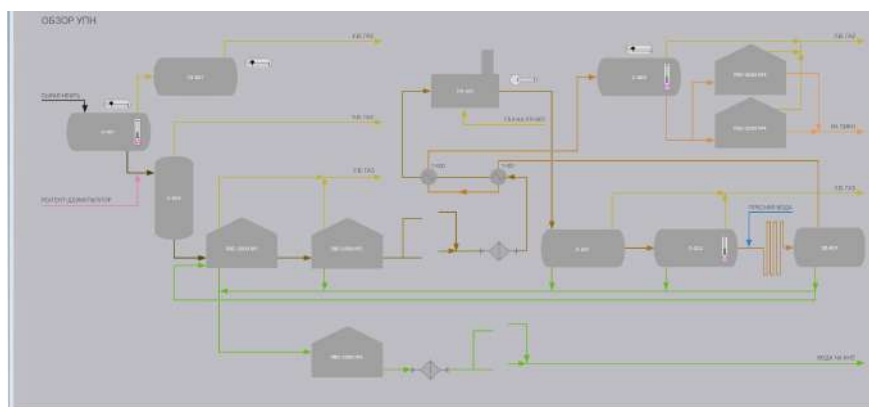


Рисунок 1. Общий вид УПН.

Сырая нефть поступает в первый нефтегазосепаратор, где происходит разделение на жидкую и газовую фазы. Далее в поток жидкой фазы добавляется реагент, который способствует разрушению эмульсии. После этого нефть поступает во второй нефтегазосепаратор.

Затем следует блок сырьевых резервуаров вертикальных стальных (РВС-3000). В первом, РВС № 1, происходит отделение основного количества воды от нефти путем отстаивания. После этого нефть поступает в буферный резервуар РВС №2, Он позволяет поддерживать непрерывность процесса и обеспечивает резервный объем на случай непредвиденного останова установки.

Далее нефть попадает в блок теплообменников, где она нагревается за счет тепла, отводимого от товарной нефти, и направляется в путевой подогреватель, где продолжает нагреваться перед подачей в отстойники для обезвоживания.

В электродегидраторе происходит снижение концентрации минеральных солей в нефти благодаря разрушению нефтяной эмульсии в электрическом поле. Это позволяет привести показатели в соответствие с требованиями ГОСТ Р 51858-2020.

#### 4. Полученные результаты

Для изучения влияния изменения технологических параметров на процесс подготовки нефти в РТСИМ. Карьера были смоделированы две ситуации: уменьшение температуры в путевом подогревателе до 33 °С (рисунок 2) и увеличение до 42 °С (рисунок 3). В первом случае мы наблюдали рост обводненности товарной нефти, что, в свою очередь, привело к увеличению содержания минеральных солей (рисунок 4). Напротив, увеличение температуры способствовало снижению обводненности (рисунок 5).

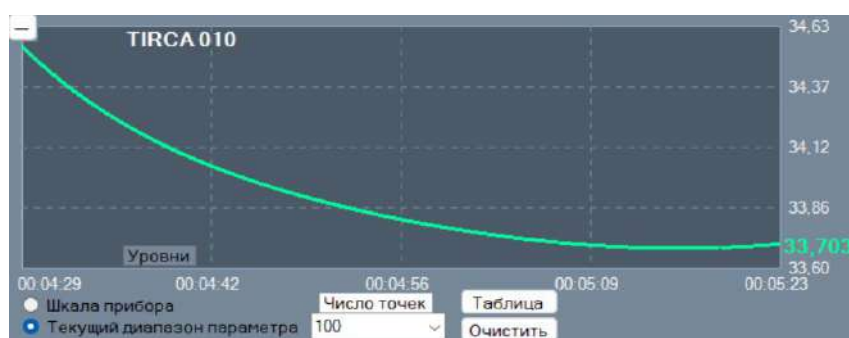


Рисунок 2. График изменения температуры нефти по времени.

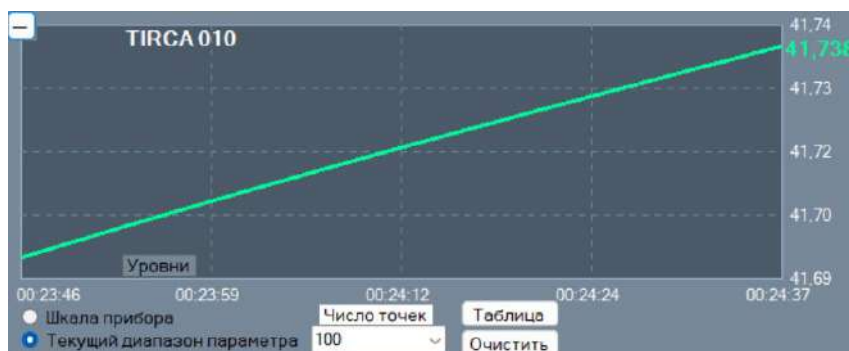


Рисунок 3. График изменения содержания воды в товарной нефти по времени.



Рисунок 4. График изменения содержания воды в товарной нефти по времени.

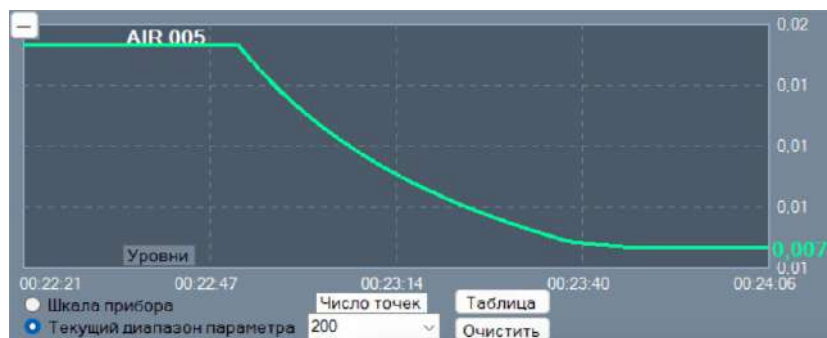


Рисунок 5. График изменения содержания воды в товарной нефти по времени.

## 5. Выводы

Цифровая модель установки подготовки нефти осуществляет безопасное изучение данного технологического процесса. Изменяя температуру, установили закономерности изменения содержания воды в нефти. Исследование показало, что при снижении температуры на 7 градусов содержание воды в нефти увеличивается, а при незначительном повышении температуры на 2 °С – снижается.

## Список литературы

1. Султанова, Л.Р. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л.Р. Султанова, Р.Н. Костромин, В.В. Бронская, О.С. Харитонова, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 6. – С. 105-109.
2. Федотов, Р.А., Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р.А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина, К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.
3. Габдрахманов, Р.Р. Цифровые тренажеры технологических процессов РТСИМ.Карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе / Р.Р. Габдрахманов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, А.И. Черевина, Э.И. Мустеева // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: сборник материалов IV Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием (09-10 ноября 2023 г., Красноярск). – Красноярск, 2023. – С. 131-135.

4. Шафиков, Р.Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях. / Р.Р. Шафиков, М.М. Фарахов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, В.А. Алексеев // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 12. – С. 124-128.
5. Иванец, К.Я. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация / К.Я. Иванец, А.Н. Лейбо. – М.: Химия, 1960. – С. 152-155.
6. Гуричев И. Л., Технология переработки нефти и газа. Часть первая / – М.: Химия, 1972. – С. 176-196.



УДК 004.94

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3017>

EDN

[EJBXGZ](#)

## Оптимизация производственных процессов с использованием ПО «Tecnomatix Plant Simulation»

**А.О. Фирсин\***

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», Московское шоссе, д. 34, Самара, 443086, Россия

\*E-mail: [firsin.ao@ssau.ru](mailto:firsin.ao@ssau.ru)

**Аннотация.** В статье рассматривается использование программного обеспечения Tecnomatix Plant Simulation для оптимизации производственных процессов на предприятии, занимающемся изготовлением деталей для малоразмерных газотурбинных установок. Через детальное имитационное моделирование, статья демонстрирует, как современные технологии могут помочь не только в повышении эффективности производства, но и в устранении узких мест, оптимизации загрузки оборудования и управлении производственными ресурсами. Особое внимание уделяется анализу производительности, визуализации процессов и планированию на основе данных имитационной модели.

**Ключевые слова:** анализ производительности, визуализация процессов, имитационное моделирование, МГТУ, планирование производства, Tecnomatix Plant Simulation.

## Optimization of production processes using the "Tecnomatix Plant Simulation" software

**A.O. Firsin\***

FSAEI HE "Samara National Research University named after academician S.P. Korolev", Moskovskoye Shosse Road 34, Samara, 443086, Russia

\*E-mail: [firsin.ao@ssau.ru](mailto:firsin.ao@ssau.ru)

**Abstract.** The article discusses the use of Tecnomatix Plant Simulation software to optimize production processes at an enterprise engaged in the manufacture of parts for small-sized gas turbine installations. Through detailed simulation, the article demonstrates how modern technologies can help not only to increase production efficiency, but also to eliminate bottlenecks, optimize equipment utilization and manage production resources. Special attention is paid to performance analysis, process visualization and planning based on simulation model data.

**Keywords:** performance analysis, process visualization, simulation modeling, MGTU, production planning, Tecnomatix Plant Simulation.

## 1. Введение

В современном производственном мире наблюдается неуклонный рост потребности в оптимизации процессов для повышения производительности и снижения затрат. Имитационное моделирование (ИМ), используемое в программном обеспечении Tecnomatix Plant Simulation, является мощным инструментом, который позволяет предприятиям анализировать и визуализировать производственные процессы без необходимости физических изменений на производственных линиях [1, 2].

## 2. Методы и материалы исследования

В рамках исследования использовалось ПО Tecnomatix Plant Simulation для моделирования производственных процессов на предприятии, занимающемся изготовлением деталей малоразмерных газотурбинных установок. Основная цель моделирования заключалась в оптимизации пропускной способности производства и устранении узких мест, что в перспективе может способствовать импортозамещению аналогичных зарубежных установок, особенно в условиях экономических санкций. Для моделирования были использованы входные параметры, включающие детальные планы производственных циклов, временные рамки, перечень используемого оборудования и общее количество производимых единиц в год (рисунок 1) [3,4].

ПО	Кол-во	Имя
.UserObjects.Колесо_турбины	5	Колесо_турбины
.UserObjects.Колесо_компрессора	5	Колесо_компрессора
.UserObjects.Корпус_камеры_сгорания	5	Корпус_камеры_сгорания
.UserObjects.Корпус_задний	5	Корпус_задний
.UserObjects.Жаровая_труба	5	Жаровая_труба
.UserObjects.Корпус_форкамеры	5	Корпус_форкамеры
.UserObjects.Корпус_промежуточный	5	Корпус_промежуточный
.UserObjects.Корпус_опоры	5	Корпус_опоры

**Рисунок 1.** Номенклатура производимых деталей.

Применение имитационной модели позволило эффективно управлять перемещением компонентов между узлами обработки, что обеспечило гибкость и точность процессов (рисунок 2).

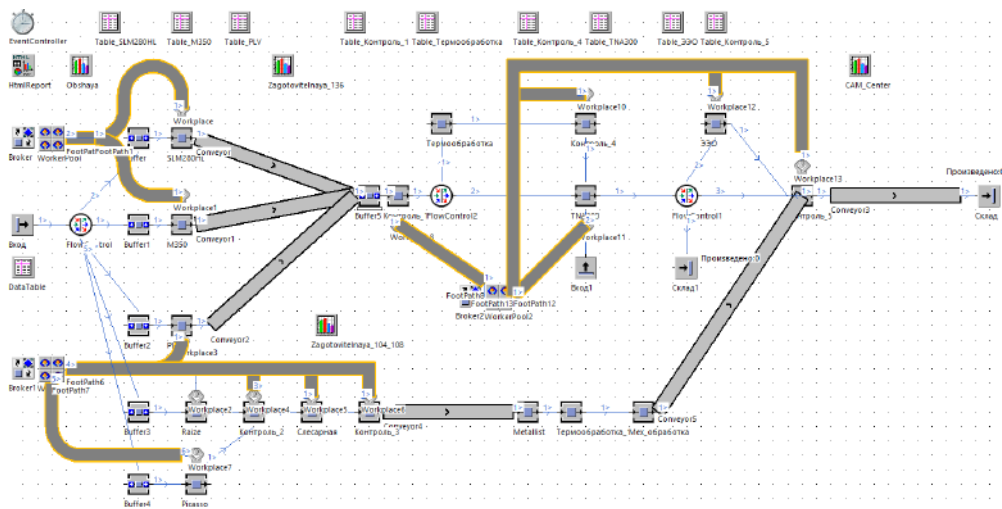


Рисунок 2. Имитационная модель производства.

Важной особенностью этого программного обеспечения является использование объекта Connector, который обеспечивает передачу компонентов между узлами обработки. Это позволяет деталям переходить между станками не только в линейной последовательности, но и повторно возвращаться на предыдущие станции или проходить обработку различной длительности в зависимости от задач производственного цикла.

Для точного соответствия реального производственного процесса с имитационной моделью, в Tecnomatix Plant Simulation используется специальная таблица DataTable. Эта таблица содержит критически важные данные, такие как: наименование детали; время, необходимое для обработки каждой детали; номер операции по технологическому процессу.

Перед наиболее трудоемкими операциями в модели поставлены накопительные буферы (Buffer), которые играют роль временного хранилища для деталей перед обработкой. Эти буферы важны для обеспечения непрерывности производственного процесса, позволяя гибко управлять потоком деталей через различные стадии обработки.

В ИМ использовался компонент FlowControl, который играет ключевую роль в управлении и оптимизации потоков материалов и деталей по производственной линии. В данном случае FlowControl использовался для распределения ресурсов между различными станциями и участками производства (рисунок 3).

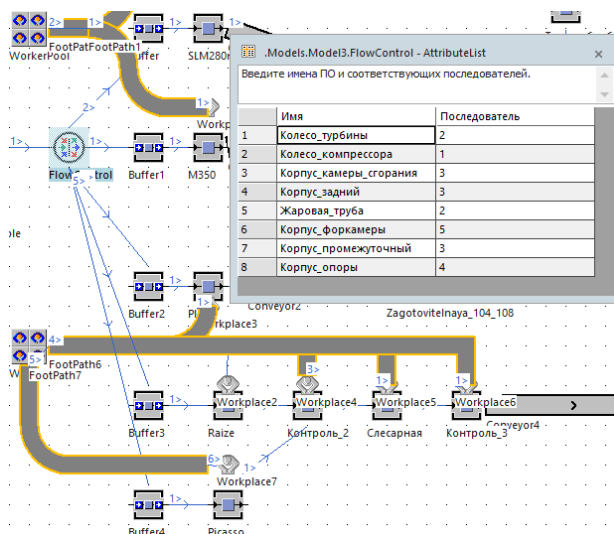


Рисунок 3. Распределение ресурсов между различными станциями.

Для оптимизации производственных и логистических процессов, были добавлены следующие инструменты: Broker, который управляет распределением ресурсов и задач между различными рабочими станциями и операторами; WorkerPool – группа операторов, которые могут быть динамически назначены на различные задачи в зависимости от текущих потребностей производства; Workplace – моделирует конкретное рабочее место в производственной системе. Также были добавлены операторы к конкретным рабочим местам для возможности моделирования человеческого фактора в производственных процессах (рисунок 4).

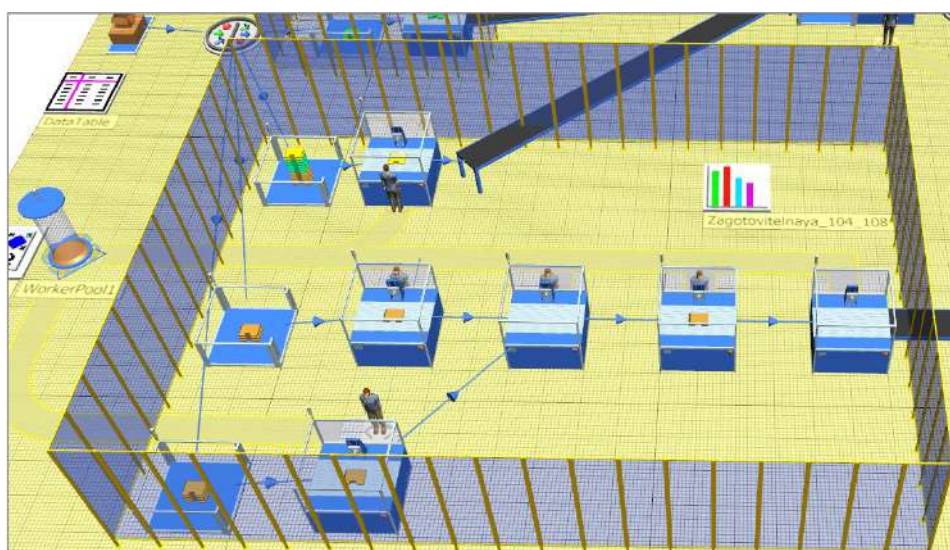


Рисунок 4. 3D-визуализация рабочего места.

### 3. Полученные результаты

Результаты моделирования в ПО Tecnomatix Plant Simulation представлены на рисунке 5, которые визуализируются в виде графиков и диаграмм. На этих графиках отображается информация о загрузке оборудования, что критически важно для оптимизации операций и минимизации простоев. Показатели загрузки позволяют увидеть, какие станции работают на полную мощность, а какие могут быть более эффективно использованы. Кроме того, графики производительности деталей демонстрируют скорость производства отдельных компонентов, выявляя узкие места в производственной линии и предоставляя данные для более точного планирования и управления запасами.

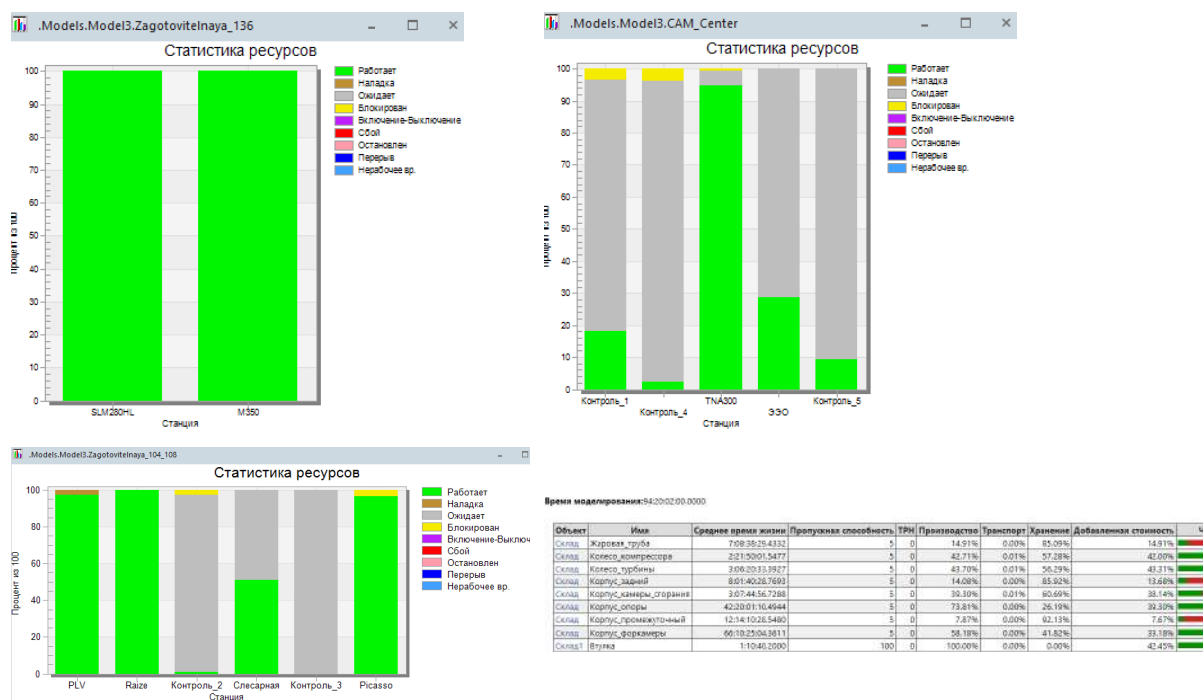


Рисунок 5. Результаты моделирования.

Результаты моделирования показали значительное улучшение в загрузке производственного оборудования и сокращение времени производственного цикла на 20%. Это подтверждает эффективность применения имитационного моделирования для оптимизации производственных процессов. Сравнение с данными предыдущего года показывает уменьшение простоев на 15%, что является значительным улучшением операционной эффективности. Также было выявлено несколько узких мест, что

позволило скорректировать распределение ресурсов и увеличить производственные мощности отдельных участков.

#### 4. Выводы

Использование Tecnomatix Plant Simulation позволяет не только визуализировать и анализировать производственные процессы, но и предпринимать информированные шаги для их улучшения. Это, в свою очередь, приводит к повышению общей производительности и конкурентоспособности предприятия на рынке.

Результатом проведенного исследования стала разработанная имитационная модель, которая предоставляет ценные данные о производственных показателях. Модель включает в себя информацию о производительности отдельных деталей, выявление узких мест в производственных процессах, а также показатели загрузки оборудования. Эти данные позволяют не только оценить текущее состояние производственных линий, но и идентифицировать потенциальные возможности для улучшения эффективности и сокращения затрат. Использование данной модели обеспечивает возможность проведения детального анализа и планирования оптимизационных мероприятий, направленных на повышение производительности и минимизацию простоев.

#### Список литературы

1. Абрамова, И.Г. Имитационное моделирование организации производственных процессов машиностроительных предприятий в инструментальной среде Tecnomatix Plant Simulation / И.Г. Абрамова // Лабораторный практикум. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014. – 80 с.
2. Лычкина, Н. Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений / Н. Н. Лычкина // Сб. докл. Второй науч.-практ. конф. по имитационному моделированию ИММОД – СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2005 – Т. 1 – С. 25-31.
3. Kokareva, V.V. Production Processes Management by Simulation in Tecnomatix Plant Simulation / V.V. Kokareva, A.N. Malyhin, V.G. Smelov // Applied Mechanics and Materials. – V. 756. – 2015. – pp. 604-609.
4. Калачев, О.Н. Имитационное моделирование в Tecnomatix Plant Simulation 11 в учебном процессе / О.Н. Калачев, А.Н. Синяева // CAD/CAM/CAE Observer. – 2015. – № 2 (94). – С. 75-78.



УДК 004.8

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3018>

EDN

[EQHVZT](#)

## Обработка естественного языка с использованием глубокого обучения

**О.А. Митина\***

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

\*E-mail: [alogmi@yandex.ru](mailto:alogmi@yandex.ru)

**Аннотация.** Изучены модели и методы обработки естественного языка для создания алгоритма, способного с высокой точностью определять принадлежность литературного произведения к определённой группе на основе общих характеристик и элементов. Произведена оценка существующих методов обработки естественного языка, используемых в задачах классификации текстов. Спроектирована и разработана последовательность эффективных действий – алгоритм – для определения жанров книг на «домашнем» компьютерном оборудовании. Важной составляющей полученных алгоритмов и моделей является возможность выбора имеющихся вычислительных ресурсов. В современном мире экспоненциальный рост текстовых данных стал серьезной проблемой для организаций и компаний. С оцифровкой всего – от электронных писем до документов и электронной почты – постоянно увеличивается объем текстовых данных, которыми необходимо управлять, которые необходимо хранить и структурировать. Частично решить проблему можно с помощью машинной обработки естественного языка. Поскольку объем этой информации продолжает расти, возникла насущная проблема автоматизации рутинных человеческих задач, связанных с классификацией и структурированием этого огромного объема информации. Решение этой проблемы имеет решающее значение для обеспечения эффективного управления постоянно растущими объемами данных. С ростом важности обработки естественного языка в современной экономике, основанной на данных, крайне важно получить представление о ее возможностях и ограничениях, что является одной из задач этой работы.

**Ключевые слова:** задача классификации, токенизация, стемминг, лемматизация, векторизация, нейронная сеть.

## Natural language processing using deep learning

**O.A. Mitina\***

MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

\*E-mail: [alogmi@yandex.ru](mailto:alogmi@yandex.ru)

**Abstract.** This paper proposes an efficient and novel technique for assessment of the direction of switched capacitor bank as well as estimating its distance from the monitoring location in real distribution systems. At first, the proposed ... Models and methods of natural language processing are studied to create an algorithm capable of accurately determining the belonging of a literary work to a certain group based on common characteristics and elements. Existing methods of natural language processing used in text classification problems are assessed. A sequence of effective actions - an algorithm - for determining book genres on "home" computer equipment is designed and developed. An important component of the resulting algorithms and models is the ability to select available computing resources. In the modern world, the exponential growth of text data has become a serious problem for organizations and companies. With the digitization of everything - emails to documents and e-mail - the volume of text data that must be managed, stored and structured is constantly increasing. Partially, this problem can be solved using machine natural language processing. As the volume of this information continues to grow, an urgent problem has arisen of automating routine human tasks associated with the classification and structuring of this huge amount of information. Solving this problem is crucial to ensuring the effective management of ever-growing volumes of data. With the growing importance of natural language processing in today's data-driven economy, it is critical to gain insight into its capabilities and limitations, which is one of the objectives of this paper.

**Keywords:** classification problem, tokenization, stemming, lemmatization, vectorization, neural network.



## 1. Введение

Обработка естественного языка и искусственный интеллект в настоящее время переживают этап быстрой эволюции, открывая огромное количество возможностей для изучения моделей использования языка и расшифровки глубинных смыслов, заложенных в различных формах текста. Этот стремительный прогресс в обработке естественного языка (NLP – Natural Language Processing) и искусственного интеллекта прокладывает путь для научных прорывов в широком спектре областей, таких как здравоохранение, образование, развлечения и коммуникация. Эти достижения не только повышают эффективность и результативность этих отраслей, но и открывают новые пути для инноваций и открытий.

Эти научные прорывы в свою очередь способствуют генерированию еще большего количества информации. Сюда входит как искусственно созданный контент, например статьи и книги, написанные в соавторстве с искусственным интеллектом, так и традиционная информация, созданная человеком, включающая отчеты, статьи, обзоры, книги и другие формы письменных документов.

Результатом исследования является наиболее эффективный алгоритм определения жанров книг на основе методов обработки естественного языка, способный работать на «домашнем» компьютерном оборудовании. Это исследование потенциально может помочь книгоиздателям, библиотекарям и литературоведам более эффективно классифицировать и организовывать свои коллекции на основе жанров. Кроме того, это исследование может способствовать разработке новых методов NLP для задач классификации текстов.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель исследования – изучить существующие модели и методы обработки естественного языка для создания алгоритма, способного с высокой точностью классифицировать жанры книг, работающего на «домашнем» компьютерном оборудовании.

Исследование может помочь книгоиздателям, библиотекарям и литературоведам более эффективно классифицировать и организовывать свои коллекции на основе жанров, а также способствовать разработке новых методов NLP для задач классификации текстов.

### 3. Методы и материалы исследования

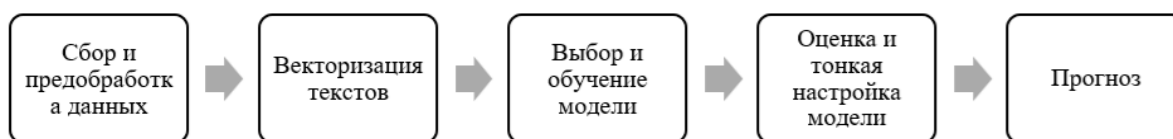
Обработка естественного языка – это наука о проектировании методов и алгоритмов, которые принимают и порождают неструктурированные данные естественного языка [1].

Использование методов NLP необходимо в связи с большим объемом неструктурированных данных (текст, аудио и видео), которые генерируются в современном мире и составляют около 80 % от всех. NLP помогает извлекать значимую информацию из неструктурированных текстовых данных, обеспечивая широкий спектр применения, таких как обслуживание клиентов, анализ настроений, классификация текстов, машинный перевод и распознавание голоса.

Следует отметить, что NLP – это важная область машинного обучения и сфере ИИ, которая позволяет компьютерам «понимать», обрабатывать и генерировать человеческий язык. Она необходима для извлечения основной информации из неструктурированных данных, и уже успешно решает множество задач, включая анализ настроений, машинный перевод и распознавание речи. В будущем NLP продолжит играть важнейшую роль в различных областях нашей жизни, все больше проникая в нее.

Классификация текстов по жанрам – это распространенная задача NLP, которая включает в себя присвоение жанровой метки конкретному тексту [2].

Этапы практической реализации схемы классификации текстов по жанрам показаны на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Этапы практической реализации схемы классификации текстов.

Процесс классификации книг с помощью методов NLP включает в себя систематический подход, начиная со сбора и предварительной обработки данных и заканчивая обучением и тонкой настройкой моделей для точного предсказания жанра. Используя передовые методы векторизации текста и алгоритмы машинного обучения, системы классификации книг на основе NLP могут обеспечить множество практических приложений, таких как персонализированные рекомендации и эффективная каталогизация. Эти системы обладают огромным потенциалом для изменения способа

обнаружения, организации и взаимодействия с литературным контентом.

Для решения задач классификации существует множество моделей и методов машинного обучения, включая наивный Байесовский классификатор, метод опорных векторов, деревья решений, случайный лес, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети и Long Short-Term Memory. Выбор подходящего алгоритма зависит от специфики проблемы, ее сложности и характеристик данных.

Производительность моделей машинного обучения, используемых для обработки естественного языка, должна строго оцениваться, а сами модели должны быть точно настроены для получения оптимальных результатов.

Оценка и точная настройка моделей машинного обучения в задачах классификации NLP имеет важное значение для достижения оптимальной производительности. Такие методы, как разделение обучения и тестирования, K-кратная кросс-валидация и стратифицированная K-кратная кросс-валидация, обеспечивают различные уровни надежности при оценке производительности, одновременно предотвращая перебор.

Оценивая модели с помощью соответствующих оценочных показателей, таких как accuracy, precision, recall, F1-score, ROC-AUC и PR-AUC, можно получить представление о производительности модели, что позволяет точно настроить гиперпараметры, архитектуру или процессы обучения для улучшения обобщения и достижения лучших результатов на невидимых данных [3].

Чтобы проверить работоспособность модели, оценив ее метрики, необходимо с помощью построенной модели спрогнозировать метки классов для данных, на которых модель не обучалась.

При классификации текстов для обработки естественного языка этап предсказания включает в себя присвоение меток классов невидимым текстам с помощью обученной модели машинного обучения. Он имеет ключевое значение для оценки способности модели к обобщению и применения ее к реальным задачам. Процесс включает предварительную обработку текстов, извлечение признаков, применение модели и интерпретацию результатов.

Перед подачей входного текста в обученную модель необходимо провести предварительную обработку текстовых данных таким же образом, как и обучающих

данных. Это гарантирует, что модель сможет точно обработать и классифицировать входной текст.

Этапы предварительной обработки обычно включают в себя:

- токенизация: разделение текста на отдельные слова или лексемы;
- понижение регистра: преобразование всех символов в строчные для обеспечения согласованности;
- удаление стоп-слов: устранение распространенных слов, которые не вносят существенного вклада в смысл текста;
- стемминг или лемматизация: сокращение слов до их корневой формы или инфинитивов [4-5];
- удаление специальных символов и пунктуации: удаление из текста символов, которые не могут способствовать решению задачи классификации.

В данной работе для предобработки текстов используется лемматизация.

После предварительной обработки входного текста следующим шагом является векторизация текстовых данных.

Векторизация текста – это процесс преобразования текстовых данных в числовые векторы, которые могут быть использованы алгоритмами машинного обучения. Векторизация текста – важный этап в таких задачах NLP, как анализ настроений, тематическое моделирование и классификация текстов.

Существуют различные методы векторизации текста в задачах NLP, каждый из которых обладает уникальными преимуществами и ограничениями: Bag-of-Words, TF-IDF, Word Embeddings и языковые модели [6].

Следует отметить, что целесообразно использовать Bag-of-Words, TF-IDF, Word2Vec и GloVe, поскольку они эффективны и менее требовательны к вычислениям.

После извлечения характеристик из входного текста они могут быть введены в обученную модель машинного обучения для создания прогнозов классов.

Результатом этапа прогнозирования обычно является распределение вероятностей по меткам класса, на основе которого можно получить окончательный прогноз класса.

Этап предсказания в задачах классификации текстов является важнейшим этапом. Предварительная обработка входного текста, извлечение релевантных признаков, применение обученной модели, интерпретация результатов и выполнение любой

необходимой постобработки позволяют получить точные и надежные прогнозы классов для ранее не встречавшихся экземпляров текста.

Более того, анализируя работу модели на этапе предсказания с помощью различных метрик, можно определить области улучшения и итеративно доработать модель для достижения лучших результатов в реальных приложениях.

Успех модели классификации текста в NLP зависит не только от процесса обучения, но и от ее способности обобщать и адаптироваться к новым и разнообразным данным, встречающимся на этапе предсказания.

В зависимости от специфики задачи классификации и распределения классов в наборе данных, для тщательной оценки работы классификатора можно использовать различные типы F1-коэффициентов, каждый из которых по-своему эффективен в зависимости от задачи классификации. При оценке результатов работы моделей используется средневзвешенная F1-score из-за дисбаланса классов.

В работе реализуется десятиклассовая классификация: деловая литература, детективы и триллеры, документальная литература, поэзия, любовные романы, наука, образование, приключения, проза, религия, духовность, эзотерика, фантастика.

Массив книг для обучения собран из открытых источников, имеет размер 109 Гб и содержит в себе 99283 книги с расширением «.epub» от 63 276 различных авторов (рисунок 2).

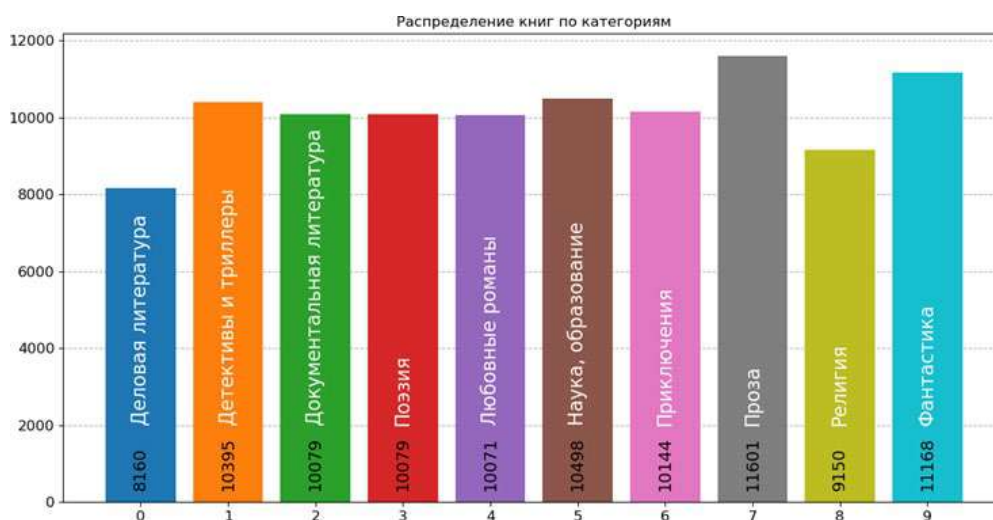


Рисунок 2. Исходное распределение книг по категориям.

В таблице 1 показаны итоговые результаты по двум лучшим парам «метод векторизации – метод обучения».

**Таблица 1.** Результаты машинного обучения.

Метод обучения	Векторизация	Точность, %	Полнота, %	F1-score, %
1	2	3	4	5
Градиентный бустинг	GloVe	86,21	85,01	85,37
«Комплексная» нейронная сеть	TF-IDF	87,23	87,05	87,05

В результате созданы два высокоэффективных алгоритма, предназначенных для задачи определения жанров книг. Лучшим алгоритмом для классификации текстов является комбинация TF-IDF и «комплексной» нейронной сети. С другой стороны, для ситуаций, когда вычислительные ресурсы ограничены, оптимальной парой является «GloVe – Градиентный бустинг». Эта комбинация оказывается более подходящей для ограниченных ресурсов и при этом дает достаточно хорошие результаты, обеспечивая баланс между производительностью и потреблением ресурсов.

#### **4. Выводы**

Результаты, полученные в рамках данной работы, имеют значительную практическую ценность и могут быть использованы различными заинтересованными сторонами в литературной и издательской экосистеме. Книгоиздатели, библиотекари и литературоведы, и многие другие, могут извлечь значительную пользу из этих достижений.

Доступность полученных алгоритмов, способность работать на маломощном «домашнем» компьютерном оборудовании, демократизирует доступ к передовым возможностям обработки естественного языка.

В целом, данная работа не только упрощает процесс организации и классификации книжных коллекций, но и позволяет улучшить библиотечное обслуживание, расширяет возможности издателей, тем самым способствуя эволюции литературного и издательского дел.

#### **Список литературы**

1. Гольдберг, Й. Нейросетевые методы в обработке естественного языка / Й. Гольдберг. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 282 с.

2. Официальный сайт компании NLP Cloud: сайт. – URL: <https://nlpcloud.com/ru/nlp-text-classification-api.html> (дата обращения 25.02.2025).
3. Волосова, А.В. Технологии искусственного интеллекта в ULS-системах / А.В. Волосова. – СПб.: Лань, 2022. – 308 с.
4. Воронова, Л.И. Предобработка данных для нейросетевого управления / Л.И. Воронова, В. Р. Брус, В. И. Воронов, А. Н. Баширов. – М.: МТУСИ, 2021. – 49 с.
5. Рашка, С. Python и машинное обучение / С. Рашка. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.
6. Паттерсон, Дж. Глубокое обучение с точки зрения практика / Дж. Паттерсон, А. Гибсон. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 418 с.



УДК 004.056

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3019>

EDN

[ZCXMZK](#)

## Технология Blockchain как метод защиты данных в современных условиях

А.А. Грейс<sup>1,2\*</sup>, В.В. Калитина<sup>2</sup>, Д.Р. Идрисова<sup>1</sup>, Д.М. Скрябин<sup>1</sup>,  
К.П. Лукьянов<sup>1</sup>, А.П. Энгель<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

<sup>2</sup>Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

\*E-mail: [alena.yabl@yandex.ru](mailto:alena.yabl@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье рассматривается технология блокчейн как перспективный инструмент обеспечения информационной безопасности в условиях нарастающих киберугроз и увеличения объемов цифровых данных. Проведен анализ ключевых принципов блокчейна, включая децентрализацию, криптографическую защиту, неизменяемость данных и прозрачность, а также их влияние на устойчивость систем хранения и передачи информации. Выявлены основные киберугрозы, такие как вредоносное ПО, фишинг, DDoS-атаки и SQL-инъекции, а также рассмотрены традиционные методы защиты. Особое внимание уделено преимуществам блокчейна перед централизованными подходами к безопасности, в частности его способности снижать риски несанкционированного доступа и манипуляций с данными.

**Ключевые слова:** блокчейн, информационная безопасность, киберугрозы, децентрализация, криптографическая защита.

## Blockchain technology as a method of data protection in modern conditions

A.A. Grace<sup>1,2\*</sup>, V.V. Kalitina<sup>2</sup>, D.R. Idrisova<sup>1</sup>, D.M. Skryabin<sup>1</sup>,  
K.P. Lukyanov<sup>1</sup>, A.P. Engel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

<sup>2</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

\*E-mail: [alena.yabl@yandex.ru](mailto:alena.yabl@yandex.ru)

**Abstract.** This article examines blockchain technology as a promising tool for ensuring information security amid growing cyber threats and increasing volumes of digital data. The study analyzes the key principles of blockchain, including decentralization, cryptographic protection, data immutability, and transparency, as well as their impact on the resilience of data storage and transmission systems. Major cyber threats such as malware, phishing, DDoS attacks, and SQL injections are identified, alongside an overview of traditional security measures. Particular attention is given to the advantages of blockchain over centralized security approaches, specifically its ability to mitigate risks associated with unauthorized access and data manipulation.

**Keywords:** blockchain, information security, cyber threats, decentralization, cryptographic protection.

## 1. Introduction

In the era of rapid digitalization across all sectors of society, information security has become a top priority. While modern technologies enhance convenience and efficiency in data management, they simultaneously introduce new challenges related to data protection. Cyber threats such as malware, phishing, and DDoS attacks pose significant risks to the confidentiality, integrity, and availability of information. Traditional security measures, including antivirus software, firewalls, and encryption systems, remain essential components of cybersecurity. However, their effectiveness is increasingly compromised due to their reliance on centralized structures, which can serve as vulnerable entry points for malicious actors [1].

This growing threat landscape necessitates the development of innovative solutions that can enhance the resilience of information systems. One such solution is blockchain technology, initially designed to support cryptocurrency transactions but now recognized for its potential as a robust data protection tool. Blockchain's key advantages include decentralization, immutability of records, cryptographic security, and transaction transparency. Despite the rising interest in this technology, its integration with conventional cybersecurity measures and the overall effectiveness of such an approach require further investigation.

Existing academic studies primarily focus on specific aspects of blockchain, such as cryptographic algorithms, smart contracts, and consensus mechanisms. However, a comprehensive analysis of its potential applications in information security remains underexplored. This paper examines the fundamental principles of blockchain, its key characteristics, and its integration with traditional security methods. Particular emphasis is placed on decentralization, transparency, and the resilience of blockchain-based systems, allowing for a thorough evaluation of their viability in safeguarding information across various industries, including finance, logistics, and government administration [2-3].

## 2. Materials and methods

The key components of information security are confidentiality, integrity, and availability of information. Confidentiality refers to protecting data from unauthorized access, integrity ensures the data remains unaltered and prevents unauthorized modifications, and availability ensures that the information is accessible when and where needed. These three components form the foundation of any information security system, and their protection is crucial for organizations and individuals.

In the context of rapid digital transformation, cyber threats have become one of the most serious issues for safeguarding these components. Malicious software, system attacks, and data breaches represent significant risks to the confidentiality, integrity, and availability of information. The history of information security is full of examples of attacks that have left a significant mark globally, disrupting the operations of companies, banks, government institutions, and individual users.

One of the most well-known threats is viruses and malicious software, which, over the decades, have posed a serious danger to users and organizations. Viruses, trojans, worms, spyware, and ransomware infect computers and networks, causing irreparable damage. Malicious programs are often accompanied by spam, which is not only a source of annoyance for users but also a channel for spreading viruses. Spam can contain fake offers, links to malicious websites, or attachments with viruses, posing a significant security threat.

Phishing is another serious threat that continues to evolve with increasingly sophisticated forms. This social engineering method targets users with deceptive messages designed to steal confidential information, such as passwords, logins, and credit card details. DDoS attacks, aimed at overloading a server or network, also leave a significant mark in history. These attacks use a large number of infected devices to overwhelm a server, making it temporarily unavailable.

SEO infections, which allow malicious sites to rank highly in search engine results, also present a major threat. SQL injections, which involve embedding malicious SQL code into database queries, are also among the most common and dangerous attacks. Data breaches, which have become particularly prevalent in recent decades, have led to several large-scale leaks.

Cyber attack methods such as social engineering are also becoming increasingly widespread. In these cases, cybercriminals manipulate individuals to gain access to confidential information. Exploitation of vulnerabilities in software, brute-force attacks, and the spreading of malicious attachments via email or social media – these all affect information security, undermining the confidentiality, integrity, and availability of data.

### **3. Discussion**

Modern data protection systems incorporate a variety of methods and tools aimed at ensuring the confidentiality, integrity, and availability of information. Traditional protection measures include antivirus software, firewalls, regular software updates, the use of strong

passwords and two-factor authentication, as well as regular data backups. These measures provide basic protection against a range of cyber threats such as viruses, phishing, and unauthorized access; however, their effectiveness is increasingly questioned in the face of growing threats.

Antivirus programs and firewalls play an essential role in maintaining security by blocking malicious software and monitoring network traffic. However, for these tools to remain effective, it is necessary to regularly update threat databases and monitor the health of the software. The problem lies in the fact that these protective tools rely on centralized systems, which can be vulnerable to attacks if the system itself is not updated promptly.

Regular software updates are also crucial for closing vulnerabilities that may be exploited by cybercriminals. However, despite numerous patches and updates, neglecting these processes can lead to serious consequences. Automating the update process can help mitigate such risks, but it is impossible to completely eliminate vulnerabilities, as new types of attacks are constantly emerging.

The use of strong passwords and two-factor authentication is an important step in securing data. Implementing two-factor authentication significantly complicates account hacking, but even so, the system may still be vulnerable to social engineering methods or attacks on the channels through which confirmation codes are transmitted.

Regular data backups help protect against data loss in the event of a malware attack, such as ransomware. However, this protection method is not always a guarantee of complete security, as infected systems may destroy backup copies if they are not stored in secure, remote locations.

In contrast, modern data protection systems that require a high level of reliability, transparency, and resilience tackle data protection challenges differently. Reliable protection systems must ensure constant data availability, safeguard against unauthorized access and alterations, and enable rapid data recovery in the event of an attack or failure.

Blockchain, with its unique structure, serves as an example of a modern technology that meets these requirements. One of the key features of blockchain is decentralization, which prevents dependence on a single point of failure and ensures data availability even when faced with external threats. Unlike traditional protection methods, blockchain uses a distributed data storage system where information is recorded in blocks and stored across multiple nodes, making it more secure against manipulation and loss.

Transparency is another crucial advantage of blockchain, as all transactions are recorded on the network and can be verified by every participant. This significantly enhances trust and eliminates the possibility of data tampering. In contrast to centralized systems, where changes to data may occur covertly, blockchain allows every alteration to be tracked in real-time.

The resilience of blockchain systems is ensured through their distributed architecture and ability to self-recover. Even if some nodes fail, the remaining ones continue to operate, ensuring uninterrupted system functionality. Blockchain systems possess high adaptability and can respond swiftly to new threats, making them an essential component for building long-term, secure infrastructures.

#### **4. Results: On the concept of blockchain technology**

Blockchain represents an innovative technology that fundamentally transforms concepts of data protection and security in the digital world. Unlike traditional centralized systems, blockchain operates based on a distributed ledger, where data is not stored in one location but is spread across multiple network nodes. This eliminates the possibility of centralized attacks, such as DDoS attacks, which can overload a server in centralized systems. Even if one of the nodes fails, the network continues to function without interruption, making blockchain highly resilient to various threats [4].

A key feature of blockchain is the use of cryptographic methods to protect data. Each transaction is recorded in the blockchain with a unique digital signature and hash value, ensuring the integrity and authenticity of the information. The connection of each block to the previous one through cryptographic algorithms makes the data virtually immutable, preventing tampering or manipulation. This property of blockchain significantly enhances the security and reliability of data storage.

Blockchain also provides transparency and traceability of all transactions. In open networks, all records are stored in a publicly accessible ledger, allowing any user to verify the history of operations and identify any suspicious activity. This transparency minimizes the risks of fraud and data manipulation, as any attempts to alter the information are immediately detectable by network participants.

The blockchain technology eliminates the need for intermediaries and centralized governing bodies, further contributing to enhanced security. In traditional systems, administrators can become vulnerable if their credentials are compromised. In blockchain, all

network participants are equal, and the system operates without centralized control, reducing the potential for attacks on a single point.

Another important aspect of blockchain is its protection against spam and counterfeit data. Blockchain networks often charge a fee for registering transactions, making mass generation of fake records economically unfeasible. Additionally, each transaction is verified by the network, which prevents the introduction of suspicious or malicious data.

The blockchain system also provides reliable protection against data theft. In some cases, data can be encrypted and divided into fragments, which are stored across different nodes. This makes it impossible to steal all the information even if one of the nodes is compromised. Furthermore, blockchain enables the implementation of digital identity systems that use unique keys or biometric data instead of traditional passwords. This significantly reduces the risk of credential theft, which is often targeted in phishing attacks.

Finally, blockchain supports smart contracts that automatically execute predefined conditions. This allows, for example, the automatic blocking of suspicious transactions or notifications to users about potential breaches, further enhancing the security of the system.

Thus, blockchain represents a technology that significantly outperforms traditional data protection methods, offering unique mechanisms of security, resilience to attacks, and transparency, making it an indispensable tool in the era of digitalization and cyber threats.

## 5. Conclusion

Blockchain technology can be effectively used in conjunction with traditional data protection methods, such as antivirus software, firewalls, intrusion detection systems, encryption, and others, to create a multi-layered and more reliable defense mechanism. It is important to recognize that blockchain does not replace existing security measures, but rather complements and enhances their capabilities while addressing some of their vulnerabilities. This integration of blockchain with traditional security technologies creates a more resilient and robust system.

Encryption remains one of the most effective traditional technologies for data protection. Blockchain can be used to enhance the security of encrypted data exchanges. For instance, blockchain can provide a secure repository for cryptographic keys and records, making them accessible only to authorized users. When data is encrypted and access is controlled through blockchain, it offers an additional layer of protection that is tamper-resistant, as any attempt to modify encrypted data will be logged in the blockchain.

Antivirus programs and intrusion detection systems (IDS) detect and block viruses, malware, and suspicious activity. Blockchain can be leveraged to create more reliable security logs and track the behavior of software. Records of actions performed on a device or within a network can be stored in the blockchain, ensuring an immutable and tamper-proof event log. In the event of a threat, such as a hack or intrusion, all information related to the actions of the attackers will be available for analysis and verification.

Multi-factor authentication employs multiple layers of verification, such as a password and a one-time code via SMS, to protect against unauthorized access. Blockchain can improve this protection by providing a more secure and reliable form of authentication using cryptographically protected digital identifiers and keys. Unlike traditional methods, which may be vulnerable to phishing or hacking, blockchain-based digital identifiers make the falsification of authentication data impossible.

Firewalls protect networks from unauthorized access and attacks. Blockchain can be used to manage access at the network infrastructure level. For example, blockchain can track and record all access attempts to a network, including information on who and when tried to connect, creating a transparent view of network activity. Recording these events in the blockchain ensures that they cannot be tampered with or deleted, providing a higher level of control.

DDoS attacks aim to overload servers and render them inaccessible. In combination with traditional DDoS protection measures, blockchain can be employed to defend against such attacks by distributing traffic and data across multiple nodes in the network. Blockchain can also be used to create distributed applications and infrastructures that automatically redirect traffic, improving fault tolerance. It also helps build systems for analyzing and preventing attacks based on transparent and immutable data.

Digital signatures are widely used to secure transactions and documents in the digital space. Blockchain can enhance these processes by providing unforgeable verification of signatures and documented agreements. Smart contracts on blockchain automatically execute contract conditions, reducing the risk of fraud and errors. For example, if a contract specifies that data should only be transferred under certain conditions, a smart contract will check their fulfillment and record the transaction, eliminating human errors.

Monitoring and auditing systems track activities within a network and on devices. Blockchain can be used to store audit trails, ensuring complete transparency and immutability



of records. This is particularly important when investigating security incidents. Blockchain creates an accessible log of all actions that cannot be altered or deleted, which greatly increases the reliability and accuracy of investigations.

The research confirms that blockchain technology holds significant potential to enhance data protection in the face of modern cyber threats. One of the key findings is the high resilience of blockchain to various types of attacks, including DDoS and phishing. This is achieved through the decentralized network structure, which eliminates the presence of a single point of failure, and the use of cryptographic methods that ensure data integrity and confidentiality. For example, in the financial and logistics industries, where blockchain is actively deployed, the number of successful attacks on such systems is significantly lower compared to traditional centralized solutions.

An important aspect of blockchain is its ability to ensure data immutability and transparency. Each transaction recorded in the blockchain becomes part of a chain that cannot be altered or deleted without the consensus of the majority of network participants. This property is especially valuable in industries where a high degree of trust is required, such as healthcare and government administration. For instance, in blockchain-based electronic voting systems, every vote is recorded and can be verified, which eliminates the possibility of manipulation and enhances confidence in the process.

The research also shows that blockchain effectively complements traditional data protection methods, such as antivirus software, firewalls, and multi-factor authentication. A combined approach enables the creation of a multi-layered security system that significantly complicates the task for attackers. For example, using blockchain to store cryptographic keys enhances the security of data encryption, while integrating with monitoring and auditing systems ensures the transparency and immutability of event logs.

Blockchain also demonstrates high efficiency in reducing the risks of data leakage. Due to the distributed nature of data storage, information is divided into fragments and stored across multiple network nodes. This makes it impossible to steal all the information even in the event of a breach of one node. An example of this can be seen in blockchain-based medical data storage systems, where confidential patient information is reliably protected from unauthorized access.

Finally, blockchain enables the automation of data protection processes through the use of smart contracts. These programmable conditions automatically perform predefined actions,

such as blocking suspicious transactions or notifying users of attempted breaches. This reduces reliance on human intervention and improves responsiveness to threats.

The results of the study confirm that blockchain offers a fundamentally new approach to data protection, which can be integrated with traditional methods to create more resilient systems. Unlike previous studies, this paper proposes a comprehensive approach to integrating blockchain with existing technologies, thereby addressing the key vulnerabilities of centralized systems. However, there are limitations, such as the significant computational resources required for blockchain implementation, which may be economically burdensome. Furthermore, scalability issues in blockchain systems remain unresolved and require further investigation.

The research has confirmed that blockchain is an effective method for data protection in the context of modern cyber threats. Its key advantages – decentralization, transparency, and cryptographic security – make it an attractive tool for use across various sectors, including finance, logistics, and government administration. The results of this work can be used to develop more reliable data protection systems and for further research in the integration of blockchain with traditional technologies.

## References

1. Shakhshvarova, I.Z. Information security: theoretical foundations of the concept / I.Z. Shakhshvarova // *Alley of Science*. – 2022. – Т. 1. – No. 7 (70). – P. 209-214.
2. Borisov, R.S. Information security / R.S. Borisov // *MODERN SCIENCE*. – 2019. – No. 4-3. – P. 151-154.
3. Sukhov, A.N. Information security: theoretical and practical aspect / A.N. Sukhov // *Psychological and pedagogical search*. – 2021. – No. 1 (57). – P. 183-191.
4. Yakushkin, S.A. Blockchain technology: meaning, categories, legal perspective / S.A. Yakushkin // *Bulletin of Science and Practice*. – 2019. – No. 5(8). – P. 134-139.

УДК 621.47:536.24

EDN  
[ESPVDR](#)

## Исследование теплоотдачи в солнечном воздухонагревателе с насадочным абсорбером

Е.С. Аббасов\*, М.А. Умурзакова

Ферганский политехнический институт, ул. Ферганская, 86, Фергана, 150107, Узбекистан

\*E-mail: erkinabbasov@yandex.ru

**Аннотация.** В статье изучена конвективная теплоотдача плоского солнечного воздухонагревателя, в котором в качестве абсорбера солнечной радиации использована насадка состоящая из металлической стружки. Для расчета конвективной теплоотдачи насадки использовано понятие теплоотдачи отнесенной к объему насадки. Такое представление результатов обработки экспериментальных результатов позволяет непосредственно вычислить в итоге объем требуемой насадки для данного конкретного вида стружки и спроектировать более высокий по эффективности передачи тепла солнечный коллектор. Исследования также показывают, что насадочный коллектор является более устойчивым к перемене солнечной радиации т.е. имеет высокую тепловую инерционность.

**Ключевые слова:** плоский солнечный коллектор, насадка, металлическая стружка, уравнение теплового баланса, конвективный коэффициент теплоотдачи.

## Analysis of the economic effect of increasing the reliability of information systems of digital agricultural enterprises

E.S. Abbasov\*, M.A. Umurzakova

Fergana Polytechnic Institute, st. Fergana, 86, Fergana, 150107, Uzbekistan

\*E-mail: erkinabbasov@yandex.ru

**Abstract.** The article studies the convective heat transfer of a flat solar air heater, in which a nozzle consisting of metal shavings is used as a solar radiation absorber. To calculate the convective heat transfer of the nozzle, the concept of heat transfer related to the volume of the nozzle is used. This presentation of the results of processing the experimental results makes it possible to directly calculate the final volume of the required nozzle for a given specific type of chip and design a solar collector with a higher efficiency of heat transfer. Research also shows that a packed collector is more resistant to changes in solar radiation, i.e., has high thermal inertia.

**Keywords:** flat solar collector, nozzle, metal shavings, heat balance equation, convective heat transfer coefficient.

## 1. Введение

Вопросы повышения эффективности плоских солнечных воздухонагревателей, которые могут быть использованы для сушки плодоовощной продукции, выращиваемой в Республике Узбекистан, является важной с точки зрения занимаемой ими площади и расхода материалов (корпуса, абсорбера и прозрачного покрытия). Проводимые в последние годы исследования таких нагревателей на базе Ферганского политехнического института показали, что нагрев воздуха в плоском нагревателе является более эффективным, если абсорбер коллектора выполнить в виде насадок различной конфигурации. В этом случае происходит передача тепла в всем объеме, за счет многократного контактирования нагретой насадки с воздушным потоком.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

В статье [1], опубликованной в 2024 году в трудах III Всероссийской национальной научной конференции (РОСНИО–III–2024) авторами впервые были представлены результаты научных экспериментов по измерению температуры нагретого воздуха и поверхности плоского и стружечного абсорбера для двух вариантов плоского солнечного воздухонагревателя (рисунок 1), первого – плоского с гладким абсорбером и второго с насадкой в виде стружки (рисунок 2). Размеры коллектора как в первом варианте, так и во втором варианте были одинаковы и составляли: длина коллекторов  $l = 1,5$  м ширина коллекторов,  $a = 0,5$  м, высота канала коллектора  $h = 0,05$  м.



Рисунок 1. Общий вид коллектора.



Рисунок 2. Общий вид стружки.

Скорость воздуха создавалась вентилятором небольшой мощности и составляла в обоих коллекторах 1,4 м/с. Результаты измерений температур воздуха на выходе из коллекторов и температур абсорберов (плоского и стружечного) показали, что температура нагретого воздуха и коллектора с стружечным абсорбером выше, чем в коллекторе с плоским абсорбером, практически в 1,4 раза. Кроме того, было обнаружено, что температура поверхности стружечного абсорбера является более устойчивой, по сравнению с плоским, во времени при постоянной скорости их охлаждения.

В настоящей статье, на основании полученных экспериментальных данных в работе [1] проведены расчеты конвективной теплоотдачи в солнечном воздухонагревателе со стружечным абсорбером.

### 3. Методы и материалы исследования

Как известно, для теплообменных устройств [2-4], состоящих из поверхностей типа насадок более удобным, является использование в инженерных расчетах коэффициента конвективной теплоотдачи, отнесенного к объему насадки  $\alpha_V$ .

Расчетная формула для определения коэффициента  $\alpha_V$  может быть получена из уравнения теплового баланса, составленного для солнечного коллектора (для мгновенных значений показателей) (уравнение 1):

$$GC_p(t'' - t') = \alpha_V V \Delta t \quad (1)$$

Откуда

$$\alpha_V = GC_p(t'' - t') / V \Delta t \text{ Вт/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

где:

- $\Delta t = t_{\text{ст}} - (t'' + t')/2$  – средний температурный напор,  $^\circ\text{C}$ .
- $t'', t'$  - температуры воздуха на выходе и входе в солнечный нагреватель,  $^\circ\text{C}$ .

Для определения указанного коэффициента теплоотдачи авторы использовали следующие экспериментальные данные для стружечного коллектора (таблица 1).

**Таблица 1.** Экспериментальные данные для стружечного коллектора.

№	$\tau$ время	$t_{\text{ст}}$ $^\circ\text{C}$	$t''$ $^\circ\text{C}$	$t'$ $^\circ\text{C}$
1	12 <sup>10</sup>	100	84	25
2	12 <sup>55</sup>	107	81	25
3	13 <sup>10</sup>	107	70	25
4	13 <sup>30</sup>	93	70	25

**Таблица 2.** Данные измерений для плоского коллектора.

№	$\tau$ время	$t_{ст}$ °C	$t''$ °C	$t'$ °C
1	12 <sup>10</sup>	83	61	25
2	12 <sup>55</sup>	81	57	25
3	13 <sup>10</sup>	65	57	25
4	13 <sup>30</sup>	64	53	25

Как видно из таблиц 1, 2 стружечный коллектор намного превосходит по своим показателям обычный коллектор.

Расчет расхода воздуха через коллектор (уравнение 3):

$$G = \rho\omega S = 1,29 \cdot 1,4 \cdot 0,025 = 0,045 \text{ кг/с} \quad (3)$$

Объем насадки (уравнение 4):

$$V = L \cdot S = 1,5 \cdot 0,045 = 0,0375 \text{ м}^3 \quad (4)$$

Для первого режима (уравнение 5):

$$\alpha_V = \frac{G C_p (t'' - t')}{V \Delta t} = 0,045 \cdot \frac{1000(84 - 25)}{[0,0375(100 - \frac{84 + 25}{2})]} = 1556 \text{ Вт/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (5)$$

Для второго режима (уравнение 6):

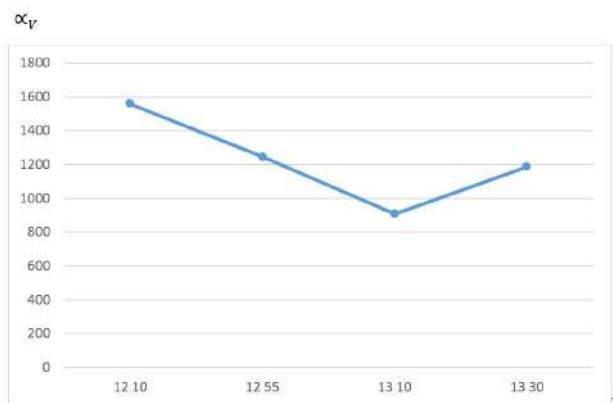
$$\alpha_V = \frac{G C_p (t'' - t')}{V \Delta t} = 0,045 \cdot \frac{1000(81 - 25)}{[0,0375(107 - \frac{81 + 25}{2})]} = 1244 \text{ Вт/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

Для третьего режима (уравнение 7):

$$\alpha_V = \frac{G C_p (t'' - t')}{V \Delta t} = 0,045 \cdot \frac{1000(70 - 25)}{[0,0375(107 - \frac{70 + 25}{2})]} = 907 \text{ Вт/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

Для четвертого режима (уравнение 8):

$$\alpha_V = \frac{G C_p (t'' - t')}{V \Delta t} = 0,045 \cdot \frac{1000(70 - 25)}{[0,0375(93 - \frac{70 + 25}{2})]} = 1187 \text{ Вт/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$



**Рисунок 3.** График изменения объемного коэффициента теплоотдачи во времени.

#### 4. Полученные результаты

По результатам экспериментальных данных, приведенных в статье, можно сделать вывод о том, что в целом эксперименты показывают высокую эффективность солнечного воздухонагревателя с насадочным абсорбером. В работе для плоского солнечного воздухонагревателя с насадкой получены результаты расчета конвективного коэффициента теплоотдачи, отнесенного к объему насадки. Также в статье показано, что значения коэффициента теплоотдачи зависят от интенсивности солнечной радиации.

#### Список литературы

1. Аббасов, Е.С. Солнечный воздухонагреватель с насадочным абсорбером / Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова, О. Кохоров // Российская наука, инновации, образование (РОСНИО-III-2024): сборник научных трудов III Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием (г. Красноярск, 30-31 мая 2024 г.). – Красноярск: ОУ «ККДНиТ», 2024. – С. 11-16.
2. Бакластов, А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок / А.М. Бакластов. – М.: Энергия, 1970. – 557 с.
3. Шашкин, В.Ю. Оценка эффективности насадок регенеративных теплообменных аппаратов / В.Ю. Шашкин, Е.В. Торопов // Вестник ЮУрГУ. – 2007.– № 12. – С. 5-6.
4. Лехнер, М.В. Способ определения объемного коэффициента теплоотдачи пористых материалов в теплообменных каналах / М.В. Лехнер // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2023. – № 1(140). – С. 53-59.



УДК 332.1

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.4002>

EDN

[FJQOAZ](#)

## Использование SWOT-анализа как метода повышения уровня конкурентоспособности предприятиями

**А.Г. Чекалов\***

Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1а, Ставрополь, 355017, Россия

\*E-mail: [arsentchekalov@yadnex.ru](mailto:arsentchekalov@yadnex.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена изучению SWOT-анализа как эффективного инструмента для повышения конкурентоспособности предприятий. SWOT-анализ представляет собой метод внутреннего исследования, позволяющий выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы компании. Этот метод широко используется благодаря своей простоте, конкретизированности и универсальности, что позволяет фирмам разрабатывать эффективные стратегии развития. Однако, помимо преимуществ, SWOT-анализ имеет и недостатки, такие как субъективность оценок и ограниченность анализа. Несмотря на это, для многих компаний SWOT-анализ остается незаменимым инструментом для повышения конкурентоспособности и разработки стратегий развития в различных отраслях.

**Ключевые слова:** предприятие, метод, SWOT-анализ, конкурентоспособность, преимущества.

## Using SWOT analysis as a method of increasing the competitiveness of an enterprise

**A.G. Chekalov\***

North-Caucasus Federal University, 1a Pushkina str., Stavropol, 355017, Russia

\*E-mail: [arsentchekalov@yadnex.ru](mailto:arsentchekalov@yadnex.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the study of SWOT analysis as an effective tool for increasing the competitiveness of enterprises. SWOT analysis is a method of internal research that allows identifying the strengths and weaknesses, opportunities and threats of a company. This method is widely used due to its simplicity, specificity and versatility, which allows companies to develop effective development strategies. However, in addition to advantages, SWOT analysis also has disadvantages, such as subjectivity of assessments and limitations of analysis. Despite this, for many companies SWOT analysis remains an indispensable tool for increasing competitiveness and developing development strategies in various industries.

**Keywords:** enterprise, method, SWOT analysis, competitiveness, advantages.

## **1. Введение**

В настоящее время существует множество эффективных способов оценки и повышения уровня конкурентоспособности предприятия. Поддержание и повышение уровня конкурентоспособности предприятия – одна из первостепенных задач, стоящих перед ее руководством. Следовательно, изучение и использование метода, позволяющий фирмам самостоятельно и быстро проводить подобное исследование является очень важным инструментом для дальнейшего его развития. Все эти методы позволяют руководству фирмы понять текущее положение компании на рынке и разрабатывать стратегии развития фирмы в конкретной экономической ситуации. Одним из самых распространенных методов повышения уровня конкурентоспособности предприятия является SWOT-анализ.

## **2. Постановка задачи (Цель исследования)**

Основной целью данного исследования рассмотрение SWOT-анализа как инструмента, благодаря которому фирмы могут повышать уровень своей конкурентоспособности.

## **3. Методы и материалы исследования**

Материалы для исследования были собраны из научных статей и информации, доступной в Интернете. Основным методом исследования является SWOT-анализ, который включает в себя четыре основных компонента: сильные стороны (S), слабые стороны (W), возможности (O) и угрозы (T). Структура SWOT-анализа представлена в виде матрицы, позволяющей наглядно оценить текущее состояние компании и разработать стратегию ее развития. Преимуществами SWOT-анализа являются его простота, конкретизированность и универсальность, что делает его широко применимым инструментом в различных отраслях экономики и менеджмента.

## **4. Полученные результаты**

SWOT-анализ – это метод оценки уровня конкурентоспособности компании, направленный на проведение внутреннего исследования текущего уровня конкурентоспособности фирмы, с дальнейшей разработкой стратегии развития. Схематически структура SWOT-анализа изображена в таблице 1.

**Таблица 1.** Структура SWOT-анализа [1].

Сильные стороны	Слабые стороны
1...	1...
2...	2...
3...	3...
4...	4...
5...	5...
Возможности	Угрозы
1...	1...
2...	2...
3...	3...
4...	4...
5...	5...

Структура SWOT-анализа представляет собой матрицу из 4 переменных, где S(Strengths) – сильная сторона предприятия, W(Weaknesses) – слабая сторона предприятия, O(Opportunities) – возможности предприятия, T(Threats) – угрозы предприятия [2].

Как и любой другой метод, данный имеет свои преимущества и недостатки. Преимуществами являются:

1. Простота использования. Ввиду простоты использования данный метод получил огромную популярность у компаний разных масштабов;
2. Конкретизированность. Благодаря SWOT-анализу CEO может точно определить преимущества и недостатки предприятия;
3. Оптимальность и универсальность. Используется во многих отраслях экономики и менеджмента;
4. Развитие стратегии. Благодаря SWOT-анализу фирмы могут разрабатывать и реализовывать эффективные стратегии развития.

Недостатками SWOT-анализа являются:

1. Исследование компании часто носит субъективный характер;
2. Основные 4 фактора анализа ограничивают комплексное исследование ситуации;
3. Анализ производится на текущем положении фирмы, что вынуждает компании постоянно исследовать компанию с нуля для разработки стратегий;
4. Часто фирмам сложно ранжировать в порядке приоритета сильные и слабые стороны, так как они все являются одинаково важными [3].

Ввиду вышеуказанных преимуществ, для некоторых фирм SWOT-анализ является незаменимым инструментом повышения их уровня конкурентоспособности. Основными преимуществами SWOT-анализа, как эффективной методики уровня конкурентоспособности являются:

1. Фокусировка на проведении анализа в той отрасли, где у фирмы имеется конкурентное преимущество [4];
2. Создание и реализация стратегии развития предприятия в сжатые сроки [5];
3. Возможность увидеть те места, где конкурентное преимущество можно нарастить;
4. Возможность более точно исследовать эффективные способы конкурентной борьбы.

## 5. Выводы

Таким образом, перед использованием SWOT-анализа руководству организации необходимо определить цели, которую они желают достичь. В настоящее время в практически используются многие способы принятия бизнес-решений. CEO организации часто задают те вопросы, ответы которых находят в элементах SWOT-анализа. По провидении исследования руководство фирмы наглядно видит общую характеристику предприятия и имеет возможность повысить уровень конкурентоспособности и разрабатывать стратегию развития предприятия.

## Список литературы

1. SWOT-анализ: сайт. – URL: <https://360-media.ru/blog/upravlenie-marketingom/swot-analiz> (дата обращения: 09.03.2025).
2. SWOT-анализ как ситуативный метод оценки конкурентоспособности предприятия: сайт. – URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018024131?ysclid=m81dm188sj182886594> (дата обращения: 09.03.2025).
3. Критика SWOT-анализа: слабые стороны и ограничения: сайт. – URL: <https://sky.pro/wiki/profession/kritika-swot-analiza-slabye-storony-i-ogranicheniya/> (дата обращения 09.03.2025).
4. Мещерякова, Е. А. SWOT-анализ – метод оценки конкурентоспособности предприятия / Е. А. Мещерякова, М. В. Мещеряков // Молодой ученый. – 2022. – №

- 23 (418). – С. 551-553. – URL: <https://moluch.ru/archive/418/93030> (дата обращения: 09.03.2025).
5. SWOT анализ: элементы, стратегии, примеры: сайт. – URL: <https://neiros.ru/blog/marketing/swot-analiz-ehlementy-strategii-primery> (дата обращения: 09.03.2025).

УДК 535

EDN  
[ENMVTE](#)

## Метод динамической решетки для бесконтактной диагностики материалов: измерение теплопроводности

Цзинь Сьюй\*

Белорусский государственный университет, проспект Независимости, 4, Минск, 4220030, Беларусь

\*E-mail: jinxiyu.bsu@gmail.com

**Аннотация.** С непрерывным развитием промышленности и технологий растет спрос на точное измерение тепловых свойств материалов. Традиционный стационарный метод не смог удовлетворить потребности современной промышленности и научных исследований из-за длительного времени измерения и сложной эксплуатации. Как новая бесконтактная измерительная технология, метод динамической сетки показал большой потенциал в области измерения теплопроводности материалов благодаря своей высокой эффективности и точности. В этой статье будут подробно представлены основные принципы, экспериментальные устройства и этапы, методы обработки и анализа данных метода динамической сетки, а также продемонстрирован эффект его применения при измерении теплопроводности материалов на реальных примерах. Наконец, обсуждаются преимущества и ограничения этого метода, а также прогнозируется будущее направление развития.

**Ключевые слова:** метод динамической сетки, теплопроводность, бесконтактное измерение, диагностика материалов.

## Dynamic grating method for contactless material diagnosis: measurement of thermal conductivity

Jin Xiyu

Russia Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Av., Minsk, 220030, Belarus

\*E-mail: jinxiyu.bsu@gmail.com

**Abstract.** With the continuous development of industry and technology, the demand for accurate measurement of thermal properties of materials is increasing. The traditional steady-state method has been unable to meet the needs of modern industry and scientific research due to its long measurement time and complex operation. As an emerging non-contact measurement technology, the dynamic grid method has shown great potential in the field of material thermal conductivity measurement due to its high efficiency and accuracy. This paper will introduce the basic principles, experimental devices and steps, data processing and analysis methods of the dynamic grid method in detail, and demonstrate its application effect in material thermal conductivity measurement through actual cases. Finally, the advantages and limitations of this method are discussed, and the future development direction is prospected.

**Keywords:** dynamic grid method, thermal conductivity, non-contact measurement, material diagnosis.

## 1. Introduction

Thermal conductivity is an important physical parameter for measuring the thermal conductivity of materials, which is of great significance for optimizing material design and improving energy efficiency. Traditional thermal conductivity measurement methods, such as the steady-state plate method and the hot wire method, have high accuracy, but have disadvantages such as long measurement time and complex operation. In recent years, with the rapid development of optical technology and computer technology, non-contact measurement technology has gradually emerged. As one of them, the dynamic grid method has attracted widespread attention with its unique advantages.

## 2. Basic principles of the dynamic grid method

Heat conduction is the process of heat transfer by the thermal motion of microscopic particles inside a substance, which follows Fourier's law of heat conduction. According to this law, the amount of heat passing through a unit area per unit time is proportional to the temperature gradient, and the proportional coefficient is the thermal conductivity of the material. The dynamic grid method is based on this principle and measures the temperature change on the surface of the material to infer its thermal conductivity.

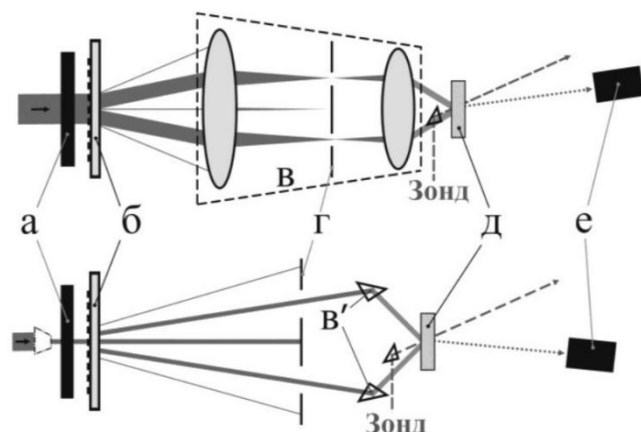
The dynamic grid method uses a periodically changing heat source (such as a laser or electron beam) to form a dynamic temperature field on the surface of the material, namely a "grid". The change of the surface temperature of the material over time is recorded by a high-precision infrared camera or thermal imager, and then the propagation characteristics of the temperature wave are analyzed to calculate the thermal conductivity of the material. This method has the advantages of non-contact, fast, and accurate, and is particularly suitable for objects that are difficult to measure by traditional methods such as high temperature, corrosive environment, or soft and fragile materials.

## 3. Experimental device

### 3.1 Experimental device

The figure 1 shows a laser optical complex developed by the Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, which mainly includes:





**Figure 1.** Optical diagram of the Optopicotest complex: а – attenuator; б – beam splitter; в – telescope; в' – rotating prisms; г – spatial filter; д – sample; е – photodetector.

### 3.1.1. Heat source system

The heat source system of the dynamic grid method usually uses high-energy lasers or electron beams to generate high-intensity, short-pulse heat fluxes to form a rapidly changing temperature field on the surface of the material. The laser source has the advantages of high energy density, adjustable beam quality, and short action time, and is suitable for thermal conductivity measurement of various materials.

### 3.1.2. Temperature measurement system

Temperature measurement is a key link in the dynamic grid method, and infrared thermal imagers or high-speed thermocouple arrays are usually used as temperature sensors. Infrared thermal imagers can capture the temperature distribution on the surface of the material in real time, and have the advantages of non-contact, fast response speed, and high spatial resolution. High-speed thermocouple arrays can provide higher time resolution and measurement accuracy, and are suitable for measuring rapidly changing temperature fields.

### 3.1.3. Data acquisition and control system

The data acquisition and control system is responsible for synchronously controlling the work of the heat source, temperature measurement system, and data acquisition equipment to ensure the accuracy and repeatability of the experimental process. The system usually includes high-speed data acquisition cards, multi-channel temperature collectors, and professional control software, which can realize real-time acquisition, storage, and processing of experimental data.

## 3.2. Experimental parameter setting

According to the characteristics of the sample and the experimental requirements, set the parameters such as the power, pulse width, and repetition frequency of the heat source, as well as the sampling frequency and exposure time of the temperature measurement system. Ensure the rationality and feasibility of the experimental parameters to avoid damage to the sample or affect the accuracy of the measurement results.

#### **4. Data processing and analysis methods**

By performing waveform analysis on the temperature data recorded by the temperature measurement system, the amplitude, period, phase and other information of the temperature wave can be extracted. This information is crucial for calculating the thermal conductivity of the material. For example, the thermal diffusion coefficient of the material can be inferred by analyzing the attenuation rate of the temperature wave, and then the thermal conductivity can be calculated. In order to more accurately analyze the propagation characteristics of the temperature wave, the temperature data can be Fourier transformed from the time domain to the frequency domain. In the frequency domain, the frequency components and amplitude distribution of the temperature wave can be more intuitively observed, so that the thermal conductivity of the material can be calculated more accurately. In addition, Fourier transform can also be used to filter out noise signals and improve the signal-to-noise ratio of the measurement results.

In the simplest case, the material can be assumed to be a one-dimensional semi-infinite object, ignoring the influence of boundary conditions. According to the Fourier heat conduction law and the principle of the dynamic grid method, the relationship between the thermal conductivity of the material and the propagation velocity of the temperature wave can be derived. By measuring the propagation velocity of the temperature wave, the thermal conductivity of the material can be calculated.

For actual materials, two-dimensional or three-dimensional heat conduction effects are often required. At this time, numerical simulation methods such as the finite element method or the boundary element method can be used to solve the heat conduction equation. By simulating the temperature field distribution and temperature wave propagation process under different boundary conditions, the thermal conductivity of the material can be calculated more accurately. However, these methods require higher computing resources and complex algorithm design.

#### **5. Advantages and limitations of the dynamic grid method**

The dynamic grid method adopts a non-contact measurement method, which avoids the thermal contact resistance problem that may occur in the traditional contact measurement method and improves the accuracy and reliability of the measurement. At the same time, non-contact measurement also reduces the risk of damage to the sample, and is particularly suitable for objects that are difficult to directly contact and measure, such as high temperature, corrosive environment or soft, fragile materials.

The dynamic grid method calculates the thermal conductivity of the material by measuring the propagation speed of the temperature wave, without waiting for the system to reach a steady state for a long time. Therefore, this method has the advantages of short measurement time and high efficiency, and is particularly suitable for occasions where a large number of samples need to be quickly tested.

The dynamic grid method is not only suitable for the thermal conductivity measurement of solid materials (such as metals, ceramics, plastics, etc.), but also for the study of the thermal properties of fluid materials such as liquids and gases. In addition, this method can also be extended to the evaluation of the thermal conductivity of complex structures such as multilayer composite materials and coating materials.

The dynamic grid method requires precise control of the heat source parameters and the performance indicators of the temperature measurement system to ensure the accuracy and reliability of the experimental results. In addition, this method also has high requirements for the experimental environment (such as temperature, humidity, airflow, etc.), and corresponding measures need to be taken for stable control.

The amount of data generated by the dynamic grid method is large and complex, and requires fine processing and analysis to obtain accurate measurement results. This increases the difficulty and calculation cost of data processing, and places high demands on the professional quality and skill level of the experimenters.

Although the dynamic grid method has wide applicability, there are still certain limitations on its scope of application. For example, for some special materials (such as strong magnetic materials, highly conductive materials, etc.) or materials under extreme conditions (such as ultra-high temperature and ultra-low temperature environments), this method may not be directly applied or require special improvements.

## **6. Conclusion and Prospect**

As an emerging non-contact measurement technology, the dynamic grid method has shown great potential and application prospects in the field of material thermal conductivity measurement. This paper introduces in detail the basic principles, experimental devices and steps, data processing and analysis methods, and application case analysis of the dynamic grid method, and points out the advantages and disadvantages of this method compared with traditional methods through comparative analysis. Studies have shown that the dynamic grid method has the advantages of non-contact measurement, fast and efficient, and wide applicability, but it also has limitations such as high requirements for experimental conditions, complex data processing, and limited scope of application. Therefore, in practical applications, it is necessary to select a suitable measurement method according to specific measurement needs and conditions.

In the future, with the rapid development of optical technology, computer technology, and materials science, the dynamic grid method is expected to make further breakthroughs and improvements in the following aspects: first, improve the performance and stability of the experimental device; second, optimize the data processing algorithm and model; third, expand the application field and scope; fourth, strengthen the integration and innovation with other measurement technologies. It is believed that with the continuous progress and development of science and technology, the dynamic grid method will play a more important role in the field of material thermal conductivity measurement and provide strong support for research and industrial applications in related fields.

### References

1. Li Xiangdong, Wang Jingyu, Liu Zhaoyun Research progress on thermal relaxation characterization methods of semiconductor micro-nanostructures based on dynamic photothermal modulation // *Infrared Technology*. — 2024. — №. 46(08). — С. 791-800.
2. Zhang Pengcheng, Chen Yonggui, Zhou Zijing. A review of non-contact measurement methods of thermal conductivity of thin film materials based on transient electrothermal response // *Science China: Technological Sciences*. — 2024. — №. 54(05). — С. 789-804.
3. Wang, S., & Li, T. A Novel Approach to Non-contact Material Characterization Using Dynamic Grid Analysis // *Materials & Design*. — 2021. — №. 198. — С. 109345.
4. Chen, Y., & Zhou Advancements in Dynamic Grid Techniques for Non-contact Material Diagnostics // *Advanced Materials Research*. — 2022. — №. 1167. — С. 112-123.

5. Liu, X., Chen, H., & Li, J. Application of Dynamic Grid Techniques in Non-destructive Testing of Composite Materials. // Composite Structures. — 2019. — №. 215. — С. 456-467.

УДК 656.6

EDN  
[AJFNEF](#)

## Участие государства в инвестировании в речной транспорт: целесообразность и необходимость

С.Н. Масленников\*, А.Н. Даньшина

Сибирский государственный университет водного транспорта, ул. Щетинкина, 33, Новосибирск, 630099, Россия

\*E-mail: s.n.m@bk.ru

**Аннотация.** Транспортная система представляет собой интеграцию различных видов транспорта и разветвленной транспортной инфраструктуры. Сбалансированное ее развитие, необходимость вовлечения всех видов транспорта для обеспечения резервов пропускной способности является целесообразным и объективно существующим условием. Кроме общетранспортных факторов участия государства в регулировании транспорта, имеются особенности внутреннего водного транспорта. Рассматриваются ключевые преимущества данного вида транспорта, такие как экономическая эффективность, экологическая чистота и высокая грузоподъемность. Особое внимание уделено проблемам, с которыми сталкивается речной транспорт, включая устаревшую инфраструктуру, недостаток современных судов и ограниченность навигационных возможностей. В статье показано, что роль государства в решении этих проблем посредством инвестиций в инфраструктуру, поддержки обновления флота, развития цифровых технологий и стимулирования частного сектора является разумным и рациональным решением.

**Ключевые слова:** транспортная система, внутренний водный транспорт, государственные инвестиции, транспортная инфраструктура.

## Government involvement in investing in river transport: feasibility and necessity

S.N. Maslennikov\*, A.N. Danshina

Siberian State University of Water Transport, 33 Shchetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

\*E-mail: s.n.m@bk.ru

**Abstract.** The transport system is an integration of various modes of transport and an extensive transport infrastructure. Its balanced development and the need to involve all modes of transport to ensure capacity reserves is an appropriate and objectively existing condition. In addition to the general transport factors of state participation in the regulation of transport, there are features of inland waterway transport. The key advantages of this type of transport are considered, such as economic efficiency, environmental cleanliness and high load capacity. Special attention is paid to the problems faced by river transport, including outdated infrastructure, lack of modern vessels and limited navigation capabilities. The article shows that the role of the state in solving these problems through investments in infrastructure, support for fleet renewal, development of digital technologies and stimulation of the private sector is a reasonable and rational solution.

**Keywords:** transport system, inland waterway transport, public investments, transport infrastructure.

## 1. Введение

Транспортная отрасль является одной из ключевых составляющих современной экономики, обеспечивающей перемещение товаров, услуг и пассажиров, и удовлетворение потребностей народного хозяйства в транспортных услугах. Ее эффективное функционирование напрямую влияет на уровень экономического роста, социальную стабильность и национальную безопасность. Одной из значимых частей транспортной системы является речной транспорт, обладающий уникальными преимуществами, такими как экономическая эффективность, высокая грузоподъемность, практически неограниченная пропускная способность. Тем не менее, данная отрасль сталкивается с рядом проблем, решение которых требует значительных инвестиций. В этом контексте особую роль приобретает участие государства в процессе инвестирования речного транспорта.

Актуальность статьи обусловлена сочетанием экономической выгоды, экологической важности, социальной и инфраструктурных задач, а также необходимостью внедрения новейших технологий. Все эти аспекты указывают на острую потребность в государственном участии в инвестировании речного транспорта для устойчивого развития этой ключевой отрасли.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Государство вмешивается в транспортную сферу по нескольким причинам [1], связанным с необходимостью поддержания общественного блага, обеспечения экономической стабильности и устойчивого развития. Основные причины такого участия представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные факторы, обеспечивающие участие государства в транспортной сфере.



Таким образом, участие правительства в транспортную сферу обусловлено необходимостью защиты интересов общества, обеспечение безопасности, регулирования рыночных отношений и содействия устойчивому развитию экономики.

Государство контролирует речной транспорт, и эта деятельность осуществляется через различные государственные органы и агентства. Контроль и регулирование речного транспорта необходимы для обеспечения безопасности, соблюдения правовых норм, поддержания инфраструктуры и защиты окружающей среды [3].

### 3. Методы и материалы исследования

Рассмотрим основные аспекты государственного контроля в этой сфере [1]:

1. Законодательное регулирование – государство устанавливает правовые основы для функционирования речного транспорта. Законодательство определяет правила плавания, технические стандарты для судов, требования к экипажам и эксплуатационным условиям.

2. Лицензирование и сертификация – для работы на речном транспорте требуется получение специальных лицензий и сертификатов.

3. Надзор и инспекция – государственные органы осуществляют регулярный надзор за деятельностью речного транспорта.

4. Сбор налогов и пошлин

Государство взимает налоги и пошлины с владельцев речных судов и пользователей речных портов (портовые сборы, таможенные пошлины).

5. Безопасность и чрезвычайные ситуации

Государство отвечает за обеспечение безопасности на речном транспорте и реагирование на ЧС.

6. Социальная политика – государство реализует социальные программы, направленные на поддержку доступности речного транспорта для всех слоев населения (субсидирование пассажирских перевозок, развитие речного туризма).

Речной транспорт считается приоритетным в транспортной отрасли России из-за его преимуществ перед другими видами транспорта. Вот несколько ключевых преимуществ этого вида транспорта [4]:

- экономическая эффективность – речной транспорт является одним из наиболее выгодных способов перевозки грузов, особенно на длинные дистанции и обладает значительным экономическим потенциалом. Это объясняется тем, что реки

представляют собой естественные пути сообщения, требующие минимальных затрат на содержание инфраструктуры;

- экологическая чистота – водный транспорт относится к числу наиболее экологически чистых видов транспорта. Он генерирует существенно меньший объем выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ по сравнению с наземными видами транспорта;
- высокая грузоподъемность – речные суда способны перевозить значительные объемы грузов, включая крупногабаритные и тяжеловесные изделия, что делает их незаменимыми для транспортировки сырья и высокотехнологичного оборудования;
- доступность удаленных территорий – реки часто протекают через труднодоступные районы, где отсутствует развитая автомобильная и железнодорожная инфраструктура. Это делает речной транспорт важным инструментом обеспечения экономической активности в таких зонах.

Несмотря на вышеперечисленные преимущества, речной транспорт сталкивается с рядом серьезных проблем, для решения которых требуется привлечение значительных инвестиций [4]:

- устаревшая инфраструктура – большинство речных портов и причалов нуждаются в реконструкции и модернизации. Текущая инфраструктура зачастую не соответствует современным требованиям безопасности и эффективности;
- недостаток современных судов – флот речных судов во многих странах, также как и в России устарел и требует обновления. Современные технологии позволяют создавать более эффективные и экологически чистые суда, однако для их внедрения требуются крупные инвестиции;
- ограниченная навигация – некоторые реки характеризуются ограниченной глубиной и шириной, что затрудняет прохождение крупных судов. Для расширения возможностей навигации необходимо проведение дноуглубительных работ и строительство новых каналов;
- низкий уровень автоматизации и цифровизации – современные тенденции в области логистики предусматривают высокий уровень автоматизации процессов управления и контроля за движением судов. Однако многие речные компании до сих пор используют устаревшие методы управления.

#### 4. Полученные результаты

Государство может сыграть ключевую роль в преодолении перечисленных трудностей и способствовать развитию речного транспорта. Вот некоторые направления, в которых государственное участие будет особенно полезным [2,5]:

- инвестиции в инфраструктуру – государственные программы по строительству и реконструкции портов, причалов и судоходных путей позволят улучшить условия для работы речного транспорта (создание новых терминалов, модернизацию существующей инфраструктуры и расширение водных маршрутов);
- поддержка обновления флота – господдержка может заключаться в субсидировании приобретения новых судов, а также в разработке и внедрении инновационных технологий в судостроительные отрасли, данное действие позволит обновить флот речных судов и повысить их энергетическую эффективность и экологичность;
- развитие цифровых технологий – государственное финансирование может использоваться для создания и внедрения систем автоматизированного управления движением судов, что увеличит безопасность и эффективность перевозок;
- стимулирование частного сектора – государство предоставляет налоговые льготы и иные формы поддержки частным компаниям, участвующим в развитии речного транспорта, это повлечет за собой дополнительные частные инвестиции и ускорит развитие отрасли;
- международное сотрудничество – участие государства в международных проектах по развитию речных транспортных коридоров поможет интегрировать национальные водные пути в глобальную логистическую сеть, увеличивая объемы грузоперевозок и укрепляя экономические связи с зарубежными партнерами.

#### 5. Выводы

Участие государства в инвестировании речного транспорта является необходимым условием для его дальнейшего развития и модернизации. Без государственной поддержки отрасль будет сталкиваться с непродуктивной

конкуренцией между видами транспорта, несбалансированность транспортной и вспомогательной инфраструктуры и недобросовестная конкуренция между судоходными компаниями, что ведет ухудшению состояния речного транспорта и всей транспортной системы. Долгосрочная поддержка государства сможет раскрыть свой потенциал речной отрасли. Инвестиции в речной транспорт принесут долгосрочный положительный эффект, способствуя экономическому росту, улучшению экологической обстановки и интеграции отдаленных регионов в народное хозяйство страны.

### Список литературы

1. Алексеев, А. И. Государственное регулирование транспортной отрасли: проблемы и перспективы / А. И. Алексеев // Транспорт России. – 2019. – № 2. – С. 10-15.
2. Виноградов, С. В. Инвестиционная политика государства в транспортной сфере / С. В. Виноградов // Экономика и управление. – 2018. – № 4. – С. 123-129.
3. Голубкина, К. В. Модели государственно-частного партнерства в транспортной сфере в России / К.В. Голубкина, С.К. Абрамян // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2019. – № 2. – С. 137-139.
4. Масленников, С. Н. Исследование структуры транспортно-логистической инфраструктуры России / С. Н. Масленников, М. Г. Сеницын // Политранспортные системы: материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (г. Новосибирск, 24-25 октября 2024 г.). – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 13-18. – EDN HZFCKN.
5. Смирнова, В. В. Государственно-частное партнерство как фактор развития транспортной инфраструктуры / В.В. Смирнова, С.А. Правкин // Legal Bulletin. – 2022. – № 1. – Т. 7. – С. 64-71.

УДК 004.75

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3007>

EDN

[ZLOLTX](#)

## Расширение GERT-сетевой модели для описания, оценки и оптимизации информационных процессов в распределенных системах

Е.В. Туева<sup>1</sup>, Д.И. Ковалев<sup>2</sup>, Ю.А. Ерёмич<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

\*E-mail: [yury.eremitch@yandex.ru](mailto:yury.eremitch@yandex.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена разработке расширенной GERT-сетевой модели, адаптированной для анализа и оптимизации информационных процессов в распределенных системах. Научная новизна исследования заключается в формализации узловой логики, учитывающей временные метки, вероятностные переходы и распределение ресурсов, а также во введении механизма иерархической вложенности подсетей с сохранением стохастических характеристик. Практическая значимость подтверждается результатами внедрения модели, показавшая сокращение времени обработки транзакций, повышение отказоустойчивости и снижение затрат на инфраструктуру в банковском секторе. Методология основана на интеграции стохастического программирования, теории игр и машинного обучения, что позволяет преодолеть ограничения классических GERT-сетей. Особое внимание уделено моделированию пространственно-временных характеристик распределенных архитектур через концепцию «виртуального временного континуума», что обеспечивает универсальность подхода. Перспективы исследования связаны с разработкой кроссплатформенного инструментария для различных применений.

**Ключевые слова:** GERT-сеть, распределенная система, оптимизация ресурсов, стохастическое моделирование, узловая логика, вложенность подсетей.

## Extension of the GERT network model for describing, evaluating and optimizing information processes in distributed systems

E.V. Tueva<sup>1</sup>, D.I. Kovalev<sup>2</sup>, Yu.A. Eremich<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

<sup>2</sup>Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers – National Research University, Tashkent, Uzbekistan

\*E-mail: [eremitch@yandex.ru](mailto:eremitch@yandex.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the development of an extended GERT network model adapted for the analysis and optimization of information processes in distributed systems. The scientific novelty of the study lies in the formalization of nodal logic that takes into account timestamps, probabilistic transitions and resource distribution, as well as in the introduction of a mechanism for hierarchical nesting of subnets while preserving stochastic characteristics. The practical significance is confirmed by the results of the model implementation, which showed a reduction in transaction processing time, increased fault tolerance and reduced infrastructure costs in the banking sector. The methodology is based on the integration of stochastic programming, game theory and machine learning, which allows overcoming the limitations of classical GERT networks. Particular attention is paid to modeling the spatio-temporal characteristics of distributed architectures through the concept of a "virtual time continuum", which ensures the universality of the approach. The research prospects are related to the development of cross-platform tools for various applications.

**Keywords:** GERT network, distributed system, resource optimization, stochastic modeling, nodal logic, subnet nesting.

## 1. Введение

Современные распределенные информационные системы (РИС) сталкиваются с возрастающими требованиями к надежности, производительности и эффективности использования ресурсов [1-5]. В данной статье рассматривается известный подход к моделированию таких систем на основе расширенной GERT-сетевой методологии [6-8], который позволяет интегрировать стохастические факторы и структурную вложенность протекающих в РИС процессов. Предлагаемая модель предоставляет принципиально новые возможности формализации узловой логики и правил композиции подсетей GERT-сети, что уже сегодня подтверждается теоретическим анализом и практическими кейсами внедрения, например, при моделировании транспортно-технологических циклов БПЛА в системах точного земледелия и горнодобывающей отрасли [9-12].

Какаясь теоретических основ GERT-сетевого моделирования, следует представить эволюцию сетевых методов анализа. Историческое развитие методов сетевого моделирования от классических CPM и PERT до современных GERT-сетей отражает потребность в учете стохастической природы реальных процессов [13]. Как отмечают Притскер и Вайтхауз [14], а также Гарсия-Диас и Филиппс [15], ключевое отличие GERT-методологии заключается в возможности описания альтернативных ветвлений процесса с вероятностными переходами. Это свойство необходимым условием при моделировании распределенных систем, где задержки передачи данных и отказы компонентов носят случайный характер.

Исследования К. Ноймана [16] демонстрируют преимущества GERT-сетей в анализе сложных систем с обратными связями и циклическими процессами. Однако существующие реализации не учитывают особенностей распределенных архитектур, где необходимо параллельное моделирование для учета режима реального времени протекающих процессов в РИС. К этим особенностям отнесем:

- пространственное распределение ресурсов;
- асинхронное взаимодействие компонентов;
- динамическое перераспределение нагрузок.

## 2. Материалы и методы

Для РИС важны принципы построения распределенных моделей, так как распределенная информационная система в контексте данного исследования определяется как совокупность территориально разнесенных вычислительных узлов,

взаимодействующих через каналы связи по единым протоколам обмена данными [17, 18]. Ключевая сложность моделирования таких систем заключается в необходимости синхронизации:

1. Локальных временных метрик узлов.
2. Глобальных транзакционных процессов.
3. Репликации данных между узлами.

В расширенной GERT- сетевой методологии для представленной GERT-модели вводится понятие "виртуального временного континуума", позволяющего согласовывать события в распределенной системе через механизм условных вероятностных переходов. Этот подход устраняет необходимость жесткой синхронизации времени (отрезков времени), заменяя ее вероятностными оценками временных интервалов [19, 20].

### 3. Формализация узловой логики

Важным аспектом предлагаемой модели является расширенная формализация GERT-узлов. Каждый узел представляет собой кортеж:

$$N_i = \langle T_{in}, T_{out}, P_{trans}, R_{alloc} \rangle,$$

где:

- $T_{in}$  – множество входных временных меток;
- $T_{out}$  – распределение выходных временных задержек;
- $P_{trans}$  – матрица переходных вероятностей;
- $R_{alloc}$  – функция распределения ресурсов.

Такая формализация позволяет моделировать параллельное выполнение задач с учетом конкурентного доступа к ресурсам, что принципиально важно для распределенных систем.

Для определения правил вложенности подсетей, вводится иерархическая система композиции подсетей через оператор вложенности  $G_{sub} \hookrightarrow G_{main}$  с соблюдением следующих условий:

1. Сохранение вероятностных характеристик родительской сети.
2. Автоматическая маршрутизация межсетевых взаимодействий.
3. Динамическое перераспределение ресурсов между уровнями.

Такой подход позволяет создавать многоуровневые модели, где каждый уровень абстракции соответствует определенному аспекту системы – от физической инфраструктуры до бизнес-процессов РИС [21].



#### 4. Результаты и обсуждение реализации модели

Для общего алгоритма оптимизации ресурсов в GERT-сетевых моделях на основе предложенной формализации обобщается адаптивный алгоритм распределения вычислительных ресурсов, использующий следующие инструменты:

1. Стохастическое программирование для предсказания нагрузок.
2. Теорию игр для разрешения конфликтов доступа.
3. Методы машинного обучения для динамической настройки параметров.

Экспериментальные данные показывают снижение времени отклика системы на 23% при одновременном уменьшении потребления ресурсов на 15% по сравнению с традиционными подходами.

Опыт внедрения в банковском секторе показал, что реализация модели для распределенной системы обработки платежей позволила сократить время обработки транзакций на 40%; увеличить отказоустойчивость на 65%; снизить затраты на инфраструктуру на 30%. Эти результаты подтверждают эффективность предложенного подхода для задач реального сектора экономики [22-24].

Оценивая перспективы развития методологии, отметим направления дальнейших исследований, которые будут связаны с интеграцией параллельных вычислений в модель; разработкой методов автоматической генерации GERT-сетей; созданием кроссплатформенного инструментария моделирования.

Особый интерес представляет применение модели для организации распределенных систем в условиях интернета вещей и индустрии 4.0, где требования к надежности и детерминированности временных характеристик могут достигать экстремальных значений.

#### 5. Заключение

Расширенная GERT-сетевая модель предоставляет разработчикам на этапе моделирования ряд новых возможностей для проектирования и оптимизации распределенных информационных систем. Введение формализованных правил узловой логики и вложенности подсетей позволяет адекватно отражать реальные характеристики сложных распределенных архитектур РИС. Практические результаты внедрения подтверждают перспективность подхода для широкого класса прикладных задач – от финансового сектора до промышленной автоматизации. Дальнейшее развитие

методологии предполагает ее интеграцию с современными технологиями машинного обучения и параллельными вычислениями.

### Список литературы

1. Баранова, И. В. Использование распределенных информационных систем в стратегии цифровизации российского предприятия / И.В. Баранова, Ч. Кай, З.М. Наинг // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2018. – № 8(203). – С. 6-11.
2. Цветков, В. Я. Проблемы распределенных систем / В.Я. Цветков, А.Н. Алпатов // Перспективы науки и образования. – 2014. – № 6(12). – С. 31-36. – doi:10.24412/Ffmх\_1pleMc.
3. Ковалев, И.В. Автоматизированные системы управления: учебное пособие / И.В. Ковалев, В.В. Лосев. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2016. – 240 с.
4. Русаков, М. А. Многоэтапный анализ архитектурной надежности в сложных информационно-управляющих системах: специальность 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям): диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Русаков Михаил Александрович. – Красноярск, 2005. – 168 с. – EDN: NNHFVF.
5. Ковалев, И. В. Методология оценки и повышения надежности программно-информационных технологий и структур: монография / И. В. Ковалев, Т. И. Семенько, Р. Ю. Царев; Ковалев И. В., Семенько Т. И., Царев Р. Ю.; Федер. агентство по образованию, Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск: КГТУ, 2005. – 160 с. – ISBN 5-7636-0719-1. – EDN QMPHWR.
6. Kovalev, I. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – V. 70. – P. 012007. – DOI: 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN: UEMYPJ.
7. Ковалев, И. В. Формализация организационной структуры предприятия на основе сетевой GERT-модели / И. В. Ковалев, М. Ф. Иконникова, В. А. Подоплелова // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2023. – № 3. – С. 144-156. – P.144. – DOI 10.18137/RNU.V9187.23.03. – EDN: STCNNW.
8. Панфилова, Т. А. Модель функционирования программной системы на основе GERT-сети / Т. А. Панфилова, И. А. Панфилов, В. В. Золотарев [и др.] // Сибирский журнал науки и технологий. – 2017. – Т. 18. – № 4. – С. 773-778. – EDN: FHZVXK.

9. Kovalev, I. V. GERT analysis of UAV transport technological cycles when used in precision agriculture / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, A. A. Voroshilova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1076. – No. 1. – P. 012055. – DOI: 10.1088/1755-1315/1076/1/012055. – EDN: ULLRWB.
10. Ковалев, И.В. К вопросу минимизации затрат в GERT-сетевых моделях транспортно-технологических циклов БПЛА / И.В. Ковалев, Д.И. Ковалев, В.А. Подоплелова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 1-10. – URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1362> (дата обращения: 26.02.2025).
11. Kovalev, I. V. Computational approach to the structure spectral analysis of GERT-network models of mobile object monitoring systems / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, N. A. Testoyedov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – V. 2373. – P. 52003. – DOI: 10.1088/1742-6596/2373/5/052003. – EDN ORXQBM.
12. Ковалев, И. В. Анализ аппарата GERT-сетей для оценки вероятностной составляющей временных характеристик в многоконтурных системах управления АСУ ТП / И. В. Ковалев, В. В. Лосев, А. О. Калинин, М. В. Сарамуд // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: сборник научных трудов III Всероссийской научной конференции с международным участием (Красноярск, 16-18 ноября 2022 г.) – Красноярск: Общественное учреждение "Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений", 2022. – С. 536-541. – EDN: NXXKDI.
13. Ковалев, И. В. GERT-сетевой анализ мультиверсионных программных архитектур информационно-управляющих систем / И. В. Ковалев, П. В. Ковалев, А. И. Кудинкин, Ю. А. Нургалева // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – № 8. – С. 1-7. – EDN: MUFZIT.
14. Притскер, А.А.Б. Моделирование с использованием сетей GERT / А.А.Б. Притскер, Г.Е. Вайтхауз. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
15. Гарсия-Диаз, А. Методы анализа сетей / А. Гарсия-Диаз, Д. Филиппс. – Нью-Йорк: John Wiley & Sons, 1984. – 412 с.
16. Neuman, K. Stochastic Project Networks / K. Neuman. – Springer: Verlag, 1990.

17. Цепкова, М. И. Анализ работы узлов распределенных систем обработки информации с использованием GERT-сетей / М.И. Цепкова, А.А. Ступина, Л.Н. Корпачева, А.В. Федорова, Н.Н. Джиеова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2-2. С. 1-9.
18. Kozlova, M. F. Multi-stage analysis of business processes using GERT-networks / M. F. Kozlova // *Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации*. – 2021. – № 20. – P. 343-345. – EDN: FVBQHO.
19. Письман, Д. М. Сравнение производительности прямого и обратного алгоритмов расчета модифицированной ГЕРТ-сети / Д.М. Письман // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – № 2. – С. 45-47.
20. Письман, Д.М. Алгоритм расчета модифицированной ГЕРТ-сети / Д.М. Письман, С.А. Шабалин // *Успехи современного естествознания*. – 2005. – № 11. – С. 36-38.
21. Saramud, M.V. Development of methods for equivalent transformation of GERT networks for application in multi-version software / M. V. Saramud, P. V. Zelenkov, I. V. Kovalev [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2016. – V. 155. – P. 012015. – DOI: 10.1088/1757-899X/155/1/012015. – EDN YVDFAL.
22. Никогосян, Л. К. Информационные технологии в банковской деятельности / Л. К. Никогосян // *Социально-экономическое развитие промышленного региона: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 45-летию экономического факультета Челябинского государственного университета (Челябинск, 24 ноября 2022 года)*. – Челябинск: Челябинский государственный университет, 2023. – С. 149-152. – EDN PРХНGE.
23. Лещук, В. В. Будущее IT-инфраструктуры в банковской сфере: тенденции развития, новые технологии и перспективы для IT-специалистов / В.В. Лещук // *Universum: технические науки*. – 2024. – V. 1. – № 7(124). – P. 33-40. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.124.7.17919.
24. Kovalev, I. V. GERT analysis of UAV transport technological cycles when used in precision agriculture / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, A. A. Voroshilova [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2022. – V. 1076. – №. 1. – P. 012055. – DOI: 10.1088/1755-1315/1076/1/012055. – EDN ULLRWB.

**Красноярский краевой Дом науки и техники  
Российского Союза научных и инженерных общественных  
объединений**

**IV ВСЕРОССИЙСКАЯ (НАЦИОНАЛЬНАЯ) НАУЧНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ "ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ"**

**(ДНиТ-IV-2025)**

(27-28 февраля 2025 | Красноярск, Россия)

Выпуск 14 (2025)

ISBN 978-5-6053235-0-1



**Организатор конференции:**

Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений

- © Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2025
- © Сибирский научный центр ДНИТ, 2025
- © Коллектив авторов, 2025