

# АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513

#47 (282), 2025

часть I

# Актуальные исследования

Международный научный журнал

2025 • № 47 (282)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

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

**Ответственный редактор:** Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.  
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.  
При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна**, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**Корнеев В.А.**

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА  
С УЧЁТОМ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ..... 6

**Корнеев В.А.**

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГИСТРАЛЬНОГО  
НЕФТЕПРОВОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕКАЧКИ..... 9

**Сергеев В.А.**

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПЕРАТИВНОМУ ОБНАРУЖЕНИЮ И ЛОКАЛИЗАЦИИ  
УТЕЧЕК УГЛЕВОДОРОДОВ НА МОРСКИХ И НАЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА-ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ ..... 13

**Сергеев В.А.**

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАМКАХ  
ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ  
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНИТОРИНГУ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ  
ГОСТ 32569-2013 И ПРИКАЗА РОСТЕХНАДЗОРА № 420 ..... 19

### ВОЕННОЕ ДЕЛО

**Абзалов Э.Н., Вяткин Д.А.**

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ (РЭБ)  
НА РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА..... 25

**Соколов В.А., Абрамов Д.А., Анашкин Н.А., Комаров М.В.**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ  
И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ..... 28

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Зудинова Т.В.**

МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ... 33

**Колесова К.Е.**

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК ..... 39

**Коломойцев В.В.**

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ  
СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ..... 42

**Комова Д.К.**

LOW-CODE ПЛАТФОРМЫ: СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ БЕЗ ПРОГРАММИРОВАНИЯ,  
ИСПОЛЬЗУЯ ТОЛЬКО МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ..... 46

## АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

**Бурнышева П.А.**

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВИДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ .....49

**Ларин Ю.В., Куц Е.В.**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ.....53

**Незвизкая Т.В.**

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА  
ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ .....56

**Николенко А.Ю., Эртель А.Д., Жачемук И.К.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОПРОМАТА В СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ .....62

**Попик А.О.**

МЕРЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОХРАНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО  
НАСЛЕДИЯ, ВЫЯВЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ОБЪЕКТОВ,  
ОБЛАДАЮЩИХ ПРИЗНАКАМИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РОССИИ ...66

**Шарипов А.И., Пономарев Н.С.**

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ: ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ  
И ПЕРСПЕКТИВ .....69

## БИОЛОГИЯ

**Бронников В.В., Коёкина О.И., Кузьев А.Е., Родионов Б.Н.**

СОПОСТАВЛЕНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ, БИОФИЗИЧЕСКИХ  
И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВИДЕНИЯ .....73

# НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**КОРНЕЕВ Владислав Александрович**

студент, Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

*Научный руководитель – доцент кафедры трубопроводных transports*

*Самарского государственного технического университета,*

*кандидат технических наук Афиногентов Александр Александрович*

## МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА С УЧЁТОМ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные подходы к оптимизации трассировки магистральных нефтепроводов на основе комплексного учета геотехнических условий территории и экономических критериев. Проанализированы факторы, влияющие на выбор маршрута прокладки, показана роль геоинформационных систем в процессе проектирования и обоснована необходимость многокритериальной оценки альтернативных вариантов трассы.

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, оптимизация трассы, геотехнические факторы, экономическая эффективность, ГИС-технологии, проектирование, многокритериальный анализ.

### Введение

Выбор трассы магистрального нефтепровода является одной из важнейших задач проектирования, поскольку от принятого решения зависят капитальные и эксплуатационные затраты, надёжность объекта и степень воздействия на окружающую среду. Традиционные методы трассировки, основанные на анализе узкого коридора вдоль предварительно намеченной линии, не позволяют в полной мере учесть все разнообразие местных условий и найти оптимальное решение [1, с. 102].

Современный этап развития проектирования характеризуется широким применением геоинформационных систем и методов многокритериальной оптимизации, позволяющих рассматривать десятки альтернативных вариантов и выбирать маршрут, обеспечивающий минимальные суммарные затраты при соблюдении всех технических и экологических требований [2, с. 46]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью совершенствования методов проектирования с целью повышения эффективности капитальных вложений в развитие нефтетранспортной инфраструктуры.

### Геотехнические факторы при выборе трассы

Геотехнические условия территории оказывают определяющее влияние на выбор маршрута нефтепровода и конструктивные решения при его строительстве. К основным факторам относятся рельеф местности, тип и несущая способность грунтов, наличие многолетнемерзлых грунтов, уровень грунтовых вод, сейсмичность района и оползневая опасность [1, с. 103].

Особое внимание при трассировке уделяется участкам с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Прокладка трубопроводов в зоне многолетнемерзлых грунтов требует учёта процессов протаивания и формирования ореолов оттаивания вокруг трубопровода, что может привести к потере несущей способности основания и деформации конструкции [3, с. 161]. В районах с активными геологическими процессами необходимо предусматривать обход опасных участков либо применение специальных технических решений для обеспечения устойчивости.

Для оценки геотехнических условий на этапе проектирования выполняются



инженерно-геологические изыскания, строятся цифровые модели рельефа, анализируются данные дистанционного зондирования [2, с. 48]. Современные геоинформационные системы позволяют интегрировать большие объёмы пространственных данных и автоматизировать процесс выявления проблемных участков.

#### **Экономические критерии оптимизации**

Экономическая оценка вариантов трассы включает расчёт капитальных затрат на строительство и прогноз эксплуатационных расходов на протяжении всего жизненного цикла объекта. Капитальные затраты складываются из стоимости труб и оборудования, земляных работ, строительства переходов через естественные и искусственные препятствия, возведения насосных станций и объектов инфраструктуры [5].

Трубопроводный транспорт обладает рядом преимуществ перед другими видами транспорта: непрерывностью функционирования, отсутствием промежуточных процессов перегрузки, возможностью прокладки в условиях разного рельефа и климата, минимальными потерями при транспортировке. Однако реализация этих преимуществ требует тщательного обоснования технических решений и выбора оптимального маршрута [6].

При сравнении альтернативных вариантов трассы применяется критерий минимума приведённых затрат, учитывающий как первоначальные инвестиции, так и дисконтированные эксплуатационные расходы. Кроме того, необходимо оценивать риски возникновения аварийных ситуаций и потенциальный ущерб от них, что особенно важно для участков с неблагоприятными геотехническими условиями [7, с. 45].

#### **Применение ГИС-технологий для оптимизации трассы**

Геоинформационные системы являются эффективным инструментом решения задач оптимального выбора трассы трубопроводов. Современные программные комплексы позволяют интегрировать цифровые модели рельефа, данные геологических и почвенных карт, космические снимки, информацию о землепользовании и охраняемых территориях [1, с. 104].

Типовая методика работы в ГИС включает несколько этапов. На основании топографических карт строится цифровая модель рельефа, по которой рассчитываются производные

характеристики: углы наклона, экспозиция и кривизна склонов, высотные ступени [2, с. 49]. Формируются слои данных о транспортной доступности, крепости грунтов, зонах возможного затопления и других факторах, влияющих на стоимость строительства.

Для каждого осложняющего фактора составляются весовые карты, отражающие степень удорожания строительства, а затем строится интегральная карта затрат [1, с. 105]. К этой карте применяются алгоритмы поиска оптимального пути, в результате чего определяется трасса с минимальными суммарными затратами. Практический опыт показывает, что применение ГИС-технологий позволяет улучшить показатели проекта на 30–65% по сравнению с традиционными методами [2, с. 50].

#### **Комплексный подход к проектированию**

Помимо оптимизации линейной части трубопровода, важной задачей является рациональное размещение объектов инфраструктуры – насосных станций, резервуарных парков, узлов учёта. Расположение насосных станций определяется рельефом местности, продольным профилем трассы, техническими характеристиками насосного оборудования и геологическими свойствами транспортируемой нефти [8, с. 112].

При выборе мест для строительства объектов формулируются критерии отбора: допустимые углы наклона площадки, прочность и обводнённость грунтов, транспортная доступность, расстояние до населённых пунктов и источников электроснабжения [2, с. 51]. Применение геоинформационных систем позволяет автоматизировать процесс поиска участков, удовлетворяющих всем требованиям, и оптимизировать количество и взаимное расположение объектов инфраструктуры.

Современные технологии проектирования обеспечивают возможность оперативной корректировки проектных решений при получении новых данных или изменении исходных условий, что особенно важно на этапе согласований с контролирующими органами и заинтересованными сторонами [1, с. 106].

#### **Заключение**

Оптимизация выбора трассы магистрального нефтепровода представляет собой сложную многокритериальную задачу, требующую комплексного учёта геотехнических, экономических, экологических и социальных факторов. Применение геоинформационных систем и методов многокритериального анализа позволяет



значительно повысить качество проектных решений, сократить сроки разработки документации и обеспечить экономию средств при строительстве. Дальнейшее совершенствование методов оптимизации связано с развитием алгоритмов машинного обучения и расширением баз пространственных данных, используемых в процессе проектирования.

### Литература

1. Токтошов Г.Ы., Петров Н.Н. Оптимизация маршрутов прокладки магистрального трубопровода для транспортировки георесурсов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 5. С. 102-112.
2. Трифонов К.Е., Вагизов М.Р. Применение ГИС технологий в процессе оптимизации пространственных параметров трассы газопровода // Геодезия и картография. 2010. № 8. С. 45-52.
3. Филимонов А.А., Наливайко М.С., Винников В.А. Определение контролируемых параметров для геотехнического мониторинга подземных трубопроводов в криолитозоне // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2024. Т. 335. № 1. С. 160-171.
4. Роснефть. Применение технологий в зоне многолетнемерзлых грунтов и шельфе. 2018. URL: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/attach/0/87/Case\\_study\\_permafrost\\_Rus.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/attach/0/87/Case_study_permafrost_Rus.pdf) (дата обращения: 25.11.2025).
5. Кульбей А.Г., Лукша О.В. Трубопроводный транспорт нефти: учебно-методический комплекс. Полоцк: ПГУ, 2023. 240 с.
6. Экономическая эффективность предприятия трубопроводного транспорта. Studfile. URL: <https://studfile.net/preview/15668949/> (дата обращения: 25.11.2025).
7. Седых А.Д., Егоров С.А., Краснов О.С. Методы обеспечения надёжности трубопроводных систем // Транспорт и хранение углеводородов. 2020. № 2. С. 43-50.
8. Рыльский И.А., Корсей С.А. Виртуальное моделирование и корпоративные ГИС при проектировании трубопроводов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2020. Т. 6. № 2. С. 110-118.

**KORNEEV Vladislav Aleksandrovich**

Student, Samara State Technical University, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Pipeline Transports  
of Samara State Technical University,*

*Candidate of Technical Sciences Afinogentov Alexander Aleksandrovich*

## **METHODS OF OPTIMIZING THE ROUTE SELECTION OF MAIN OIL PIPELINES TAKING INTO ACCOUNT GEOTECHNICAL AND ECONOMIC FACTORS**

**Abstract.** *The article discusses modern approaches to optimizing the routing of main oil pipelines based on a comprehensive consideration of geotechnical conditions of the territory and economic criteria. The factors influencing the choice of the laying route are analyzed, the role of geographic information systems in the design process is shown, and the need for multi-criteria assessment of alternative route options is substantiated.*

**Keywords:** *main oil pipeline, route optimization, geotechnical factors, economic efficiency, GIS technologies, design, multi-criteria analysis.*

**КОРНЕЕВ Владислав Александрович**

студент, Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

*Научный руководитель – доцент кафедры трубопроводных transports*

*Самарского государственного технического университета,*

*кандидат технических наук Афиногентов Александр Александрович*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕКАЧКИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются методы оптимизации гидравлических параметров магистральных нефтепроводов с целью снижения энергозатрат на перекачку. Проанализированы факторы, влияющие на гидравлическую эффективность системы, представлены подходы к выбору оптимального диаметра трубопровода и режимов работы насосных станций. Рассмотрено применение противотурбулентных присадок для снижения гидравлического сопротивления.

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, гидравлические параметры, энергоэффективность, оптимизация перекачки, противотурбулентные присадки, гидравлическое сопротивление, насосные станции.

### **Введение**

Транспортировка нефти по магистральным трубопроводам сопровождается значительными энергозатратами на преодоление гидравлического сопротивления. В условиях растущих цен на энергоносители и ужесточения экологических требований задача повышения энергоэффективности перекачки приобретает первостепенное значение. Оптимизация гидравлических параметров трубопроводной системы позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы и повысить пропускную способность при сохранении проектного уровня давления.

Современный этап развития трубопроводного транспорта характеризуется внедрением частотно-регулируемых приводов насосных агрегатов, применением противотурбулентных присадок и совершенствованием методов гидравлического расчета режимов работы. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью комплексного подхода к решению задач энергосбережения в нефтетранспортных системах.

### **Факторы, влияющие на гидравлическую эффективность**

Гидравлическая эффективность магистрального нефтепровода определяется

совокупностью технологических и конструктивных параметров. Основными факторами являются диаметр трубопровода, шероховатость внутренней поверхности труб, реологические свойства перекачиваемой нефти, профиль трассы и режимы работы насосных станций [3, с. 161].

Потери давления на преодоление гидравлического сопротивления для круглых труб определяются по уравнению Дарси-Вейсбаха [4]:

$$h_{\text{тр}} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad (1)$$

Где параметры следующие:

- $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения (коэффициент Дарси)
- $l$  – длина трубы, м
- $d$  – внутренний диаметр трубы, м
- $V$  – средняя скорость движения жидкости, м/с
- $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

Из представленного уравнения следует, что потери давления зависят от объема транспортируемой нефти, диаметра трубопровода и коэффициента гидравлического сопротивления. Следовательно, для повышения энергоэффективности системы необходимо предусмотреть меры для снижения гидравлических сопротивлений без существенного увеличения капитальных затрат [1].

### Оптимизация диаметра трубопровода и режимов работы

Выбор оптимального диаметра магистрального нефтепровода является одной из ключевых задач проектирования. Увеличение диаметра трубопровода приводит к снижению потерь давления, но одновременно возрастают капитальные вложения за счет роста стоимости труб, арматуры и строительно-монтажных работ [5, с. 23]. Задача оптимизации формулируется как поиск диаметра, обеспечивающего минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию объекта.

При решении задачи оптимизации режима эксплуатации технологического участка нефтепровода необходимо учитывать ограничения по давлению, производительности насосных станций и требования к качеству транспортируемой нефти [6]. Современные подходы основаны на итерационных алгоритмах, позволяющих найти режим работы с минимальными энергозатратами при соблюдении всех технологических ограничений [7, с. 106].

### Применение частотно-регулируемого привода

Для повышения энергоэффективности функционирования насосов в системах транспортировки нефти рекомендуется внедрение частотно-регулируемого привода (ЧРП). При исследовании режимов работы насосов установлено, что традиционное дросселирование приводит к непроизводительным потерям энергии и снижению надежности оборудования.

Применение ЧРП позволяет регулировать частоту вращения электродвигателя насоса в

соответствии с требуемым расходом, что способствует экономии электроэнергии и автоматизации технологического процесса. Кроме того, частотное регулирование обеспечивает плавный пуск агрегатов, снижает гидравлические удары в системе и увеличивает межремонтный период работы оборудования.

### Противотурбулентные присадки

Альтернативным способом снижения гидравлического сопротивления без увеличения диаметра трубопровода является применение противотурбулентных присадок (ПТП) [2]. Введение высокомолекулярных полимеров в поток нефти приводит к аномальному снижению турбулентности и, соответственно, гидравлического сопротивления.

Сравнительное тестирование противотурбулентной эффективности присадок коллоидной формы зарубежного производства и российских присадок показало, что наибольшей эффективностью в широком интервале температур обладает присадка Baker, которой незначительно уступает российская присадка ESM-68. Проведенными экспериментами установлено, что оптимальная концентрация присадки при переходе из положительной области температур в отрицательную уменьшается примерно в 2 раза, что свидетельствует о перспективности применения ПТП в арктической зоне.

Эффективность применения ПТП оценивается как степень снижения гидравлического сопротивления или увеличения расхода при неизменном перепаде давления. В таблице приведены типовые показатели эффективности различных противотурбулентных присадок.

Таблица

Сравнение эффективности противотурбулентных присадок

Присадка	Концентрация, ppm	Снижение сопротивления, %	Область применения
Baker	5–10	25–40	Широкий диапазон температур
ESM-68	5–10	20–35	Арктическая зона
Necadd-447	8–12	20–30	Умеренный климат
FLO XL	10–15	15–25	Высоковязкие нефти

Применение противотурбулентных присадок оправдано на участках с лимитирующими ограничениями по давлению, где их использование позволяет увеличить пропускную способность на 5–15% без реконструкции трубопровода.

### Оптимизация размещения насосных станций

Рациональное размещение насосных станций и выбор их рабочих параметров оказывают существенное влияние на энергоэффективность системы. Расположение насосных станций определяется профилем трассы,

проектным расходом и физико-химическими свойствами транспортируемой нефти.

Гидравлический расчет трубопровода выполняется для определения потерь напора и необходимого количества перекачивающих станций. При этом учитываются как линейные потери на трение, так и местные сопротивления, которые по опыту эксплуатации составляют 1–3% от линейных потерь. Современные методы оптимизации основаны на итерационных алгоритмах, позволяющих определить оптимальное количество работающих насосов на каждой станции при минимуме энергозатрат.

### **Практические рекомендации**

На основе анализа современных методов оптимизации можно сформулировать следующие рекомендации:

1. На стадии проектирования следует применять методы технико-экономической оптимизации для выбора диаметра трубопровода, минимизирующего приведенные затраты.

2. При эксплуатации действующих нефтепроводов целесообразно внедрение частотно-регулируемого привода на насосных станциях для снижения энергопотребления.

3. Применение противотурбулентных присадок рекомендуется на участках с ограничениями по пропускной способности, особенно в условиях низких температур, где эффективность некоторых присадок возрастает.

4. Необходимо проводить регулярный мониторинг гидравлических режимов работы и корректировку параметров перекачки с использованием систем диспетчерского управления.

### **Заключение**

Оптимизация гидравлических параметров магистрального нефтепровода представляет собой комплексную задачу, решение которой позволяет существенно повысить энергоэффективность транспортировки нефти. Применение современных технических решений – частотно-регулируемого привода, противотурбулентных присадок, систем автоматизированного управления – обеспечивает снижение эксплуатационных затрат и повышение надежности работы трубопроводной системы.

Дальнейшее совершенствование методов оптимизации связано с развитием цифровых технологий и внедрением интеллектуальных систем управления технологическими процессами.

### **Литература**

1. Рудаченко А.В., Шумилов П.А. Проектирование и эксплуатация магистральных нефтепроводов: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. 294 с.
2. Валиев М.И., Жолобов В.В., Тарновский Е.И. К вопросу о механизме действия высокомолекулярных полимерных противотурбулентных присадок // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 3. С. 11-18.
3. Филимонов А.А., Наливайко М.С., Винников В.А. Определение контролируемых параметров для геотехнического мониторинга подземных трубопроводов в криолитозоне // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2024. Т. 335. № 1. С. 160-171.
4. Формулы для гидравлического расчета нефтепровода. Studfile. URL: <https://studfile.net/preview/13916011/page:3/> (дата обращения: 25.11.2025).
5. Муниров Ш.М., Бажайкин С.Г. Гидравлический расчёт трубопровода отгрузки сжиженного природного газа на танкер-газовоз // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2025. Т. 336. № 1. С. 22-30.
6. Голунов Н.Н. Выбор оптимального режима эксплуатации технологического участка нефтепровода с применением противотурбулентных присадок // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2018. № 2. С. 15-20.
7. Токтошов Г.Ы., Петров Н.Н. Оптимизация маршрутов прокладки магистрального трубопровода для транспортировки георесурсов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 5. С. 102-112.

**KORNEEV Vladislav Aleksandrovich**

Student, Samara State Technical University, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Pipeline Transports  
of Samara State Technical University,*

*Candidate of Technical Sciences Afinogentov Alexander Aleksandrovich*

## **OPTIMIZATION OF HYDRAULIC PARAMETERS OF MAIN OIL PIPELINE TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF PUMPING**

**Abstract.** *The article discusses methods for optimizing the hydraulic parameters of main oil pipelines in order to reduce energy costs for pumping. The factors influencing the hydraulic efficiency of the system are analyzed, approaches to selecting the optimal pipeline diameter and operating modes of pumping stations are presented. The use of drag reducing agents to reduce hydraulic resistance is considered.*

**Keywords:** *main oil pipeline, hydraulic parameters, energy efficiency, pumping optimization, drag reducing agents, hydraulic resistance, pumping stations.*

**СЕРГЕЕВ Виктор Алексеевич**

магистрант,

Самарский технический государственный университет, Россия, г. Самара

*Научный руководитель – доцент кафедры автоматизации  
и управления технологическими процессами  
Самарского технического государственного университета,  
кандидат технических наук Мельникова Дарья Александровна*

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПЕРАТИВНОМУ ОБНАРУЖЕНИЮ И ЛОКАЛИЗАЦИИ УТЕЧЕК УГЛЕВОДОРОДОВ НА МОРСКИХ И НАЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА-ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается современная научно-техническая задача повышения уровня промышленной и экологической безопасности магистральных трубопроводов за счёт внедрения инновационного метода мониторинга на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), интегрированных с высокочувствительными газоаналитическими сенсорами. Проведён критический анализ недостатков традиционных систем, таких как СПАТ (системы программно-аппаратного телеметрического контроля), включая их низкую чувствительность к микропускам и длительное время реакции. Предложена трёхэтапная методология, объединяющая: маршрутное патрулирование для первичного обнаружения аномалий; детальное картографирование газового поля для точной геопривязки источника утечки; динамический мониторинг атмосферы в реальном времени для оценки масштабов и прогнозирования развития инцидента. Экспериментальные данные подтверждают возможность надёжного выявления утечек мощностью от 0,01 кг/с с погрешностью локализации не более 5 м. Подчёркивается высокая экономическая целесообразность и оперативность предлагаемого решения, особенно в условиях труднодоступных территорий – болот, арктических зон и морских акваторий.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты (БПЛА), газоанализатор, обнаружение утечек, магистральный трубопровод, метан, пары нефти, лазерная спектроскопия, промышленная безопасность, экологический мониторинг.

Эксплуатация нефте- и газотранспортной инфраструктуры сопряжена с постоянным риском утечек углеводородов, последствия которых выходят далеко за рамки технических аварий – они влекут за собой серьёзные экологические ущербы, экономические издержки и угрозу для здоровья населения. Особенно уязвимыми являются участки, расположенные в труднодоступных районах: болотистые зоны, горные массивы, арктические территории и шельфовые акватории. Согласно отчёту Международного энергетического агентства (IEA, 2023), ежегодные объёмы углеводородов, теряемых из-за утечек на трубопроводах, достигают 3,5 млн тонн [1].

Классические методы мониторинга – такие, как анализ давления и расхода в СПАТ,

наземное патрулирование или спутниковая съёмка – обладают рядом фундаментальных ограничений: низкой частотой обследований, недостаточной чувствительностью к малым утечкам и высокой стоимостью операций. В этих условиях дистанционные методы на базе БПЛА становятся стратегическим направлением цифровой трансформации трубопроводного транспорта.

Целью настоящей работы является разработка и верификация комплексного подхода к оперативному выявлению и локализации утечек углеводородов с использованием БПЛА, оснащённых современными газоаналитическими модулями. Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. Анализ и сопоставление перспективных газоаналитических технологий для интеграции в БПЛА.

2. Формирование многоуровневой методики мониторинга.

3. Экспериментальная оценка чувствительности и точности локализации.

4. Сравнительный анализ экономической эффективности с традиционными подходами.

### 1. Анализ технологий дистанционного газоанализа для интеграции в БПЛА

Ключевым элементом предлагаемого подхода является выбор газоаналитического датчика, который должен сочетать высокую чувствительность, быстрый отклик, низкое энергопотребление, малый вес и устойчивость к внешним воздействиям.

#### 1.1. Лазерные абсорбционные спектрометры (TDLAS, OA-ICOS)

Данные технологии основаны на измерении поглощения лазерного излучения на специфической длине волны, соответствующей колебательно-вращательному переходу молекулы целевого газа (например, метана -  $\text{CH}_4$ ).

- **Принцип:** лазерный луч настраивается на длину волны поглощения целевого газа. При прохождении через облако газа интенсивность луча ослабевает, и по степени ослабления рассчитывается концентрация [3, с. 2862-2870].

- **Преимущества для БПЛА:** высокая избирательность и чувствительность (до единиц ppb – частей на миллиард); быстрый отклик (менее 1 секунды); возможность точечного измерения или path-integrated (интегрированного по пути) измерения.

- **Недостатки:** относительно высокая стоимость, чувствительность к вибрациям (требует демпфирования).

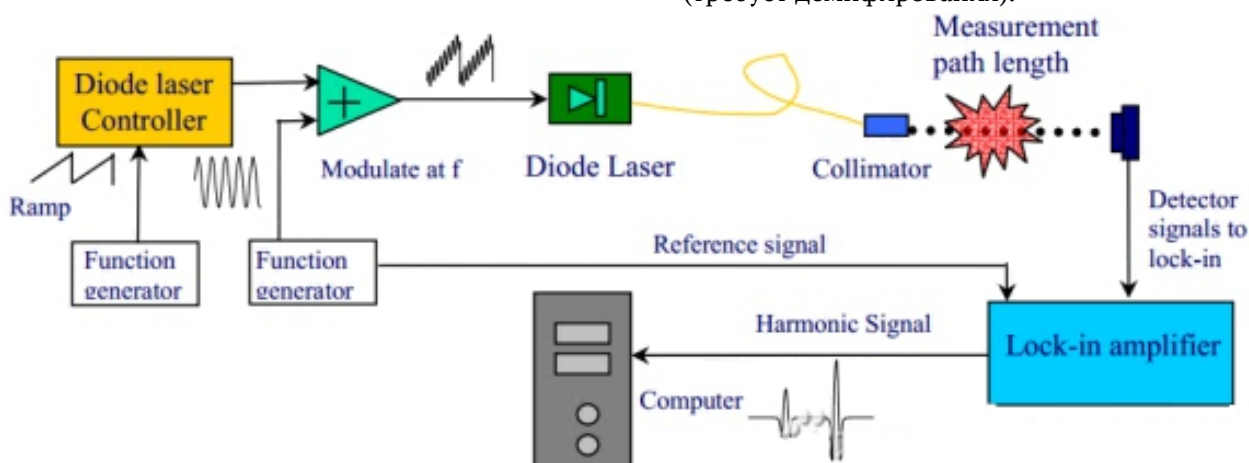


Рис. 1. Схема работы лазерного абсорбционного спектрометра (TDLAS)

#### 1.2. Фотоионизационные детекторы (PID)

- **Принцип:** молекулы газа ионизируются под действием ультрафиолетового излучения. Возникающий ионный ток пропорционален концентрации газа. PID эффективны для обнаружения летучих органических соединений (ЛОС), включая пары нефти [4].

- **Преимущества для БПЛА:** высокая чувствительность к широкому спектру углеводородов; компактность и низкое энергопотребление; прочность и устойчивость к вибрациям.

- **Недостатки:** низкая селективность (не различает типы ЛОС без хроматографического разделения), чувствительность к влажности.



Параметр	Лазерный спектрометр (TDLAS)	Фотоионизационный детектор (PID)	Полупроводниковый сенсор
Целевой газ	Метан (CH <sub>4</sub> ), этан (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Пары нефти, летучие органические соединения (ЛОС)	Широкий спектр углеводородов (низкая селективность)
Чувствительность	Высокая (до 1 ppb)	Высокая (до 1 ppb для ЛОС)	Низкая–средняя (порог ~1–10 ppm)
Селективность	Очень высокая (селекция по длине волны лазера)	Низкая (реагирует на любые ионизируемые соединения)	Очень низкая (перекрёстная чувствительность к CO, H <sub>2</sub> , спиртам и др.)
Время отклика	< 1 с	2–4 с	10–30 с
Влияние влажности	Минимальное (компенсация встроенной оптикой и ПО)	Существенное (снижает чувствительность, требует калибровки)	Существенное (приводит к дрейфу показаний)
Стоимость	Высокая (от 15 000 до 50 000 USD)	Средняя (от 3 000 до 10 000 USD)	Низкая (до 1 000 USD)
Рекомендуемое применение	Поиск утечек природного газа, количественный анализ, мониторинг магистральных газопроводов	Поиск утечек нефти, конденсата, СУГ; качественный анализ в зонах разлива	Предварительный скрининг, обнаружение крупных утечек, недорогие пилотные проекты

Рис. 2. Сравнительный анализ газоаналитических технологий для БПЛА

## 2. Комплексная методика мониторинга с применением БПЛА-газоанализаторов

Предлагаемый подход реализуется в три последовательных этапа, обеспечивающих переход от общего обнаружения к точной локализации и оценке последствий.

### 2.1. Этап 1. Патрулирование и первичное обнаружение

**Цель:** оперативный облет протяженных участков трубопровода (до 100–150 км за один вылет) для подтверждения/опровержения факта утечки.

#### Реализация:

- Используется БПЛА самолетного типа с большой продолжительностью полета.
- Устанавливается газоанализатор (например, TDLAS для газопровода или PID для нефтепровода) в режиме непрерывного измерения.
- Полет выполняется на постоянной высоте (50–100 м) по заранее заданному маршруту, совмещенному с трассой трубопровода.

- Данные о концентрации в режиме реального времени передаются на наземную станцию управления. Превышение порогового уровня концентрации служит сигналом о потенциальной утечке.

### 2.2. Этап 2. Детальное картографирование и точная локализация

**Цель:** после обнаружения аномалии на Этапе 1, точное определение координат источника утечки.

#### Реализация:

- К месту предполагаемой утечки направляется многороторный БПЛА, обладающий высокой маневренностью.
- Выполняется полет по плотной сетке (метод «газонокосилки») или по алгоритму восхождения по градиенту концентрации.
- Газоанализатор работает в высокочастотном режиме. Совместно с данными ГНСС (RTK/PPK для точной геопривязки) строится карта пространственного распределения концентрации целевого газа.

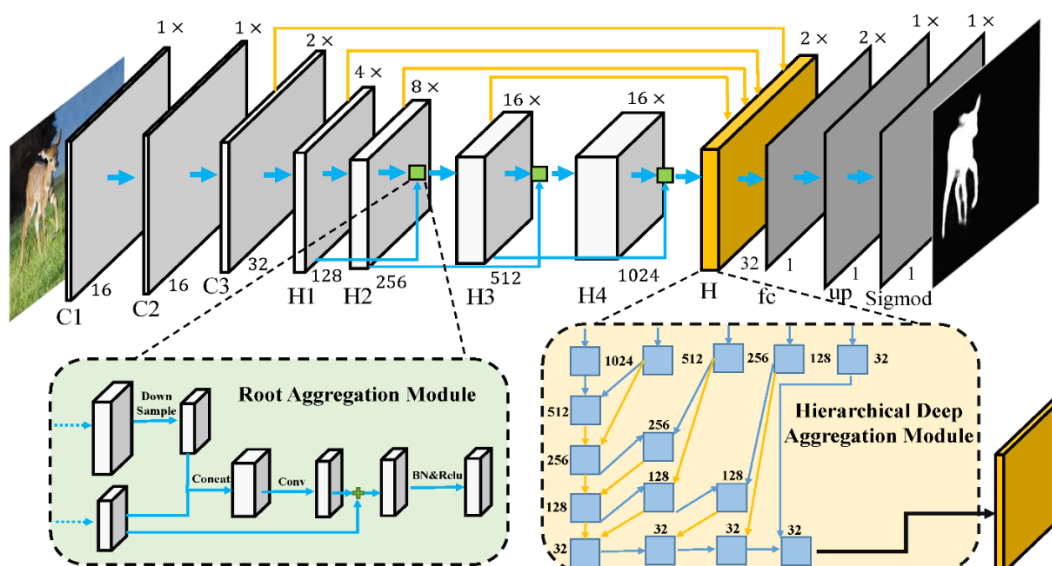


Рис. 3. Результат детального картографирования:  
карта концентрации метана и точное место утечки

**Алгоритм локализации:** положение источника  $(x_s, y_s)$  оценивается путем решения обратной задачи на основе серии измерений  $C_i$  в точках  $(x_i, y_i)$ . Используется гауссова модель рассеивания для точечного источника:

$$C_i = Q \cdot \exp\left(-\frac{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2}{2\sigma^2}\right), \text{ где:}$$

- $C_i$  – измеренная концентрация в точке  $i$ ,
- $Q$  – мощность  $C_i$  – измеренная концентрация в точке  $i$ ,
- $Q$  – мощность выброса (искомый параметр),
- $(x_s, y_s)$  – координаты источника (искомые параметры),
- $\sigma$  – параметр, характеризующий рассеивание.

Методами нелинейной оптимизации (например, МНК) подбираются параметры  $Q$ ,

$x_s, y_s$ , обеспечивающие наилучшее соответствие модели экспериментальным данным.

### 2.3. Этап 3. Оценка последствий и мониторинг атмосферы

**Цель:** определение границ загазованной зоны, оценка направления распространения облака и динамики выброса для планирования аварийно-восстановительных работ.

#### Реализация:

- БПЛА совершает полеты по периметру зоны загазованности на разных высотах.
- Строятся вертикальные и горизонтальные профили концентрации.
- Данные интегрируются с метеорологическими данными (направление и скорость ветра) для прогнозирования распространения облака.

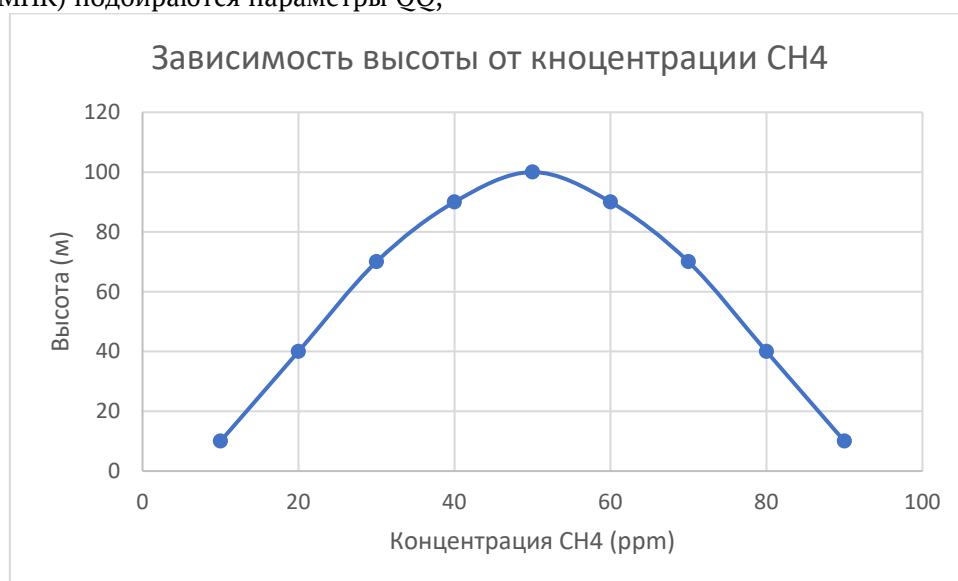


Рис. 4. Пример вертикального профиля концентрации метана, полученного БПЛА

3. Результаты и обсуждение

3.1. Оценка чувствительности и точности локализации

Для проверки эффективности методики были проведены натурные испытания с

контролируемым выбросом метана. БПЛА многогороторного типа с лазерным спектрометром (TDLAS) выполнял полеты по заданным маршрутам.

Таблица

Результаты натурных испытаний по обнаружению и локализации утечки метана

Мощность выброса, кг/с	Высота полёта, м	Средняя скорость ветра, м/с	Обнаружено / Всего попыток	Средняя ошибка локализации, м
0,001	20	1,5	3 / 5	15,2
0,01	30	2	10 / 10	4,8
0,1	50	3	10 / 10	2,1

Результаты демонстрируют, что предложенная методика позволяет надежно обнаруживать утечки мощностью от 0,01 кг/с с точностью

локализации лучше 5 метров, что является недостижимым показателем для традиционных СПАТ-систем.

3.2. Сравнительный анализ экономической эффективности

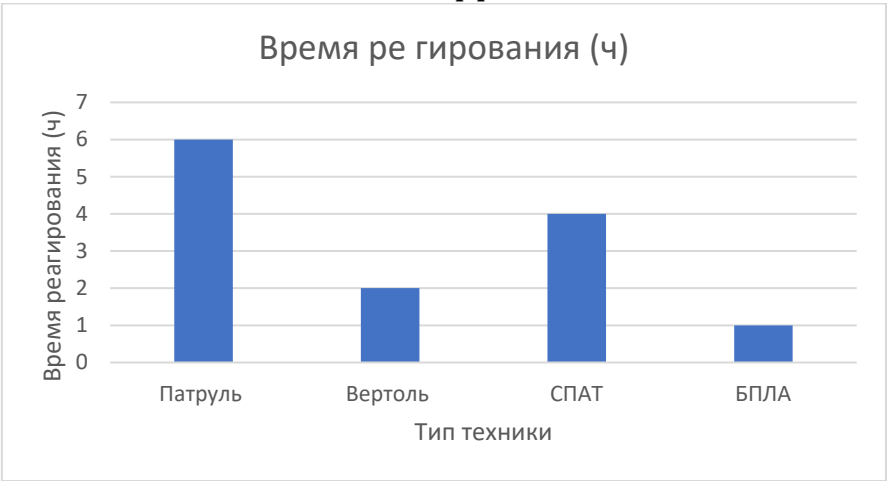


Рис. 5. Сравнение времени реагирования на утечку для различных методов мониторинга

Затраты на внедрение системы БПЛА-мониторинга окупаются за счет:

- Сокращения потерь продукта.
- Уменьшения штрафов за экологические нарушения.
- Снижения затрат на ликвидацию последствий (чем раньше обнаружена утечка, тем меньше объем разлива).
- Исключения затрат на дорогостоящие вертолетные облеты.

Заключение

Разработанный комплексный подход, основанный на многоэтапном применении БПЛА-газоанализаторов, позволяет кардинально повысить оперативность, точность и эффективность обнаружения и локализации утечек углеводородов на трубопроводах. Методика устраняет ключевые недостатки традиционных систем, обеспечивая:

1. **Высокую скорость обнаружения:** сокращение времени от момента возникновения

утечки до ее локализации с нескольких суток до нескольких часов.

2. **Точную локализацию:** определение координат источника с погрешностью в единицы метров, что ускоряет и удешевляет ремонтные работы.

3. **Высокую чувствительность:** возможность обнаружения малodeбитных утечек на ранней стадии.

4. **Применимость в труднодоступных условиях:** эффективный мониторинг морских и наземных трасс в любой местности.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку интеллектуальных алгоритмов автономного полета, адаптирующих маршрут в реальном времени по градиенту концентрации, и интеграцию данных БПЛА в цифровые двойники трубопроводов для прогнозного моделирования развития аварийных ситуаций.

### Литература

1. API RP 1130: Computational Pipeline Monitoring for Liquids. – American Petroleum Institute, 2019.
2. Shi Y., Zhu Y., Wang Z., Li N. A Review of UAV-Based Technologies for Methane Leak Detection and Quantification. – Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2022. – Vol. 108. – P. 104827. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104827> (дата обращения: 20.10.2023).
3. Ravikumar A.P., Sreedhara S., Wang J. et al. "Aerial Methane Emission Surveys from Oil and Gas Facilities Using Dual-Frequency Comb LiDAR." – Environmental Science & Technology, 2021. – Vol. 55(5). – P. 2862-2870. – URL: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06151> (дата обращения: 20.10.2023).
4. Shah A., Sears T., Hulseman P., et al. "A UAV-based system for detecting and quantifying methane emissions at oil and gas facilities." – Elementa: Science of the Anthropocene, 2020. – Vol. 8(1). – URL: <https://doi.org/10.1525/elementa.001> (дата обращения: 21.10.2023).
5. ГОСТ Р 8.989-2020. Газоанализаторы и газосигнализаторы горючих газов и паров. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2020. – 35 с.
6. Приказ Ростехнадзора от 12 ноября 2020 г. № 420. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_372432/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372432/) (дата обращения: 21.10.2023).
7. Project Canary. "The State of Methane Emissions Monitoring 2023". – URL: <https://projectcanary.com/resources/> (дата обращения: 22.10.2023).
8. European Space Agency (ESA). "Satellites and Drones Join Forces to Monitor Methane". – URL: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Satellites\\_and\\_drones\\_join\\_forces\\_to\\_monitor\\_methane](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Satellites_and_drones_join_forces_to_monitor_methane) (дата обращения: 22.10.2023).
9. Газпром. Экологическая отчетность ПАО «Газпром». – URL: <https://www.gazprom.ru/ecology/> (дата обращения: 22.10.2023).
10. DJI Matrice 350 RTK. Official Website. – URL: <https://www.dji.com/ru/matrice-350> (дата обращения: 23.10.2023).

### SERGEEV Viktor Alekseevich

Master's Student, Samara Technical State University, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Automation and Control of Technological Processes of Samara Technical State University, Candidate of Technical Sciences Melnikova Darya Aleksandrovna*

## AN INTEGRATED APPROACH TO THE RAPID DETECTION AND LOCALIZATION OF HYDROCARBON LEAKS ON OFFSHORE AND ONSHORE PIPELINES USING UAV GAS ANALYZERS

**Abstract.** The article considers the modern scientific and technical task of increasing the level of industrial and environmental safety of main pipelines through the introduction of an innovative monitoring method based on unmanned aerial vehicles (UAVs) integrated with highly sensitive gas analytical sensors. A critical analysis of the disadvantages of traditional systems, such as SPAT (software and hardware telemetry control systems), including their low sensitivity to microsteps and long reaction time, has been carried out. A three-stage methodology is proposed that combines: route patrolling for the initial detection of anomalies; detailed mapping of the gas field for accurate geolocation of the leak source; dynamic monitoring of the atmosphere in real time to assess the scale and predict the development of the incident. Experimental data confirm the possibility of reliable detection of leaks with a capacity of 0.01 kg/s with a localization error of no more than 5 m. The high economic feasibility and efficiency of the proposed solution are emphasized, especially in conditions of hard-to-reach territories – swamps, Arctic zones and marine areas.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles (UAVs), gas analyzer, leak detection, main pipeline, methane, oil vapor, laser spectroscopy, industrial safety, environmental monitoring.

**СЕРГЕЕВ Виктор Алексеевич**

магистрант, Самарский технический государственный университет, Россия, г. Самара

*Научный руководитель – доцент кафедры автоматизации  
и управления технологическими процессами  
Самарского технического государственного университета,  
кандидат технических наук Мельникова Дарья Александровна*

## **ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАМКАХ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНИТОРИНГУ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ ГОСТ 32569-2013 И ПРИКАЗА РОСТЕХНАДЗОРА № 420**

**Аннотация.** В работе рассматриваются современные подходы к повышению эффективности и уровня безопасности при мониторинге линейной части магистральных трубопроводов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проведён анализ основных угроз, сопряжённых с эксплуатацией трубопроводного транспорта, включая коррозионные разрушения, несанкционированную деятельность в охранных зонах и геодинамические процессы. Особое внимание уделено нормативно-правовой базе: детально проанализированы положения ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические. Требования к защите от коррозии» и Приказа Ростехнадзора № 420 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности...». На основании этого сформулированы методические рекомендации по встраиванию БПЛА в существующие системы технического контроля. Описаны типовые конфигурации оборудования, оптимальные параметры полётов и алгоритмы обработки данных дистанционного зондирования для решения задач выявления повреждений изоляции, мониторинга рельефа, контроля за охранной зоной и обнаружения утечек. Продемонстрированы экономические и безопасностные преимущества дроновых технологий по сравнению с традиционными методами инспекции.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты (БПЛА), промышленная безопасность, мониторинг трубопроводов, ГОСТ 32569-2013, Приказ Ростехнадзора № 420, дистанционное зондирование, коррозия, охранная зона, геоинформационные системы (ГИС).

Магистральные трубопроводы представляют собой критически значимые элементы инфраструктуры топливно-энергетического комплекса. Обеспечение их бесперебойной и безопасной эксплуатации является стратегической задачей для энергетической безопасности страны. Однако значительная протяжённость трасс, а также их прохождение через труднодоступные, заболоченные или горные районы делают традиционные методы контроля – такие, как пешие обходы или автопатрулирование – дорогостоящими, медленными и сопряжёнными с повышенными рисками для инспекторского персонала.

В последние годы технологии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) получили широкое распространение в нефтегазовой отрасли. Они позволяют осуществлять оперативный, детальный и экономически целесообразный мониторинг обширных участков линейных объектов. Тем не менее внедрение дронов

в производственные процессы требует строгого соответствия требованиям действующего законодательства в сфере промышленной безопасности.

Целью настоящей работы является разработка методических рекомендаций по применению БПЛА для мониторинга трубопроводов в полном соответствии с положениями ГОСТ 32569-2013 и Приказа Ростехнадзора № 420. В рамках исследования решались следующие задачи:

1. Провести анализ нормативно-технической документации с акцентом на требования к диагностике и контролю трубопроводов.
2. Определить ключевые риски, эффективно выявляемые с применением БПЛА.
3. Сформировать типовую методику выполнения аэровизуальных обследований, включая этапы планирования, полётов и обработки данных.

4. Оценить эффективность предложенного подхода с точки зрения экономики и безопасности.

### 1. Анализ требований нормативно-технической документации

#### 1.1. ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические. Требования к защите от коррозии»

Данный стандарт устанавливает комплекс требований к защите технологических трубопроводов от коррозии, включая мониторинг и контроль ее состояния. Ключевые положения, релевантные для применения БПЛА, включают:

Визуальный контроль: стандарт предписывает проведение периодического визуального и измерительного контроля изоляционных покрытий, опор и элементов конструкций для выявления механических повреждений, отслоений и признаков коррозии (пункты 4.6, 5.4) [2].

Обследование трассы: требуется обследование состояния грунта в районе прокладки трубопровода на предмет просадок, оползней и других геодинамических процессов, способных повлиять на целостность трубы (пункт 5.5).

Документирование результатов: все результаты контроля должны фиксироваться и храниться.

БПЛА, оснащенные камерами высокого разрешения (RGB, тепловизионными, мультиспектральными), позволяют выполнять требования стандарта по визуальному контролю с

беспрецедентной скоростью и охватом. Получаемые данные (ортофотопланы, 3D-модели, тепловые карты) являются объективным и оцифрованным доказательством выполнения контрольных мероприятий.

#### 1.2. Приказ Ростехнадзора № 420

Приказ № 420, утверждающий Правила безопасности опасных производственных объектов, хоть и не регламентирует напрямую использование БПЛА, устанавливает общие рамки обеспечения безопасности [3]. Ключевые аспекты:

- Обязанность по обеспечению безопасности: эксплуатирующая организация обязана принимать меры по предупреждению аварий и инцидентов (раздел II).

- Контроль и диагностика: требуется проведение регулярных осмотров, обследований и технической диагностики объектов (раздел III).

- Охрана объектов: необходимо предотвращать несанкционированные действия третьих лиц на территории объектов (раздел V).

- Безопасность работ: требуется обеспечение безопасности при проведении всех видов работ, включая эксплуатационные (раздел IV).

Использование БПЛА напрямую способствует выполнению этих требований, позволяя проводить частый и детальный контроль без вывода персонала в потенциально опасные зоны, тем самым минимизируя риски.

Таблица 1

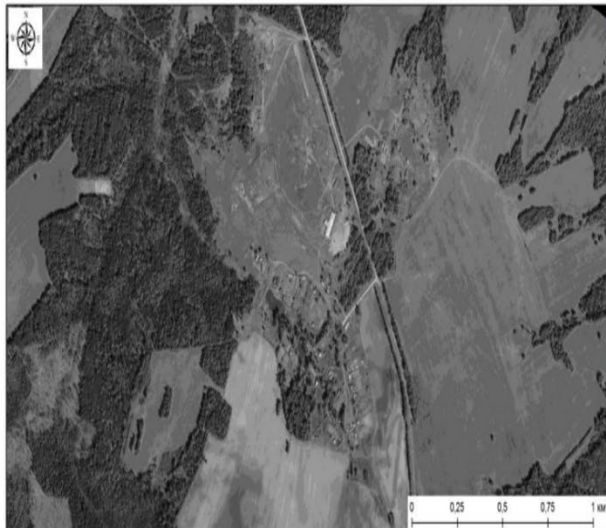
Соответствие возможностей БПЛА требованиям НТД

Требование НТД	Источник (пункт)	Реализация с помощью БПЛА
Визуальный контроль изоляции	ГОСТ 32569-2013 (п. 4.6)	Аэрофотосъемка в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне для выявления повреждений изоляции, отслоений, трещин.
Обследование состояния трассы	ГОСТ 32569-2013 (п. 5.5)	Создание цифровых моделей рельефа (ЦМР) и мониторинг деформаций для выявления просадок, оползней, размывов.
Выявление несанкционированных работ	Приказ №420 (Раздел V)	Оперативный облет охранных зон для обнаружения техники, земляных работ, новых построек.
Документирование состояния	ГОСТ 32569-2013 (п. 5.4)	Создание геопривязанных ортофотопланов и 3D-моделей, интегрируемых в ГИС.
Снижение риска для персонала	Приказ № 420 (Раздел IV)	Замена пеших обходов в труднодоступной и опасной местности на дистанционный мониторинг.

## 2. Ключевые объекты и риски мониторинга с помощью БПЛА

На основе анализа НТД и практики эксплуатации можно выделить следующие ключевые объекты мониторинга:

1. Состояние изоляционного покрытия и тела трубы: выявление участков с поврежденной изоляцией, являющихся очагами коррозии.



2. Охранная зона трубопровода: обнаружение несанкционированной хозяйственной деятельности, земляных работ, строительства.

3. Состояние грунта и опор: мониторинг опасных геодинамических процессов (просадки, оползни, эрозия склонов).

4. Шаровые краны, запорная арматура, узлы подключения: контроль их внешнего состояния и идентификация утечек.



Рис. 1. Пример выявления повреждения изоляции и коррозии на участке трубопровода с помощью БПЛА с камерой высокого разрешения

## 3. Методические рекомендации по организации мониторинга

### 3.1. Планирование полетного задания

Перед проведением облета необходимо:

Определить цели и задачи: Какие именно риски необходимо идентифицировать (например, только несанкционированные работы или комплексный осмотр).

Выбрать тип БПЛА и целевое оборудование:

- Мультироторные БПЛА: для детального осмотра локальных участков, узлов, кранов. Высокая маневренность, возможность зависания.
- Самолетного типа: для мониторинга протяженных участков (десятки и сотни километров). Высокая скорость и продолжительность полета.

Выбрать датчики:

- RGB-камера: основной инструмент для визуального контроля, создания ортофотопланов и 3D-моделей.
- Тепловизионная камера: для выявления утечек продукта, особенно эффективна для газопроводов и теплопроводов.
- Мультиспектральная камера: для оценки состояния растительности (индекс

NDVI), что может косвенно указывать на утечки углеводородов в грунт.

Построить маршрут: маршрут должен обеспечивать сплошное покрытие трассы с необходимым перекрытием снимков (продольное – 80%, поперечное – 60–70%) для последующей фотограмметрической обработки.

### 3.2. Проведение полетных работ

Проведение работ должно осуществляться в строгом соответствии с Воздушным кодексом РФ и законодательством об использовании воздушного пространства. Экипаж БПЛА должен иметь соответствующую подготовку. Погодные условия (ветер, видимость, осадки) должны позволять проведение безопасных и качественных съемок.

### 3.3. Обработка и анализ данных

Полученные данные обрабатываются с использованием специализированного ПО:

1. Фотограмметрическая обработка: создание ортофотопланов, цифровых моделей рельефа (ЦМР) и облаков точек. Точность геопривязки должна обеспечиваться использованием ГНСС-приемников с системой RTK/PPK на борту БПЛА или наземными контрольными точками (GCP).



2. Векторизация и дешифрирование: на ортофотопланах вручную или с помощью алгоритмов машинного обучения выделяются объекты интереса: участки с поврежденной

изоляциями, техника, земляные работы, изменения рельефа.

3. Сравнительный анализ: сравнение данных, полученных в разные периоды времени, для выявления динамики изменений.

Таблица 2

Рекомендуемые параметры съемки для решения различных задач

Задача мониторинга	Рекомендуемое оборудование	Высота полёта	Разрешение снимка (GSD)	Продукты обработки
Общий осмотр трассы, выявление ЧС	RGB-камера	100–150 м	2–4 см/пикс	Ортофотоплан, видеотрансляция
Детальный осмотр изоляции	RGB-камера	20–50 м	0,5–1,5 см/пикс	Ортофотоплан высокого разрешения, 3D-модель
Выявление утечек газа	Тепловизионная камера	50–100 м	10–20 см/пикс	Тепловая карта, совмещённая с ортофотопланом
Мониторинг растительности	Мультиспектральная камера	80–120 м	5–10 см/пикс	Карты вегетационных индексов (NDVI)
Мониторинг деформаций	RGB-камера (RTK/PPK)	70–100 м	1–2 см/пикс	ЦМР высокого разрешения, облако точек

3.4. Интеграция в ГИС и формирование отчетности

Все полученные пространственные данные должны интегрироваться в корпоративную геоинформационную систему (ГИС). Это позволяет:

- Накапливать исторические данные.
- Визуализировать выявленные дефекты на интерактивной карте.
- Обеспечивать доступ к информации для различных подразделений (служба диагностики, ремонтные бригады, отдел безопасности).
- Формировать автоматизированные отчеты, включающие карты, графики и описания выявленных нарушений, для предоставления в надзорные органы.



Рис. 2. Схема работы комплексной системы мониторинга трубопроводов на основе БПЛА и ГИС

#### 4. Оценка эффективности

Внедрение БПЛА-мониторинга позволяет достичь значительного экономического эффекта и повышения уровня безопасности:

- Снижение затрат: затраты на один километр облета в 3–5 раз ниже, чем затраты на пеший или автомобильный обход с аналогичным уровнем детализации [4, с. 45–58].
- Повышение производительности: за один вылет БПЛА самолетного типа может обследовать до 100–150 км трассы, что недостижимо для наземных методов.
- Снижение рисков для персонала: исключается нахождение людей в болотистой местности, в районах с опасными животными, на сложном рельефе.
- Повышение достоверности данных: оцифрованные данные исключают субъективный фактор и позволяют проводить точный сравнительный анализ во времени.

#### Заключение

Разработанные методические рекомендации подтверждают, что использование БПЛА в системе мониторинга магистральных трубопроводов полностью соответствует требованиям ГОСТ 32569-2013 и Приказа Ростехнадзора № 420. Интеграция дронов позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению рисками, обеспечивая раннее выявление угроз. Основные преимущества – повышение частоты и качества контроля, снижение операционных издержек и защита персонала. Перспективы развития связаны с внедрением искусственного интеллекта для автоматического распознавания аномалий и построением единых цифровых двойников трубопроводных систем.

#### Литература

1. Нефтегазовый комплекс России: Аналитический обзор. – Министерство энергетики Российской Федерации. – URL: <https://minenergo.gov.ru/activity/statistic> (дата обращения: 15.10.2023).
2. ГОСТ 32569-2013. Трубопроводы технологические. Требования к защите от коррозии. – М.: Стандартинформ, 2014. – 42 с.
3. Приказ Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 420 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_372432/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372432/) (дата обращения: 15.10.2023).
4. Smith J., Brown A. The Economic Impact of UAVs in Pipeline Inspection. – Journal of Unmanned Vehicle Systems, 2021. – Vol. 9, No. 2. – P. 45–58.
5. Справочник по коррозионному состоянию трубопроводов / Под ред. В.П. Кузнецова. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2019. – 312 с.
6. Federal Aviation Administration (FAA). – Unmanned Aircraft Systems. – URL: <https://www.faa.gov/uas/> (дата обращения: 16.10.2023).
7. Pix4D SA. White Paper: Best Practices for Pipeline Monitoring with Drones. – 2022. – URL: <https://www.pix4d.com/pipeline-monitoring-best-practices> (дата обращения: 16.10.2023).
8. Геоинформационные системы в управлении объектами ТЭК: монография / И.И. Сидоров, К.В. Петрова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. – 215 с.
9. Ассоциация «Беспилотные авиационные системы». – Отраслевые рекомендации по применению БАС. – URL: <https://uas-association.ru/> (дата обращения: 17.10.2023).
10. Роснефть. Годовой отчет 2022: Цифровая трансформация. – URL: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/document\\_file/a\\_report\\_2022\\_rus.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/a_report_2022_rus.pdf) (дата обращения: 17.10.2023). – [Пример внедрения цифровых технологий, включая БПЛА, крупнейшей нефтегазовой компанией].

**SERGEEV Viktor Alekseevich**

Master's Student, Samara Technical State University, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Automation  
and Control of Technological Processes of Samara Technical State University,  
Candidate of Technical Sciences Melnikova Darya Aleksandrovna*

**THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES WITHIN THE FRAMEWORK  
OF INDUSTRIAL SAFETY REQUIREMENTS:  
METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS  
FOR MONITORING PIPELINES BASED ON GOST 32569-2013  
AND ROSTECHNADZOR ORDER NO. 420**

**Abstract.** *The paper considers modern approaches to improving the efficiency and safety of monitoring the linear part of main pipelines using unmanned aerial vehicles (UAVs). The analysis of the main threats associated with the operation of pipeline transport, including corrosion damage, unauthorized activity in protected areas and geodynamic processes, is carried out. Special attention is paid to the regulatory framework: the provisions of GOST 32569-2013 "Technological pipelines. Corrosion Protection Requirements" and Rostekhnadzor Order No. 420 "On Approval of Federal Standards and Regulations in the field of industrial safety...". Based on this, methodological recommendations for integrating UAVs into existing technical control systems have been formulated. Typical equipment configurations, optimal flight parameters, and algorithms for processing remote sensing data for solving problems of insulation damage detection, terrain monitoring, security zone monitoring, and leak detection are described. The economic and safety advantages of drone technologies in comparison with traditional inspection methods are demonstrated.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicles (UAVs), industrial safety, pipeline monitoring, GOST 32569-2013, Rostekhnadzor Order No. 420, remote sensing, corrosion, security zone, geographic information systems (GIS).*

# ВОЕННОЕ ДЕЛО

**АБЗАЛОВ Эмиль Ниязович**

студент,

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации – Челябинский филиал, Россия, г. Челябинск

**ВЯТКИН Данил Адлерович**

студент,

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации – Челябинский филиал, Россия, г. Челябинск

## **ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ (РЭБ) НА РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

**Аннотация.** Статья раскрывает суть электромагнитных мероприятий радиоэлектронной борьбы (РЭБ) применительно к широкому спектру радиотехнических устройств. Детально изучаются ключевые принципы нейтрализации и нарушения функционирования электронных систем, затрагивая эффекты от электромагнитных волн на стадии приема, анализа и отправки информации.

**Ключевые слова:** радиоэлектронная борьба, электромагнитное излучение, радиотехнические средства, подавление сигналов, помехи, электромагнитное воздействие.

В условиях интенсивного развития и интеграции передовых радиоэлектронных технологий в вооружённые силы возникли разнообразные подходы к обороне и атаке на такую аппаратуру, что привело к зарождению специализированного направления – радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Эта область фокусируется на влиянии на системы командования, коммуникаций и наблюдения противника с целью искажения передаваемых данных и одновременной защиты собственных радиоэлектронных комплексов от подобных вмешательств.

Радиоэлектронная борьба (РЭБ) объединяет комплекс мероприятий и технических операций, ориентированных на ухудшение производительности радиотехнических систем оппонента при сохранении надёжной работы собственных устройств [3, с. 57]. С точки зрения физики, такие воздействия достигаются путём регулирования электромагнитной среды – путём генерации, трансформации или

блокирования радиосигналов с разными характеристиками мощности, частоты и состава. Сущность заключается в целенаправленном создании электромагнитных полей, которые вмешиваются в механизмы отправки, получения и анализа информации в целевых системах.

Любое радиотехническое оборудование строится на основе передающих и принимающих блоков, работа которых подчиняется принципам распространения электромагнитных волн. Такие устройства, включая радары, навигационные приборы, каналы связи или командные системы, реагируют на внешние поля, если их параметры соответствуют рабочему спектру прибора. Это фундаментальное физическое качество положено в основу методов радиоэлектронного подавления: когда к основному сигналу добавляется сильный несанкционированный электромагнитный всплеск, приёмник утрачивает возможность отделять полезные данные от помех.

С физической перспективы РЭБ выражается в модификации отношения сигнал/помеха (S/N). Чем оно ниже, тем сложнее для системы извлечь нужную информацию. Влияние можно реализовать различными способами: повышением уровня шумов, генерированием ложных сигналов, направлением целевых помех или нарушением фазовых и временных характеристик входящего сигнала. Во всех вариантах исходом становится деструктуризация синхронизации, деформация данных, потеря стабильности в каналах связи или полный выход из строя системы.

Если рассматривать процесс физически, то воздействие РЭБ реализуется через суперпозицию электромагнитных волн. К полезному сигналу с амплитудой  $A_1$  и частотой  $f_1$  добавляется искусственно созданное поле с амплитудой  $A_2$  и близкой частотой  $f_2$ . При совпадении частот происходит интерференция волн: в одних точках усиливается результирующее поле, в других – ослабляется [5, с. 105]. Приёмник, обладая ограниченной полосой пропускания, фиксирует неупорядоченное изменение амплитуды и фазы, воспринимая его как помеху. Получается, что физически процесс радиоэлектронного подавления – это намеренное изменение энергетического состояния электромагнитного поля в зоне работы радиосредств.

Разновидности методов воздействия в радиоэлектронной борьбе (РЭБ) классифицируются в зависимости от принципа создания помех. Самыми часто применяемыми типами выступают шумовые и имитационные помехи. Шумовая помеха – это широкодиапазонное излучение с равномерной энергетической плотностью по спектру, которое насыщает рабочий диапазон приёмника, усложняя извлечение полезного сигнала [4, с. 21]. Имитационная помеха, в свою очередь, формируется на базе изучения характеристик объекта и имитирует его сигнал, заменяя настоящий ложным. Физически это сводится к контролю параметров электромагнитной волны – фазы, частоты и амплитуды – для введения в заблуждение вражеской системы.

К примеру, среди авиационных средств РЭБ особый интерес вызывает комплекс активного противодействия «Рычаг-АВ». Вертолёт-постановщик помех Ми-8МТПР-1, оборудованный этой системой, организует коллективную оборону авиагрупп и формирований во время выполнения задач, генерируя радиопомехи над собственной территорией для подавления

систем управления войсками, вооружением противника и его истребителей, а также для проведения радиотехнического наблюдения.

Особую роль играет воздействие РЭБ на радары. Радар, определяющий расстояние и направление к цели по отражению радиоволн, функционирует на основе этого принципа. Если в приёмный канал вводится помеховый сигнал, близкий по характеристикам к отраженному импульсу, радару сложно отличить истинный эхо-сигнал от поддельного. В итоге физическая суть сводится к формированию энергетически и структурно схожего поля, нарушающего анализ отражённого излучения [1, с. 69].

Действенность радиоэлектронных мер определяется несколькими физическими параметрами: удалением между источником и целью, коэффициентом усиления антенны, мощностью излучателя, шириной частотного диапазона и свойствами среды распространения. Например, в дециметровом диапазоне значимыми становятся преграды и отражающие поверхности, вызывающие многолучевость волн. Эти явления способны либо усиливать, либо ослаблять эффект помехи.

Большую роль также играет надёжность самих радиотехнических устройств. Современные приёмники комплектуются защитными механизмами: автоматическим управлением усилением, частотной фильтрацией, переключением на резервные линии связи. Однако физико-электромагнитные взаимодействия таковы, что полностью исключить влияние внешних сигналов невозможно. Любая система, оперирующая в радиодиапазоне, принадлежит к общей электромагнитной среде и следует её закономерностям.

С энергетической точки зрения воздействие РЭБ можно рассматривать как процесс перераспределения мощности между полезным сигналом и наведённым электромагнитным полем. Когда энергия помехи превышает энергетический уровень сигнала, приёмник фиксирует только шум. Если же частоты частично совпадают, происходит искажение модуляции и фазовой структуры. В ряде случаев воздействие может привести к тепловым и электрическим эффектам – перегрузке входных цепей, увеличению уровня собственных шумов, появлению переходных токов. Всё это в совокупности ухудшает помехоустойчивость системы.

Физический смысл РЭБ также заключается в изменении информационной ёмкости канала.

В теории связи количество передаваемой информации прямо зависит от отношения мощности сигнала к мощности шума. Введение искусственной помехи снижает этот показатель, тем самым уменьшая пропускную способность радиоканала. То есть, воздействие РЭБ может выражаться не только в полном подавлении передачи, но и в снижении скорости обмена или точности определения параметров цели [2, с. 101].

Следует отметить, что средства радиоэлектронной борьбы не ограничиваются созданием помех. К ним относятся также методы разведки и анализа радиосигналов противника, позволяющие определить частотный диапазон, структуру модуляции и алгоритмы передачи данных. Всё это используется для выбора оптимальных физических параметров воздействия.

Таким образом, РЭБ представляет собой не только техническую, но и научную задачу, требующую глубокого понимания электромагнитных процессов.

В заключение можно сказать, что физический смысл воздействия радиоэлектронной борьбы состоит в управляемом изменении электромагнитной среды с целью нарушения функционирования радиотехнических систем. На уровне физических процессов это выражается в суперпозиции полей, интерференции

волн, изменении фазовой структуры сигнала и перераспределении энергии в спектре частот.

### Литература

1. Балабанов В.В., Певнев В.М., Титков И.В. К вопросу анализа путей снижения эффективности высокоточного оружия противника средствами РЭБ. – 2020. – С. 69-72.
2. Макаренко С.И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 3. Радиоэлектронное подавление систем навигации и радиосвязи // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – №. 2. – С. 101-175.
3. Маклашов В.А., Пиганов М.Н. Выбор конструктивной реализации бортовых СВЧ устройств комплекса радиоэлектронной борьбы // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2021. – №. 4 (44). – С. 57-66.
4. Перунов Ю., Куприянов А. Методы и средства радиоэлектронной борьбы. – М.: Litres, 2022. – С. 21-25.
5. Семенихина Д., Юханов Ю., Привалова Т. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы. Радиоэлектронная разведка и радиоэлектронное противодействие. – М.: Litres, 2022. – С. 105-108.

### ABZALOV Emil Niyazovich

Student, Military Training and Research Center of the Air Force "Military Air Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" of the Ministry of Defense of the Russian Federation – Chelyabinsk Branch, Russia, Chelyabinsk

### VYATKIN Danil Adlerovich

Student, Military Training and Research Center of the Air Force "Military Air Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" of the Ministry of Defense of the Russian Federation – Chelyabinsk branch, Russia, Chelyabinsk

## THE PHYSICAL MEANING OF THE IMPACT OF ELECTRONIC WARFARE (EW) ON RADIO EQUIPMENT

**Abstract.** The article reveals the essence of electromagnetic radio-electronic warfare (EW) measures in relation to a wide range of radio engineering devices. The key principles of neutralization and disruption of electronic systems are studied in detail, affecting the effects of electromagnetic waves at the stage of receiving, analyzing and sending information.

**Keywords:** electronic warfare, electromagnetic radiation, radio equipment, signal suppression, interference, electromagnetic effects.

**СОКОЛОВ Вадим Александрович**

слушатель,

Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А. В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

**АБРАМОВ Денис Александрович**

слушатель,

Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А. В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

**АНАШКИН Николай Алексеевич**

слушатель,

Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А. В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

**КОМАРОВ Михаил Васильевич**

преподаватель кафедры управления техническим обеспечением,  
Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А. В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** В статье проведен анализ текущего состояния системы ремонта и восстановления вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах Российской Федерации. Выявлены системные проблемы, сдерживающие повышение оперативной готовности соединений и воинских частей в условиях интенсивной эксплуатации и применения ВВСТ. Обоснована необходимость перехода от планово-предупредительной системы ремонта к комплексной системе технической эксплуатации, основанной на принципах прогнозирования остаточного ресурса и управления техническим состоянием по фактическому состоянию. Предложены конкретные направления совершенствования организационной структуры ремонтных органов, внедрения перспективных цифровых технологий, модернизации материально-технической базы и подготовки специалистов.

**Ключевые слова:** ремонт ВВСТ, техническая эксплуатация, коэффициент технической готовности, система технического обслуживания и ремонта, восстановление боеспособности, цифровизация ремонтного производства, остаточный ресурс.

**Б**оеспособность подразделений, соединений и объединений Вооруженных Сил Российской Федерации в решающей степени определяется состоянием их вооружения, военной и специальной техники. В современных условиях, характеризующихся высокой динамичностью боевых действий, массированным применением высокоточного оружия и сложных радиоэлектронных систем, требования к надежности, живучести и, что немаловажно, ремонтпригодности ВВСТ многократно возрастают. Успешное выполнение боевых задач

напрямую зависит от способности тыловых и технических подразделений в кратчайшие сроки организовывать и проводить восстановление вышедшей из строя техники как в пунктах постоянной дислокации, так и в полевых условиях [2, с. 81-88].

Сложившаяся в предыдущие десятилетия система ремонта ВВСТ, основанная преимущественно на планово-предупредительных принципах, в настоящее время демонстрирует свою недостаточную эффективность. Высокая ресурсоемкость, длительные сроки восстановления,



зависимость от стационарной производственной базы и устаревшие технологии диагностики становятся сдерживающими факторами. В связи с этим актуальной задачей является совершенствование всей системы ремонта ВВСТ, ее адаптация к вызовам современного поля боя и внедрение передовых методик и технологий.

Действующая система ремонта и эвакуации ВВСТ представляет собой многоуровневую структуру, включающую в себя силы и средства войскового, стационарного и заводского ремонта [1, с. 63-67]. Несмотря на имеющийся потенциал, анализ опыта учений и применения группировок войск (сил) позволяет выявить ряд системных недостатков.

Во-первых, наблюдается значительная временная протяженность цикла «отказ – эвакуация – диагностика – ремонт – возврат в строй». Эвакуация поврежденной техники с поля боя зачастую сопряжена с большими трудностями и рисками, а существующие средства эвакуации не всегда соответствуют современным требованиям по проходимости и защищенности. Организация ремонта в полевых условиях затруднена из-за недостатка мобильных ремонтных мастерских и комплексов, оснащенных необходимым диагностическим и технологическим оборудованием.

Во-вторых, технологический процесс ремонта остается чрезмерно зависимым от субъективного опыта специалистов. Методы диагностики, основанные на визуальном и органолептическом контроле, не позволяют с достаточной точностью оценить остаточный ресурс узлов и агрегатов, что приводит либо к необоснованному продлению срока эксплуатации, либо к преждевременной замене дорогостоящих компонентов. Отсутствие единого информационного пространства, объединяющего данные о техническом состоянии каждого образца ВВСТ на протяжении всего жизненного цикла, снижает эффективность планирования ремонтных мероприятий.

В-третьих, материально-техническое обеспечение ремонта характеризуется низкой гибкостью. Система снабжения запасными частями и ремонтными материалами, построенная по жесткому плановому принципу, не всегда успевает оперативно реагировать на изменяющуюся потребность, возникающую в условиях интенсивной эксплуатации. Это приводит

к простоям техники в ожидании запчастей и удлинению сроков восстановления [3, с. 12-19].

Для преодоления выявленных недостатков и коренного повышения эффективности системы ремонта ВВСТ представляется необходимым реализовать комплекс взаимосвязанных мероприятий по следующим основным направлениям.

### **Переход к интеллектуальной системе технической эксплуатации, основанной на фактическом состоянии**

Ключевым направлением является отказ от устаревшей концепции ремонта по регламенту и переход к системе управления техническим состоянием по фактическому состоянию. Данный подход предполагает оснащение перспективных и модернизируемых образцов ВВСТ встроенными системами диагностики и мониторинга, которые в реальном времени фиксируют ключевые параметры работы узлов и агрегатов. Накопленные данные передаются по защищенным каналам связи в центры сбора и обработки информации.

На основе этих данных с применением методов предиктивной аналитики и математического моделирования осуществляется прогнозирование остаточного ресурса и оптимального момента проведения технического обслуживания или ремонта [5, с. 48-51]. Это позволяет перейти от профилактики «на отказ» к целенаправленному и обоснованному ремонту, что ведет к значительной экономии ресурсов, сокращению непроизводительных простоев и увеличению межремонтных периодов.

### **Цифровизация и автоматизация ремонтного производства**

Внедрение цифровых технологий является императивом современного ремонтного комплекса. Необходимо создание Единой автоматизированной системы учета и управления ремонтом ВВСТ, которая будет интегрирована с системами материально-технического обеспечения. Такая система должна обеспечивать сквозной контроль за каждым образцом техники: от заявки на ремонт и формирования электронного паспорта дефектов до отслеживания движения запчастей и фиксации результатов приемо-сдаточных испытаний.

На уровне ремонтных органов целесообразно внедрение аддитивных технологий (3D-печати) для оперативного изготовления дефицитных или снятых с производства запчастей

непосредственно в полевых условиях или на стационарных предприятиях. Использование дополненной реальности (AR-технологий) позволит значительно ускорить и упростить процесс сборки-разборки сложных агрегатов, предоставляя ремонтникам пошаговые визуальные инструкции. Автоматизация процессов дефектации с применением роботизированных комплексов и систем технического зрения повысит объективность и скорость контроля [4, с. 4-5].

### **Модернизация организационно-штатной структуры и материальной базы**

Совершенствование структуры ремонтных органов должно быть направлено на повышение их мобильности, автономности и универсальности. Требуется ускоренное оснащение войск современными мобильными ремонтно-эвакуационными комплексами на колесной и гусеничной базе, обладающими повышенной проходимостью и средствами маскировки [6, с. 79-81]. Такие комплексы должны представлять собой автономные технологические модули, оснащенные средствами диагностики, слесарно-механическим оборудованием, источниками энергоснабжения и запасами наиболее востребованных запчастей [7, с. 368-372].

Необходимо развивать сеть передовых ремонтных пунктов, развертываемых в непосредственной близости от районов боевых действий. Их основная задача – выполнение неотложных работ по восстановлению боеспособности техники с целью ее быстреего возврата в строй, без углубленной дефектации и капитального ремонта [6, с. 79-81]. Это позволит разгрузить стационарные ремонтные заводы и сосредоточить их усилия на сложных и трудоемких видах восстановления.

### **Подготовка высококвалифицированных кадров для ремонтных органов**

Кадровый вопрос остается фундаментальным. Современный специалист-ремонтник должен обладать не только глубокими знаниями устройства конкретных образцов ВВСТ, но и навыками работы со сложным диагностическим и программным обеспечением, основами чтения цифровых моделей и работы на автоматизированных стендах. В связи с этим требуется пересмотр программ подготовки специалистов в учебных центрах и военных вузах. Необходимо внедрение современных

тренажерных комплексов, включая системы виртуальной реальности (VR), для отработки навыков диагностики и ремонта в условиях, максимально приближенных к боевым.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что совершенствование системы ремонта ВВСТ является не просто желательным, а остро необходимым условием поддержания высокой боевой готовности Вооруженных Сил РФ. Предложенный комплекс мер носит системный характер и направлен на преодоление ключевых проблем, присущих действующей системе [8, с. 15-18].

Переход к интеллектуальной системе эксплуатации по фактическому состоянию, масштабная цифровизация всех процессов, модернизация материальной базы и глубокое реформирование подготовки кадров позволят создать гибкую, мобильную и высокоэффективную систему восстановления ВВСТ. Реализация данных предложений обеспечит:

- Существенное сокращение времени восстановления боеспособности образцов ВВСТ.
- Повышение коэффициента технической готовности соединений и воинских частей.
- Оптимизацию затрат на проведение ремонтов за счет целевого использования ресурсов.
- Снижение зависимости от стационарной ремонтной базы и повышение автономности войскового звена.
- Создание единого информационного контура для управления техническим ресурсом вооружения и техники.

Подводя итог по предлагаемым направлениям совершенствования системы ремонта ВВСТ являются научно обоснованным ответом на вызовы современности и будут способствовать укреплению обороноспособности государства.

### **Литература**

1. Анализ возможностей существующих подвижных средств технического обслуживания и ремонта в войсках национальной гвардии Российской Федерации / Д.П. Поправко, А.Н. Черненко, М.Ю. Захаров [и др.] // Наука и военная безопасность. – 2022. – № 1(28). – С. 63-67. – EDN JQAIIF.

2. Воробьев И.В. Методики определения и повышения эффективности системы восстановления техники группировки войск / И.В. Воробьев, Д.А. Ивлев // Перспективы совершенствования технической подготовки военнослужащих и сотрудников войск национальной гвардии Российской Федерации: Межвузовский сборник научно-практических материалов, Пермь, 24 марта 2023 года. – Пермь: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2023. – С. 81-88. – EDN OKUTPA.

3. Захаров М.Ю. Возможные способы повышения эффективности процесса обучения расчетов ремонтных органов войск (сил) / М.Ю. Захаров, А.В. Родимцев, С.С. Барсуков // Направления развития вооружения, военной и специальной техники Росгвардии с учетом опыта применения в ходе специальной военной операции на Украине: сборник научных статей межвузовской научно-практической конференции, Саратов, 27 апреля 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский военный ордена Жукова Краснознаменный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2024. – С. 12-19. – EDN CBKBHH.

4. Ивлев Д.А. Методика обоснования ремонтных возможностей стационарных ремонтных баз / Д.А. Ивлев // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-

технического знания. – 2024. – № 2(38). – С. 4-5. – EDN GHOBTO.

5. Леонтьев В.В. Метод повышения эффективности системы обеспечения запасными частями соединений и воинских частей / В.В. Леонтьев // Военно-правовые и гуманитарные науки Сибири. – 2021. – № 1(7). – С. 48-51. – EDN BAIUEP.

6. Основные направления организации технического обеспечения группировки войск национальной гвардии в ходе развёртывания и применения её в специальной военной операции / Д.П. Поправко, В.В. Ахматовский, Д.А. Ивлев, А.С. Рыжовцев // Наука и военная безопасность. – 2024. – № 2(37). – С. 79-81. – EDN XISGBA.

7. Плотников В.А. Перспективы развития системы технического обеспечения войск национальной гвардии Российской Федерации / В.А. Плотников, А.С. Чемоданов, А.А. Ложкин // Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники: Сборник научных трудов II Межведомственной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург: ООО «Медиапир», 2020. – С. 368-372. – EDN TCMHBD.

8. Селезнев А.А. Оптимизация организационно-штатной структуры ремонтно-восстановительных органов войск национальной гвардии на период проведения специальной военной операции / А.А. Селезнев, А.Ю. Крощенко // Актуальные исследования. – 2024. – № 41-1(223). – С. 15-18. – EDN HAWJSE.

**SOKOLOV Vadim Alexandrovich**

Listener,  
Military Academy of Logistics named after General of the Army A. V. Khrulev,  
Russia, St. Petersburg

**ABRAMOV Denis Alexandrovich**

Listener,  
Military Academy of Logistics named after General of the Army A. V. Khrulev,  
Russia, St. Petersburg

**ANASHKIN Nikolay Alekseevich**

Listener,  
Military Academy of Logistics named after General of the Army A. V. Khrulev,  
Russia, St. Petersburg

**KOMAROV Mikhail Vasilyevich**

Lecturer at the Department of Technical Support Management,  
Military Academy of Logistics named after General of the Army A. V. Khrulev,  
Russia, St. Petersburg

**IMPROVING THE SYSTEM OF REPAIR OF WEAPONS, MILITARY  
AND SPECIAL EQUIPMENT IN MODERN CONDITIONS**

**Abstract.** *The article analyzes the current state of the system of repair and restoration of weapons, military and special equipment in the Armed Forces of the Russian Federation. Systemic problems have been identified that hinder the increase in operational readiness of formations and military units in conditions of intensive operation and use of military equipment. The necessity of transition from a planned preventive repair system to a comprehensive system of technical operation based on the principles of forecasting the remaining resource and managing the technical condition based on the actual condition is substantiated. Specific directions for improving the organizational structure of repair facilities, the introduction of promising digital technologies, the modernization of the material and technical base and the training of specialists are proposed.*

**Keywords:** *VVST repair, technical operation, technical readiness coefficient, maintenance and repair system, restoration of combat capability, digitalization of repair production, residual resource.*

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ЗУДИНОВА Татьяна Владимировна**

студентка, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, г. Казань

*Научный руководитель – доцент кафедры международных отношений, мировой политики и дипломатии Казанского (Приволжского) федерального университета,  
кандидат исторических наук Пеньковцев Роман Владимирович*

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема международной информационной безопасности в условиях глобализации информационного пространства и цифровой трансформации международных отношений. Автор анализирует трансформационные процессы в сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и их влияние на формирование нового типа международных отношений, где информационная безопасность становится критически важным компонентом глобальной безопасности.

Исследуется комплексный характер международной информационной безопасности, охватывающий технические, правовые, политические, экономические, социальные и психологические аспекты защиты глобального информационного пространства. Особое внимание уделяется трансграничному характеру информационных угроз и возрастающей взаимозависимости национальных информационных инфраструктур.

В работе анализируется современное состояние международного сотрудничества в сфере информационной безопасности, включая существующие концептуальные подходы и национальные интересы. Рассматриваются новые технологические вызовы, связанные с развитием искусственного интеллекта, квантовых вычислений и интернета вещей, требующие адаптации международных норм к меняющимся технологическим реалиям.

Автор обосновывает необходимость формирования эффективного международного режима информационной безопасности, основанного на принципах многосторонности, инклюзивности и уважения суверенитета, способствующего безопасному и устойчивому развитию глобального информационного пространства.

**Ключевые слова:** международная информационная безопасность, глобализация, информационно-коммуникационные технологии, цифровое пространство, международное сотрудничество, технологические вызовы.

Глобализация информационного пространства, стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и цифровая трансформация всех сфер общественной жизни привели к формированию принципиально нового типа международных отношений, в котором информационная безопасность приобретает статус критически важного компонента глобальной безопасности. Трансграничный характер информационных угроз, размывание государственных границ в

виртуальном пространстве и возрастающая взаимозависимость национальных информационных инфраструктур обуславливают необходимость международного сотрудничества в области обеспечения информационной безопасности, которое должно базироваться на четко сформулированных принципах, нормах и правилах ответственного поведения государств в цифровой среде.

Международная информационная безопасность представляет собой комплексный

феномен, охватывающий различные аспекты защищенности глобального информационного пространства от внешних и внутренних угроз. В широком смысле, данное понятие может быть определено как «состояние глобального информационного пространства, при котором исключены возможности нарушения прав личности, общества и государств в информационной сфере, а также деструктивного и противоправного воздействия на элементы национальной критической информационной инфраструктуры» [8, с. 25]. В этом контексте международная информационная безопасность охватывает не только технические аспекты защиты информации и информационных систем, но и правовые, политические, экономические, социальные и психологические измерения информационного взаимодействия на международной арене.

Формирование международно-правовой базы обеспечения информационной безопасности представляет собой сложный и противоречивый процесс, отражающий столкновение различных концептуальных подходов и национальных интересов. В настоящее время не существует общепризнанного международного договора, комплексно регулирующего вопросы информационной безопасности, что создает значительные правовые лакуны и приводит к фрагментации международно-правового режима в данной сфере. Вместе с тем, за последние два десятилетия были предприняты значительные усилия по формированию международно-правовых норм и принципов обеспечения информационной безопасности, которые нашли отражение в ряде документов «мягкого права» и региональных соглашений [11, с. 121].

Одним из ключевых достижений в этой области стала разработка концептуальных основ международной информационной безопасности в рамках деятельности Группы правительственных экспертов ООН по достижениям в сфере информатизации и телекоммуникаций в контексте международной безопасности (ГПЭ ООН). В 2013 году ГПЭ ООН в своем консенсусном докладе впервые подтвердила применимость международного права, включая Устав ООН, к информационному пространству. В 2015 году эксперты сформулировали одиннадцать добровольных, необязательных норм ответственного поведения государств в киберпространстве, которые, несмотря на свой рекомендательный характер, заложили фундамент для

дальнейшего развития международно-правового режима в данной сфере.

Современный этап развития международного сотрудничества в сфере информационной безопасности характеризуется параллельным функционированием двух механизмов в рамках ООН: группы правительственных экспертов (ГПЭ) и Рабочей группы открытого состава (РГОС) [1, с. 155]. Формирование двух параллельных процессов стало результатом глубоких концептуальных разногласий между ведущими государствами мира относительно подходов к обеспечению информационной безопасности. При этом РГОС, учрежденная по инициативе России, предусматривает более инклюзивный формат обсуждения с возможностью участия всех заинтересованных государств, что создает предпосылки для более репрезентативного представительства различных региональных и политических групп в процессе формирования международного режима информационной безопасности.

Принципиальное значение для понимания международных аспектов обеспечения информационной безопасности имеет анализ позиций ключевых акторов международных отношений, которые во многом определяют динамику и направленность глобальных процессов в данной сфере. В настоящее время можно выделить несколько концептуальных подходов к обеспечению международной информационной безопасности, отражающих различные политические, правовые и ценностные ориентации государств.

Российская Федерация и ее союзники, в частности государства-члены Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) и БРИКС, придерживаются широкого понимания информационной безопасности, включающего в себя не только технические аспекты (кибербезопасность), но и информационно-психологическое измерение. Россия последовательно выступает за разработку юридически обязывающего международного договора в сфере информационной безопасности, который бы установил четкие правила ответственного поведения государств в информационном пространстве и ограничил возможности использования ИКТ в военно-политических целях. Важным шагом в этом направлении стала разработка и продвижение в рамках ШОС Кодекса правил поведения в области обеспечения международной информационной безопасности, который представляет собой комплексный свод принципов и

норм ответственного поведения государств в цифровой среде [9, с. 279-280].

Соединенные Штаты Америки и их союзники, в частности государства-члены НАТО и Европейского союза, придерживаются более узкого подхода, ориентированного преимущественно на технические аспекты кибербезопасности. США и их партнеры считают существующие нормы международного права достаточными для регулирования отношений в информационной сфере и выступают против разработки новых юридически обязывающих международных договоров. Вместо этого они отдают предпочтение формированию добровольных, необязательных норм ответственного поведения и укреплению доверия между государствами в информационном пространстве. Кроме того, США и их союзники активно развивают концепцию «сдерживания» в киберпространстве, предусматривающую возможность применения военной силы в ответ на кибератаки, что вызывает серьезную обеспокоенность России и других государств [10, с. 161].

Развивающиеся страны, в частности государства Азии, Африки и Латинской Америки, в целом поддерживают идею формирования всеобъемлющего международно-правового режима информационной безопасности, однако акцентируют внимание на необходимости преодоления «цифрового разрыва» и обеспечения справедливого доступа к информационным технологиям и ресурсам [3, с. 24]. Для многих развивающихся государств приоритетное значение имеют вопросы наращивания потенциала в сфере информационной безопасности, технической помощи и передачи технологий, что отражает их стремление к преодолению технологической зависимости и обеспечению информационного суверенитета.

Региональное измерение международной информационной безопасности приобретает все большую значимость в условиях фрагментации глобального управления и активизации процессов регионализации в международных отношениях. В различных регионах мира формируются собственные механизмы и инструменты обеспечения информационной безопасности, отражающие специфику региональных интересов и подходов.

В рамках Содружества Независимых Государств (СНГ) создан комплексный механизм обеспечения информационной безопасности, включающий Соглашение о сотрудничестве в области обеспечения информационной

безопасности, Концепцию сотрудничества государств-участников СНГ в сфере обеспечения информационной безопасности и Стратегию обеспечения информационной безопасности государств-участников СНГ [6, с. 86]. Кроме того, в рамках СНГ функционирует Антитеррористический центр, одной из задач которого является противодействие использованию информационно-коммуникационных технологий в террористических целях.

Европейский союз развивает собственную стратегию кибербезопасности, ориентированную на защиту критической информационной инфраструктуры, противодействие киберпреступности и укрепление кибер-резильентности. В 2016 году была принята Директива ЕС по безопасности сетей и информационных систем (NIS Directive), которая устанавливает общие стандарты кибербезопасности для всех государств-членов ЕС [5, с. 148-149]. Кроме того, в рамках ЕС функционирует Агентство по кибербезопасности (ENISA), координирующее деятельность стран-членов в данной области.

В Африке региональное сотрудничество в сфере информационной безопасности развивается в рамках Африканского союза, который в 2014 году принял Конвенцию о кибербезопасности и защите персональных данных. Данная конвенция устанавливает общие принципы защиты информационной инфраструктуры, противодействия киберпреступности и защиты персональных данных на африканском континенте.

Азиатско-Тихоокеанский регион характеризуется значительным разнообразием подходов к обеспечению информационной безопасности, что обусловлено гетерогенностью региона и наличием различных центров силы. Ассоциация государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН) развивает сотрудничество в сфере кибербезопасности в рамках Мастер-плана АСЕАН 2025, который предусматривает укрепление цифровой связанности и повышение кибер-резильентности региона [12].

Одним из ключевых вызовов международной информационной безопасности является проблема атрибуции кибератак, то есть определения источника информационного воздействия. Технические особенности киберпространства, такие, как возможность использования анонимных прокси-серверов, ботнетов и других средств сокрытия реального источника атаки, значительно затрудняют процесс атрибуции и создают условия для дезинформации и



манипуляций. В этой связи особое значение приобретает формирование международных механизмов и процедур атрибуции, основанных на объективных технических критериях и исключающих политизацию данного процесса.

Еще одним серьезным вызовом является проблема милитаризации информационного пространства и использования ИКТ в военно-политических целях. Все большее число государств развивает наступательные и оборонительные кибер-возможности, интегрируя их в свои военные доктрины и стратегии. Некоторые страны, в частности члены НАТО, рассматривают возможность применения статьи 5 Североатлантического договора (о коллективной обороне) в ответ на кибератаки, что по сути означает легитимизацию применения военной силы в ответ на действия в информационном пространстве [4, с. 180]. Такой подход вызывает обоснованные опасения со стороны России и ряда других государств, которые выступают за демилитаризацию информационной сферы и недопущение ее превращения в новое поле военного противостояния.

Проблема «цифрового суверенитета» и управления Интернетом также приобретает все большую актуальность в контексте международной информационной безопасности. Существующая система управления Интернетом, в которой ключевую роль играют американские и западные структуры, такие как ICANN (Корпорация по управлению доменными именами и IP-адресами), вызывает обеспокоенность многих государств, стремящихся к обеспечению своего цифрового суверенитета. Россия, Китай и ряд других стран выступают за реформирование системы управления Интернетом и передачу соответствующих функций под эгиду ООН или другой международной организации с равным представительством всех государств [7, с. 81].

Глобальные вызовы информационной безопасности требуют комплексного и скоординированного международного ответа, основанного на принципах многосторонности, инклюзивности и уважения суверенитета. Как отмечает А. В. Виловатых, «в современных условиях информационная безопасность становится фактором стратегической стабильности и одним из важнейших аспектов обеспечения национальной безопасности в целом. Информационные технологии начинают играть все более важную роль в обеспечении национальной безопасности и стабильности» [2, с. 15]. В

этом контексте формирование эффективного международного режима информационной безопасности приобретает особую актуальность и значимость.

Важным аспектом международного сотрудничества в сфере информационной безопасности является проблема наращивания потенциала и преодоления «цифрового разрыва» между развитыми и развивающимися странами. Многие развивающиеся государства не обладают достаточными техническими, финансовыми и кадровыми ресурсами для эффективного обеспечения информационной безопасности, что делает их уязвимыми перед лицом современных кибер-угроз. В этой связи особое значение приобретают международные программы технической помощи, передачи технологий и обучения специалистов в сфере информационной безопасности.

Новые технологические вызовы, связанные с развитием искусственного интеллекта, квантовых вычислений, интернета вещей и других перспективных технологий, создают дополнительные риски для международной информационной безопасности. Эти технологии могут быть использованы как для защиты, так и для нарушения безопасности информационных систем, что создает новые дилеммы безопасности и требует своевременной адаптации международных норм и принципов к меняющимся технологическим реалиям.

Особую актуальность приобретает проблема формирования международно-правовых норм и этических принципов разработки и применения систем искусственного интеллекта в контексте информационной безопасности. Системы искусственного интеллекта могут быть использованы для проведения масштабных кибератак, анализа и эксплуатации уязвимостей, а также для создания и распространения дезинформации (так называемые «глубокие фейки»), что создает серьезные угрозы международной безопасности и стабильности.

Таким образом, международные аспекты обеспечения информационной безопасности приобретают всё большую значимость в условиях глобализации информационного пространства и цифровой трансформации международных отношений. Трансграничный характер информационных угроз, размывание государственных границ в виртуальном пространстве и возрастающая взаимозависимость национальных информационных инфраструктур

обуславливают необходимость международного сотрудничества в данной области.

Современный этап развития международного сотрудничества в сфере информационной безопасности характеризуется сложным переплетением различных концептуальных подходов и национальных интересов, что создает определенные препятствия для формирования всеобъемлющего международно-правового режима в данной сфере. Вместе с тем наблюдается постепенное формирование международного консенсуса относительно необходимости обеспечения безопасности и стабильности в информационном пространстве, а также развитие региональных и двусторонних механизмов сотрудничества.

Новые технологические вызовы, связанные с развитием искусственного интеллекта, квантовых вычислений, интернета вещей и других перспективных технологий, создают дополнительные риски для международной информационной безопасности и требуют своевременной адаптации международных норм и принципов к меняющимся технологическим реалиям. В этих условиях особое значение приобретает формирование эффективного международного режима информационной безопасности, основанного на принципах многосторонности, инклюзивности и уважения суверенитета, который бы обеспечил безопасное, стабильное и устойчивое развитие глобального информационного пространства в интересах всего международного сообщества.

### Литература

1. Верхелст Э., Ваутерс Я. Глобальное управление в сфере кибербезопасности: взгляд с позиции международного права и права ЕС // Вестник международных организаций. – 2020. – Т. 15. – № 2. – С. 155.
2. Виловатых А.В. Искусственный интеллект и проблема информационной безопасности // Проблемы национальной стратегии. – 2021. – № 2(65). – С. 15.
3. Ильинский А.И. Эволюция экосистемы даркнета и вызовы международной информационной безопасности в Африке //

Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2024. – Т. 14. – № 5. – С. 24.

4. Ковалев А.А. Противодействие информационно-коммуникационным технологиям как средству войны нового поколения // Наука. Искусство. Культура. – 2024. – № 4 (44). – С. 180.
5. Криштаносов В.Б. Формирование институциональной экосистемы цифровой экономики в ЕС и ЕАЭС: сравнительный анализ // Социальные новации и социальные науки. – 2022. – № 2 (7). – С. 148-149.
6. Лепешкина О.И. Международное сотрудничество государств СНГ по противодействию киберпреступности // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2023. – Т. 17. – № 4 (46). – С. 86.
7. Олимпиев А.Ю., Стрельникова И.А. Проблемы международного права в области киберпространства и цифрового суверенитета на европейском и азиатском пространстве // Информационное общество. – 2021. – № 2. – С. 81.
8. Ромашкина Н. Проблема международной информационной безопасности в ООН (история, спорные вопросы, перспективы) // Мировая экономика и международные отношения. – 2020. – Т. 64. – № 12. – С. 25.
9. Себекин С.А. Роль шанхайской организации сотрудничества и БРИКС в обеспечении международной информационной безопасности в условиях продолжающегося конфликта на Украине // Российско-китайские исследования. – 2022. – Т. 6. – № 4. – С. 279-280.
10. Шакиров О.И. Кто придёт с кибермечом: подходы России и США к сдерживанию в киберпространстве // Международная аналитика. – 2021. – Т. – № 4. – С. 161.
11. Юлдашев Ж.Б. К определению сущности международной информационной безопасности // Коммуникология: электронный научный журнал. – 2022. – Т. 7. – № 4. – С. 121.
12. Rahman M.F.A. How ASEAN's Cybersecurity Push Could Protect People and Economies // The Diplomat. – 2024. – November 18. – URL: <https://thediplomat.com/2024/11/how-aseans-cybersecurity-push-could-protect-people-and-economies/> (Дата обращения: 20.05.2025).

**ZUDINOVA Tatiana Vladimirovna**

Student, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia, Kazan

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of International Relations,  
World Politics and Diplomacy of Kazan (Volga Region) Federal University,  
Candidate of Historical Sciences Penkovtsev Roman Vladimirovich*

## **INTERNATIONAL MECHANISMS AND TOOLS FOR ENSURING INFORMATION SECURITY IN THE CONTEXT OF GLOBAL CHALLENGES**

**Abstract.** *The article examines the problem of international information security in the context of the globalization of the information space and the digital transformation of international relations. The author analyzes the transformational processes in the field of information and communication technologies (ICT) and their impact on the formation of a new type of international relations, where information security is becoming a critical component of global security. The article examines the complex nature of international information security, covering the technical, legal, political, economic, social and psychological aspects of protecting the global information space. Particular attention is paid to the cross-border nature of information threats and the increasing interdependence of national information infrastructures. The paper analyzes the current state of international cooperation in the field of information security, including existing conceptual approaches and national interests. New technological challenges related to the development of artificial intelligence, quantum computing and the Internet of Things are considered, requiring the adaptation of international standards to changing technological realities. The author substantiates the need to form an effective international information security regime based on the principles of multilateralism, inclusiveness and respect for sovereignty, contributing to the safe and sustainable development of the global information space.*

**Keywords:** *international information security, globalization, information and communication technologies, digital space, international cooperation, technological challenges.*

**КОЛЕСОВА Ксения Евгеньевна**

студентка, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,  
Россия, г. Нижний Новгород

## ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК

**Аннотация.** В статье рассматривается концепция цифровой трансформации в цепях поставок и ее влияние на оптимизацию процессов и улучшение эффективности всей системы. Автор изучает важность применения цифровых технологий, таких как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и автоматизация, для ускорения и автоматизации процессов управления цепями поставок. Кроме того, статья обсуждает преимущества цифровой трансформации в цепях поставок, такие как повышение отслеживаемости и контроля, снижение затрат и сокращение временных задержек. Также автор предлагает некоторые существующие технологии цепи поставок для успешной реализации цифровой трансформации. К тому же в статье описываются риски цифровой трансформации в цепях поставок, которые должны быть учтены при ее внедрении.

**Ключевые слова:** цифровизация, цепочка поставок, снабжение, цифровая трансформация, цифровые технологии, снабженческая цепь.

### Введение

Современную экономическую ситуацию в нашей стране можно определить, как нестабильную. В последние годы Российская Федерация столкнулась с непредвиденными проблемами, которые эксперты не могли предсказать. Сектор поставок претерпел наибольшие потери из-за недавних сложившихся обстоятельств. Данный пример подтверждает необходимость разработки гибких и устойчивых цепочек поставок, способных быстро адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам и эффективно функционировать при условиях неопределенности. Одним из важных факторов успеха является цифровая трансформация, которая заключается в активном использовании новых цифровых технологий и инструментов для реорганизации текущих процессов в цепочках поставок. Цепь поставок, как и все экономические процессы за последние годы претерпели цифровую революцию. После прохождения такой ступени цепочка поставок имеет отдельное название – Снабженческая цепь 4.0, также известная как цифровая снабженческая цепь следующего поколения.

### Что такое Снабженческая цепь 4.0?

Снабженческая цепь 4.0 использует передовые технологии, такие как интернет вещей (IoT) – это идея создания сети, которая позволяет физическим объектам, таким как устройства и предметы повседневного использования, взаимодействовать друг с другом или с окружающей средой при помощи встроенных

средств и технологий передачи данных, целью таких сетей является возможность автоматизировать экономические и общественные процессы, минимизировать роль человека в некоторых действиях и операциях, продвинутой аналитика, робототехника, 3D-печать и искусственный интеллект (AI), чтобы создать связанную, интеллектуальную и автономную экосистему снабженческой цепи. Благодаря плавной интеграции этих технологий организации могут оптимизировать свои операции снабженческой цепи и принимать обоснованные решения в режиме реального времени, быстро реагируя на быстро изменяющиеся условия внешней среды.

### Характеристика технологий, определяющих цепочку поставок 4.0:

1. Интернет вещей (IoT): устройства IoT, такие, как датчики и RFID-метки, позволяют собирать и обмениваться огромным объемом данных. Эти данные позволяют организациям получать реальную видимость в свою снабженческую цепь, контролировать уровни запасов, отслеживать отправки и выявлять потенциальные непроработанные места.

2. Продвинутой аналитика: продвинутые аналитические методы, включая предиктивную и прескриптивную аналитику, позволяют организациям принимать решения на основе данных. Анализируя исторические и актуальные данные, компании могут выявить закономерности, прогнозировать спрос, оптимизировать запасы и оптимизировать операции.

3. Робототехника и автоматизация: технологии робототехники и автоматизации улучшают трудоемкие задачи в снабженческой цепи. Автоматизированные системы могут выполнять повторяющиеся и затратные по времени задачи, такие как сортировка, выборка и упаковка. Это позволяет организациям повысить эффективность, снизить ошибки и освободить человеческие ресурсы для более ценных деятельности.

4. 3D-печать: 3D-печать или аддитивное производство имеет потенциал для революции в снабженческих цепях, позволяя производить товары по требованию. Вместо поддержания больших запасов организации могут производить товары ближе к месту потребления, сокращая сроки поставки, транспортные расходы и экологическое воздействие.

5. Искусственный интеллект (AI): алгоритмы на основе искусственного интеллекта могут анализировать большие объемы данных, чтобы выявлять тенденции, закономерности и аномалии. ИИ может оптимизировать операции маршрутизации, планирования и управления запасами, позволяя организациям быстро реагировать на изменения и срывы в снабженческой цепи.

#### **Анализ существующих цифровых технологий в элементах цепочки поставок**

Цепочку поставок можно рассматривать как интегрированную систему, состоящую из таких функциональных элементов, как планирование спроса, снабженческая логистика, куда входит закупки и управление поставщиками, отдельным дальнейшим звеном является управление запасами и складские операции, производство и производственная логистика, сбытовая логистика (транспортировка) и обратная логистика (включая возврат/прием).

В современном цифровом ландшафте управлении цепочкой поставок доступно множество цифровых решений и инструментов. Для систематизации этих возможностей проведена классификация и структуризация по основным процессам в рамках цепочки поставок. Таким образом, выделены цифровые технологии, которые широко применяются в различных процессах и функциях цепочки поставок:

1. Планирование, характеризуется прогнозированием спроса на основе продвинутой аналитики;

2. Снабженческая логистика, разработка и внедрение цифровых платформ для работы с поставщиками, проведение безопасных

транзакций на основе функции «доверительного платежа» на базе технологий block chain;

3. Управление запасами и складирование: автоматические складские системы, автоматизация складских операций, автономные погрузчики, роботизация, радиочастотная идентификация товарных позиций;

4. Производство, трансформация производственных операций на основе роботизации, внедрение цифровых двойников;

5. Сбытовая и обратная логистика: обеспечение прозрачности перемещений, контроль режима движений, мониторинг передвижения, уведомление о трафике, мониторинг загруженности дорог, использование интеллектуальных датчиков для определения и отслеживания температуры двигателя.

#### **Современные проблемы для перехода на снабженческую цепь 4.0.**

В то же время при всей актуальности и необходимости перехода предприятий на цифровую цепь поставок, организации могут встретиться с неопределенными рисками, а именно:

1. Непредсказуемые разрывы в цепях поставок, обусловленные геополитическими играми на международной арене;

2. Сомнительная долговечность новообразованных цепей поставок;

3. Усложнение логистики в глобальных цепях поставок;

4. Введение ограничений для отдельных участников в мировом информационном пространстве;

5. Ограниченный доступ для некоторых участников цепей поставок не только к новейшим технологиям, но и к стандартным программным продуктам, цифровому миру и прочее.

Все вышеперечисленные обстоятельства могут замедлить, затормозить процесс перехода существующей снабженческой цепи на новую ступень цифровизации. Тем самым вызывая ряд негативных последствий, таких как замедлению движения товаров на глобальном уровне, увеличению стоимости конечного продукта, повышению вероятности ошибок, разрывов, поломок и недобросовестного партнерства. Все усилия и инвестиции, вкладываемые в цифровизацию цепей поставок в последние годы, могут быть напрасными, если не будут приняты меры для ее поддержания и развития.

#### **Заключение**

В современном мире управление цепочкой поставок является одним из ключевых

конкурентных преимуществ предприятий, поэтому компаниям следует развивать свой подход к снабженческой цепи, не бояться менять уже привычный, устаревший взгляд на каналы распределения. Цифровизация это инструмент, который поможет организациям быстро адаптироваться к изменяющимся условиям среды и даст больше возможностей для повышения своего потенциала, эффективности, а также для интенсификации своего инновационного резерва. Однако, на пути к цифровой трансформации организации могут столкнуться со множествами вызовами окружающей среды, которые помешают быстрому развитию на предприятии процесса цифровизации.

### Литература

1. Мартинчик А.Н. Информационные технологии в менеджменте цепей поставок / А.Н. Мартинчик, А.В. Ройтштейн, В.Ф. Чемерканов. – Москва: ИНФРА-М, 2021. С. 23-30.
2. Рошкина Я.А. Управление рисками в цепях поставок / Я.А. Рошкина – Москва: Юрайт, 2023. С. 225-240.
3. Фомин, В.И. Применение искусственного интеллекта в цепях поставок / В.И. Фомин – Москва: Юрайт, 2022. – С. 3-12.
4. Tsenzharik M. The digital supply chain: How technology is changing the face of logistics. Atlantis press 2022: P. 12-21.

**KOLESOVA Ksenia Evgenievna**

Student,

Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky,  
Russia, Nizhny Novgorod

## DIGITAL TRANSFORMATION IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

**Abstract.** Digital transformation in supply chain management is the focus of this article, examining its impact on process optimization and overall system efficiency. The author emphasizes the importance of utilizing digital technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and automation to accelerate and automate supply chain management processes. Furthermore, the article discusses the advantages of digital transformation in supply chains, including enhanced traceability and control, cost reduction, and shorter lead times. The author also suggests existing supply chain technologies for successful implementation of digital transformation. Additionally, the article highlights the risks associated with digital transformation in supply chains that need to be considered during its implementation.

**Keywords:** digitalization, supply chain, supply chain, digital transformation, digital technologies.

**КОЛОМОЙЦЕВ Валерий Витальевич**

студент, МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, г. Москва

*Научный руководитель – доцент кафедры практической и прикладной информатики*

*МИРЭА – Российского технологического университета,*

*кандидат педагогических наук Геращенко Людмила Андреевна*

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние цифровизации на развитие современной образовательной среды, начиная с периода COVID-19. Анализируются ключевые технологические решения, используемые в учебных учреждениях: электронные образовательные платформы, системы дистанционного обучения и средства автоматизации учебного процесса. Цифровизация, рассмотрена как факт, способствующий повышению качества обучения, индивидуализации образовательных траекторий и расширению возможностей для взаимодействия между преподавателями и обучающимися. Сформулированы выводы о значимости цифровой трансформации для устойчивого развития системы образования.

**Ключевые слова:** цифровизация, образование, LMS, электронная образовательная среда, дистанционное обучение, цифровая трансформация.

### **Введение**

Современное общество развивается под влиянием стремительной цифровой трансформации. Цифровые технологии становятся неотъемлемой частью экономических, социальных и культурных процессов, что неизбежно влияет и на систему образования. Учебные заведения сталкиваются с необходимостью адаптироваться к новым условиям, внедряя цифровые инструменты и формируя современные образовательные среды.

Цифровизация образования направлена на повышение эффективности учебного процесса, развитие новых форм взаимодействия между участниками образовательного процесса и обеспечение доступности качественных образовательных ресурсов. Особенно актуальным данный процесс стал в условиях массового перехода к дистанционным формам обучения.

Цель работы – проанализировать роль цифровизации в модернизации системы образования и выделить ключевые преимущества и проблемы внедрения цифровых технологий.

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования явились учебные заведения среднего и высшего образования.

Предметом - цифровая трансформация образовательной среды и ее влияние на качество и эффективность образовательного процесса.

В рамках исследования использовались следующие методы:

- контент-анализ, сравнение и обобщение;
- анкетный опрос обучающихся и преподавателей;

Особое внимание во время приведённого исследования уделялось системам дистанционного обучения (LMS) и цифровым сервисам, обеспечивающим индивидуальный подход к обучению.

По итогам дистанционного обучения, начиная с 2020 учебного года проводились опросы, тестирование и анкетирование обучающихся и преподавателей.

Часть результатов приведена на рисунках 1–5.

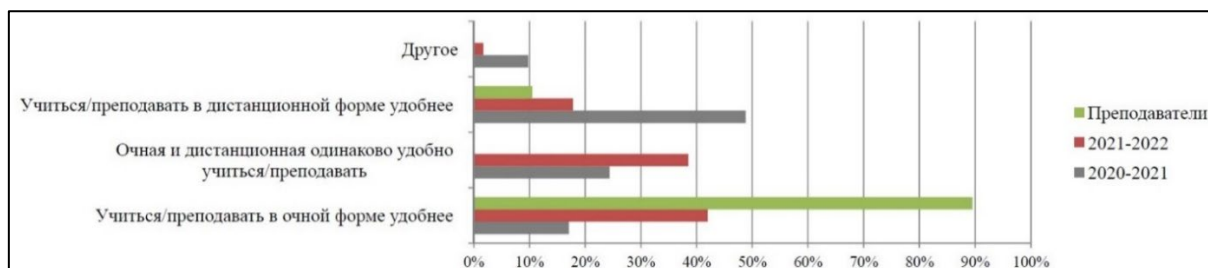


Рис. 1. Отношения преподавателей и обучающихся к формам обучения

При переходе на дистанционный формат обучения, как у обучающихся, так и у преподавателей возникли сложности, связанные с технической составляющей (рис. 2). Наибольшее

количество проблем возникло при использовании платформы для дистанционного обучения в период взаимодействия между преподавателями и учениками.

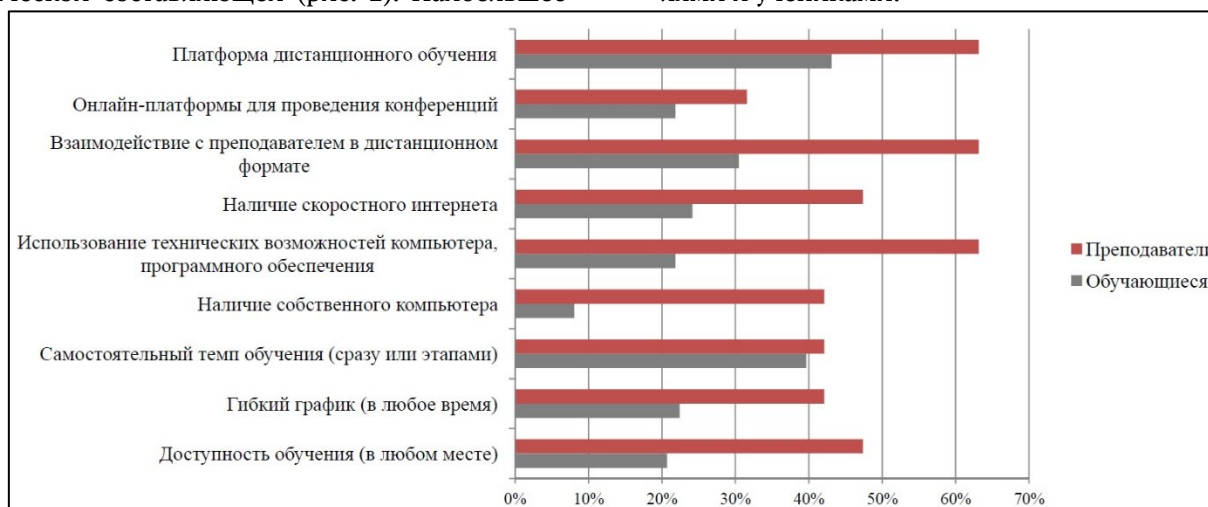


Рис. 2. Сложности при дистанционном формате обучения

Несмотря на то, что дистанционные курсы достаточно понятны, не все опрошенные

согласны с тем, что они могли бы полностью заменить реальные занятия (рис. 3).

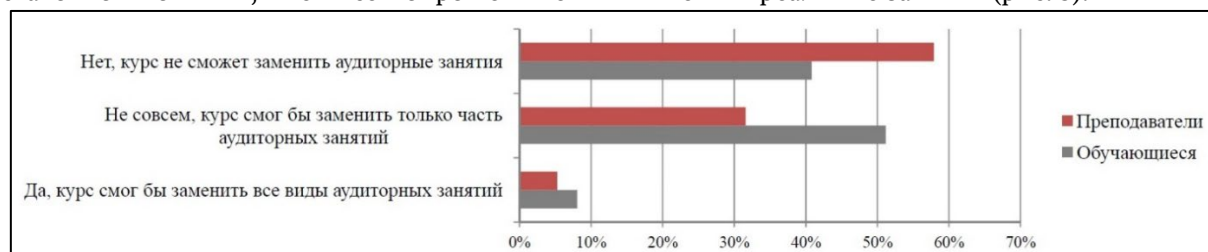


Рис. 3. Отношение по замене аудиторных занятий дистанционным курсом

Студенты, и преподаватели сошлись во мнении, что главное в дистанционном обучении – это налаженное взаимодействие между ними:

- выбор социальных сетей;
- мессенджеры;

- электронная почта и другое.

Однако их взгляды, касающиеся выбора платформ для обмена информацией, во многом отличались, о чем свидетельствуют результаты, представленные на рисунке 4.

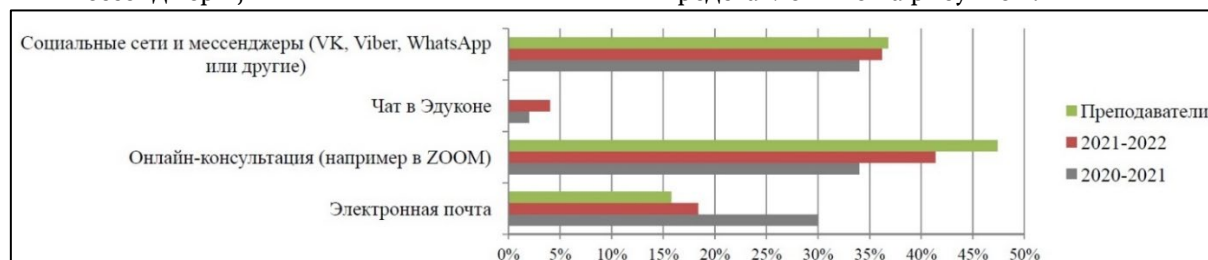


Рис. 4. Предпочтения взаимодействия преподаватель – обучающийся в дистанционном формате



Большинство преподавателей (78,9%) готовы применять дистанционные образовательные технологии (ДОТ) на постоянной основе

только в случае необходимости. Это при том, что они уже используют элементы ДОТ в традиционном очном формате.

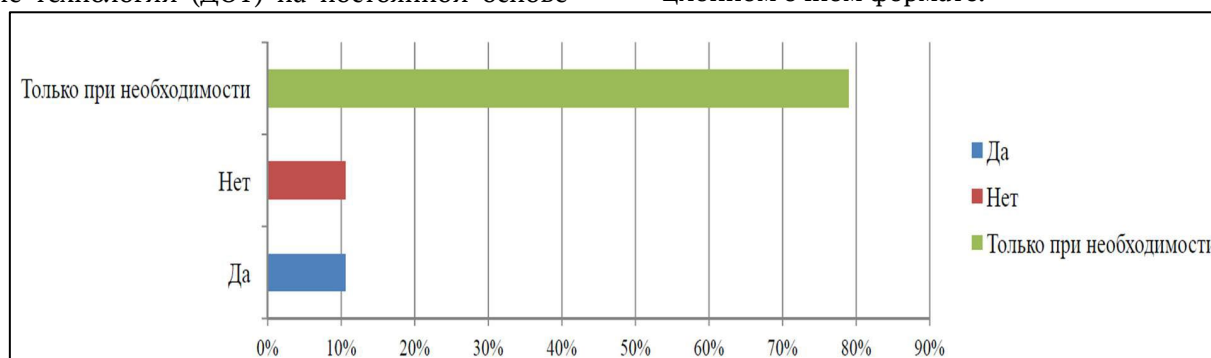


Рис. 5. Использование ДОТ на постоянной основе

Проведённый анализ показал ряд значимых преимуществ:

- повышение доступности образования для людей из разных регионов и социальных групп;
- возможность индивидуализации обучения за счёт адаптивных программ и персонализированных рекомендаций;
- увеличение интерактивности учебного процесса благодаря использованию тестов, симуляторов и мультимедиа;
- автоматизация рутинных процессов (проверка заданий, ведение журналов), что снижает нагрузку на преподавателей;
- расширение возможностей для непрерывного образования и получения новых компетенций в онлайн-формате.

В ходе проведенных исследований были выявлены следующие недостатки и проблемы цифровизации:

- цифровое неравенство – не у всех студентов и преподавателей есть доступ к современной технике и стабильному интернету;
- низкий уровень цифровой грамотности среди части участников образовательного процесса;
- технические и организационные сложности: проблемы с платформами, взаимодействием, устаревшим оборудованием;
- риски кибербезопасности и утечки данных;
- снижение живого общения, что может негативно влиять на коммуникативные навыки и мотивацию.

Отношение к цифровым форматам:

- большинство преподавателей и студентов не готовы полностью отказаться от очного формата в пользу дистанционного;

- гибридная модель признана наиболее эффективной, сочетающей преимущества традиционного и цифрового обучения.

### Заключение

Цифровизация является ключевым направлением развития современной системы образования. Использование цифровых технологий открывает новые возможности для повышения качества обучения, расширяет доступ к образовательным ресурсам и способствует формированию гибкой образовательной среды.

Однако эффективная цифровая трансформация требует комплексного подхода: развития инфраструктуры, повышения цифровой грамотности преподавателей и создания надежных систем защиты данных. В долгосрочной перспективе цифровизация образования становится важным фактором повышения конкурентоспособности образовательных учреждений и подготовки кадров для цифровой экономики.

### Литература

1. «Опыт использования дистанционных образовательных технологий в рамках дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» – <https://research-journal.org/archive/9-123-2022september/10.23670/IRJ.2022.123.6> (дата обращения 20.10.2025).
2. Колин К. Информатизация образования: новые приоритеты / К. Колин // Российский портал информатизации образования. – URL: <https://portalsga.ru/data/2804.pdf> (дата обращения 02.11.2025).
3. Геращенко Л.А. Геймификация и особенности разработки интеллектуальных образовательных тренажеров / Л.А. Геращенко, Д.С. Айсина, Н.Н. Малова // Новое в науке и образовании: Материалы Международной

ежегодной научно-практической конференции, Москва, 04 апреля 2023 года / Отв. редактор Е.В. Дмитриев, сост. Э.Н. Замега. – Ростов-

на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Манускрипт», 2023. – С. 7-23.

**KOLOMOITSEV Valery Vitalievich**

Student, MIREA – Russian Technological University, Russia, Moscow

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

**DIGITALIZATION OF EDUCATION AS A KEY FACTOR  
IN THE DEVELOPMENT OF THE MODERN EDUCATIONAL ENVIRONMENT**

**Abstract.** *The article examines the impact of digitalization on the development of the modern educational environment, starting from the COVID-19 period. It analyzes the key technological solutions used in educational institutions, such as electronic educational platforms, distance learning systems, and automation tools for the educational process. Digitalization is considered as a factor that contributes to improving the quality of education, individualizing educational paths, and expanding opportunities for interaction between teachers and students. The article concludes that digital transformation is essential for the sustainable development of the education system.*

**Keywords:** *digitalization, education, LMS, electronic educational environment, distance learning, digital transformation.*

**КОМОВА Диана Константиновна**

студентка, МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, г. Москва

*Научный руководитель – доцент кафедры практической и прикладной информатики*

*МИРЭА – Российского технологического университета,*

*кандидат педагогических наук Геращенко Людмила Андреевна*

## **LOW-CODE ПЛАТФОРМЫ: СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ БЕЗ ПРОГРАММИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЯ ТОЛЬКО МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность создания программного обеспечения с минимальным или нулевым кодированием на основе моделирования бизнес-процессов и визуальных средств low-code/no-code. Описаны теоретические основы low-code платформ, классификация подходов (визуальное моделирование, генерация кода, BPM/Workflow, интеграционные конструкторы), типичные сценарии применения, ограничения и риски (масштабируемость, безопасность, сопровождение, vendor lock-in). Исследование опирается на обзор литературы, анализ типовых архитектур low-code инструментов и сопоставление требований к ПО, возникающих в разных классах задач. Сделаны выводы о том, при каких условиях возможно создать работающее приложение «без программирования» и какие навыки/ресурсы при этом требуются.

**Ключевые слова:** low-code, no-code, моделирование процессов, BPM, генерация кода, визуальное программирование.

### **Введение**

Современная IT-экосистема стремится снизить порог входа в разработку программного обеспечения. Low-code и no-code платформы предлагают визуальные инструменты для моделирования логики, интерфейсов и интеграций, что даёт возможность непрофессиональным разработчикам (citizen developers) и бизнес-аналитикам быстро создавать прототипы и рабочие решения [1, с. 11-15; 2; 3; 4, с. 45-58]. В то же время возникает вопрос: действительно ли можно «создать программу без программирования», используя только модели процессов и визуальные конструкторы?

Цель статьи – систематизировать знания о подходах low-code/no-code, оценить их возможности и пределы применимости, а также предложить рекомендации для практического использования в корпоративной и стартап-среде.

Актуальность темы определяется ростом спроса на быстрые решения, дефицитом разработчиков и необходимостью интеграции бизнес-процессов с цифровыми сервисами. При этом важно критически оценивать утверждения маркетинга платформ: не всегда визуальное моделирование компенсирует сложность

архитектуры и требования к качеству кода и безопасности [7].

### **Литературный обзор**

В литературе и отраслевых отчетах выделяются два соседних направления: low-code (позволяет писать/генерировать код частично) и no-code (ориентирован на пользователей без навыков программирования) [6]. Работы по BPM и управлению бизнес-процессами дают теоретическую основу для использования моделей процессов как описания поведения приложений [4, с. 45-58]. В ряде исследований анализируется роль citizen developers и организационные практики, необходимые для внедрения low-code платформ (управление версиями, тестирование, DevOps-процессы) [7; 8, с. 249-254].

Практические примеры и учебные материалы показывают, что простые CRUD-приложения, формы, рабочие процессы согласования и лёгкие интеграции с API чаще всего успешно реализуются средствами low-code/no-code. Однако для задач с высокой логикой, требованиями к производительности, кластеризации или сложной интеграцией часто требуется «ручной» код и квалифицированные разработчики [5, 7].

## Результаты и итоги исследования

В ходе работы и изучения и анализа литературы и архитектурных паттернов low-code инструментов были сопоставлены возможности платформ с набором типовых задач (формы, правила, интеграции, масштабируемые сервисы).

В качестве критериев оценки были выделены:

- возможность создания пользовательского интерфейса (UI) визуально;
- средства описания бизнес-логики (правила, процессы, триггеры);
- механизмы интеграции с внешними системами (API, базы данных);
- варианты развертывания и масштабирования (облако/он-прем);
- поддержка тестирования и контроля версий;
- безопасность, управление доступом и соответствие требованиям (compliance).

Проведена классификация платформ в ходе, которой выделена следующие группы:

- BPM/Workflow платформы; Low-code RAD (rapid application development) с UI-дизайнером и генератором кода;
- No-code конструкторы; Integration platforms (iPaaS);
- «Hybrid» платформы, комбинирующие визуальную модель и возможность вставки пользовательского кода.

В ходе исследования были выявлены возможности существования интерфейсов без программирования, а также:

1. Формы и CRUD-интерфейсы. Полноценные формы ввода, валидация, сохранение в БД, фильтры и таблицы – реализуются быстро визуально.

2. Процессы согласования. Бизнес-процессы (сценарии «отправить на согласование → очереди задач → уведомления») естественно моделируются в BPM-инструментах.

3. Простые интеграции. Подключение к REST API и базам через встроенные коннекторы – возможно без кода при наличии готовых коннекторов.

4. Прототипы и MVP. Для проверки гипотез и создания MVP такие платформы подходят особенно хорошо.

Выделены ограничения и задачи, требующие кодирования:

1. Сложная бизнес-логика. Алгоритмы обработки, оптимизации, специализированные расчёты обычно требуют написания кода.

2. Производительность и масштабирование. Высоконагруженные сервисы и распределённые системы требуют архитектурной настройки, кастомного кода и профильной оптимизации.

3. Безопасность и комплаенс. Стандарты шифрования, аудит, сертификация требуют дополнительных мер, которые не всегда покрываются платформой.

4. Тонкая интеграция/нестандартные протоколы. Если нужен особый протокол или нестандартная интеграция, без программиста не обойтись.

5. Сопровождение и технический долг. Даже полностью визуальные решения со временем требуют поддержки, исправлений и доработок, для чего лучше иметь доступ к коду/логам.

Модели процессов (BPMN, UML activity diagrams) отлично подходят для формализации бизнес-требований и служат хорошим входным форматом для автоматизации. Однако сама модель не всегда однозначно транслируется в производительный и безопасный код – нужен слой исполнения, который реализует engine, транзакции, интеграции и масштабирование.

Если задача – быстро автоматизировать согласования, формирование простых отчётов, внутренние порталы, CRM-процессы – low-code часто даёт конкурентное преимущество: скорость внедрения, участие бизнес-пользователей, экономия на разработке. Однако при росте требований по надёжности, интеграциям, безопасности и нагрузке, платформа становится узким местом и требует перехода к традиционной разработке или гибридной архитектуре.

Обозначим лучшие практики внедрения:

- Использовать low-code для prototyping и внутренних инструментов.
- Выделять «границы ответственности» – что остается на платформе, что делается через сервисы.
- Обеспечить доступ к коду/экспорт модели и CI/CD-процессы.
- Организовать управление изменениями и обучение citizen developers.
- Планировать миграцию: предусмотреть возможность рефакторинга в код при росте требований.

Риски vendor lock-in и качества артефактов. Многие платформы используют собственные форматы, что усложняет перенос приложений.

Кроме того, сгенерированный код иногда трудно тестировать и оптимизировать напрямую – это важный фактор при выборе платформы.

### Заключение

Подводя итоги проведенного исследования, можно утверждать, что создание программы без программирования возможно для ограниченного класса задач: формы, согласования, внутренние порталы, простые интеграции и MVP. Для этих сценариев модели процессов и визуальные инструменты позволяют обойтись без написания традиционного кода.

Существуют ограничения для задач с высокой логикой. Рекомендуется: использовать low-code как инструмент ускорения разработки и вовлечения бизнеса, проектируя архитектуру с учётом возможной миграции и наличия квалифицированных разработчиков.

В дальнейшем планируется проведение исследования по сравнению производительности и TCO (total cost of ownership) приложений, созданных на low-code vs традиционными средствами, а также исследования по сопровождению и безопасности таких систем.

### Литература

1. Ахмедова Х.Г. Разработка качественных требований к программным системам / Х.Г. Ахмедова, Л.А. Геращенко // Экономика и

общество России: национальные интересы и направления развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Саратов, 18 ноября 2024 года. – Саратов: ООО «Амирит», 2024. – С. 11-15.

2. ГОСТ Р 7.0.5-2018. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

3. Иванова Т.П. Управление ИТ-проектами и citizen development. – СПб.: Питер, 2020. – 198 с.

4. Киселев А.В. Эволюция платформ разработки приложений: low-code и no-code // Информационные технологии. – 2021. – № 3. – С. 45-58.

5. Отраслевые отчёты по платформам low-code/no-code (Mendix, OutSystems, Microsoft Power Platform).

6. Румянцев С.А. Информационные системы: проектирование и внедрение. – М.: Наука, 2018. – 256 с.

7. Шестаков В.Н. Моделирование бизнес-процессов: BPMN и практика. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 312 с.

8. Обоснование и разработка требований к программным системам: рекомендации и технологии / А.В. Овсянникова, Х.Г. Ахмедова, Л.А. Геращенко, А.А. Копанева // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2025. – № 1. – С. 249-254.

**KOMOVA Diana Konstantinovna**

Student, MIREA – Russian Technological University, Russia, Moscow

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

## LOW-CODE PLATFORMS: CREATING PROGRAMS WITHOUT PROGRAMMING, USING ONLY PROCESS MODELS

**Abstract.** This article examines whether software can be created without programming by relying on process modeling and low-code/no-code platforms. It presents theoretical foundations, taxonomy of approaches (visual modeling, code generation, BPM/workflow, integration builders), typical use cases, limitations and risks (scalability, security, maintenance, vendor lock-in). The study is based on a literature review and comparative analysis of typical low-code architectures. Conclusions specify conditions under which a working application can be built without traditional programming and what skills/resources are required.

**Keywords:** low-code, no-code, process modeling, BPM, code generation, visual programming.

# АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

**БУРНЫШЕВА Полина Андреевна**

магистрантка,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

Россия, г. Пермь

*Научный руководитель – старший преподаватель*

*Пермского национального исследовательского политехнического университета*

*Волгин Александр Леонидович*

## **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВИДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

**Аннотация.** В статье рассматривается выбор оптимальных видов неразрушающего контроля в строительной экспертизе. Обоснована необходимость разработки комплексных критериев оценки эффективности видов с учётом специфики объектов, типов дефектов и технико-экономических показателей. Представлены рейтинговые оценки основных видов неразрушающего контроля (ультразвукового, магнитного, электрического.) по ключевым параметрам.

**Ключевые слова:** строительство, методы неразрушающего контроля, экспертиза, материалы, диагностика.

**Н**еразрушающий контроль (НК) – область науки и техники, охватывающая исследование физических принципов, разработку, совершенствование и применение методов, средств и технологий технического контроля объектов, не разрушающего и не ухудшающего их пригодность к эксплуатации [1].

Современные строительные объекты становятся все сложнее, требования к их надежности, долговечности и безопасной эксплуатации постоянно возрастают. В этих условиях использование неразрушающих видов экспертизы приобретает особую важность, позволяя проводить комплексное диагностирование зданий без разрушения и нарушения их эксплуатационных характеристик [2, с. 182]. Такие виды контроля обеспечивают своевременное выявление дефектов, оценку технического состояния конструкций и прогноз их дальнейшей эксплуатации, что способствует снижению затрат на капитальный ремонт и профилактику аварийных ситуаций. Применение технологий неразрушающего контроля не только повышает

точность и объективность получаемых данных, но и способствует формированию системы мониторинга за состоянием строительных объектов, что критически важно для обеспечения их долгосрочной надежности и сохранности в условиях современного рынка и требований нормативной базы [3]. Неразрушающие виды контроля (НК) позволяют проводить как всестороннюю, так и выборочную проверку объектов, что обеспечивает получение подробной информации о их фактическом состоянии [5, с. 282]. Вместе с тем эти виды не являются универсальными: каждый из них ориентирован на выявление определённого класса дефектов, вследствие чего при обследовании возможны как обнаружения, так и пропуски дефектов. Надёжность дефектоскопии определяется поставленными практическими задачами и зависит от множества факторов – свойств материала, конструктивных особенностей и состояния поверхности объекта, природы и расположения дефектов, условий эксплуатации и проведения контроля, а также

технико-экономических характеристик используемых методов [6]. По физическим принципам реализации наиболее широко в строительстве применяются магнитный, радиационный (рентгеновский), тепловой, электрический.

Разработка критериев дифференцированного применения неразрушающих видов строительной экспертизы требует учета комплекса факторов, влияющих на эффективность проведения диагностики. В первую очередь, необходимо определить параметры исследуемых конструкций, условия проведения экспертизы, а также специфику выявляемых дефектов и их степень риска. Ключевым аспектом является подбор методов, наиболее адекватных для конкретных целей исследования, что предполагает анализ их точности, чувствительности и ограничений. Важной составляющей является оценка технических условий и возможностей лабораторий, а также квалификации специалистов, осуществляющих проведение экспертиз. Согласованность выбранных методов с нормативной документацией и стандартами, такими как ГОСТ и СНиП, также является обязательным условием для их рациональной апробации.

В качестве примеров критериев оценки эффективности использования неразрушающих

видов можно выделить показатели точности, чувствительности. Для оценки эффективности применяемых видов также используют такие критерии, как временные затраты, стоимость проведения экспертиз и уровень технической оснащенности лабораторий. Важной составляющей является внедрение системы стандартизации и контроля качества, позволяющей сравнивать результаты разных исследований и обеспечивать их надежность. Использование систем оценки позволяет выявлять наиболее подходящие виды контроля с учетом дефектов и материалов, что способствует повышению точности и эффективности экспертизы [5]. Такой подход позволяет не только выбирать оптимальные виды контроля для конкретных ситуаций, но и разрабатывать критерии, основанные на количественных и качественных показателях, направленных на повышение обоснованности и воспроизводимости результатов экспертизы.

На основе детального анализа их технико-экономических характеристик было проведено ранжирование этих видов по уровню их эффективности на примере коррозии арматуры в железобетонной колонне (табл.).

Рейтинговые оценки методов дефектоскопии описаны в таблице (табл.).

Таблица

Рейтинговая оценка методов неразрушающего контроля

Вид контроля	Рейтинг метода по показателям				Общий
	Чувствительность	Погрешность	Трудоёмкость	Стоимость	Рейтинг
Ультразвуковой	4	1	2	2	2
Магнитный	3	2	2	3	1
Электрический	2	2	1	2	3

Примечание: оценки от 1 до 5 соответствуют уровню от низкого до высокого.

На основании рейтинговой оценки методов неразрушающего контроля (табл.) и особенностей задачи по обнаружению коррозии арматуры в железобетонной колонне можно сформулировать следующие выводы:

Ультразвуковой вид контроля показывает наивысшую чувствительность, что делает его критически важным для раннего выявления коррозии арматуры и микротрещин в защитном слое бетона. Благодаря высокой чувствительности вид фиксирует даже незначительные дефекты, способные со временем превратиться в серьёзные проблемы. В то же время он более затратен и трудоёмок, поэтому при

планировании обследования необходимо учитывать финансовые и временные ограничения.

Магнитный вид занимает промежуточную позицию по совокупности показателей и представляет собой компромиссный выбор. Он эффективен для ферромагнитной арматуры, позволяет обнаруживать дефекты на поверхности и близко под ней, но по точности уступает ультразвуку. В общем рейтинге магнитный контроль оценивается как умеренно эффективный.

Электрический вид характеризуется меньшей чувствительностью, однако он проще в исполнении и имеет средние затраты. Из-за

ограниченной точности электрический вид не годится для детальной оценки состояния арматуры и поэтому менее эффективен при изолированном применении.

Оптимально использовать комбинированный подход. Сначала выполнить экспресс-скрининг электрическим видом контроля, чтобы выделить потенциально проблемные участки, затем провести углублённую диагностику этих участков ультразвуком для измерения толщины защитного слоя, оценки состояния арматуры и поиска микротрещин. Магнитный вид контроля может служить дополнительным инструментом в случаях ограничения ресурсов как более экономичная альтернатива ультразвуковой проверке.

Оптимизация выбора видов контроля и процедур проведения строительных экспертиз требует формирования четких критериев оценки эффективности и безопасности используемых технологий. В первую очередь, необходимо учитывать специфику объекта оценки, его конструктивные особенности, степень износа и исторические данные о строительстве. Это позволяет исключить из практики излишне ресурсоемкие или неподходящие виды, сосредоточившись на наиболее подходящих для конкретных условий. Кроме того, существенным аспектом является соблюдение баланса между точностью полученных данных и затратами времени и ресурсов.

Концепция рационального использования неразрушающих видов подразумевает внедрение системы приоритетов, основанной на анализе вероятных дефектов и их характеристик, что позволяет минимизировать необходимость проведения дорогостоящих разрушительных исследований. Важной рекомендацией является предварительный скрининг объекта с помощью быстрых и недорогих методов, таких как георадарная диагностика, который помогает определить участки, требующие

более глубокого анализа. Также важно учитывать возможности автоматизированных систем данных, позволяющих интегрировать результаты различных методов, тем самым повышая точность и надежность диагностики. Эти подходы способствуют не только повышению эффективности экспертизы, но и увеличивают ее объективность и воспроизводимость, что в конечном итоге способствует повышению уровня строительной безопасности и долговечности обслуживаемых сооружений.

Для эффективного внедрения рациональных неразрушающих видов в практику строительной экспертизы рекомендуется разработать комплекс стандартных процедур и критериев выбора методов в зависимости от конкретных условий объекта и целей исследования. Особое внимание следует уделять повышению квалификации специалистов через регулярные тренинги и практические семинары, что позволит повысить уровень компетентности и адаптивности к новым методикам.

### Литература

1. ОСТ Р 53697-2009.
2. Авдеева И.А. Теоретико-методологические аспекты управления социальной сферой как социально-экономической системой в условиях формирования конкурентных отношений: дис. канд. экон. наук. Саратов, 2004. 182 с.
3. Королев А.Е., Бобров А.Д. Рациональное применение неразрушающих методов строительной экспертизы // StudNet. 2022.
4. Королев А.Е., Бобров А.Д. Характеристика применяемости строительного контроля // E-Scio. 2021.
5. Пахомов В.И., Петрова Г.П. Логистика. М.: Проспект, 2006. 232 с.
6. Поливаева И.А., Сютко В.А. Социальные проблемы молодежи Белгородской области // Современные аспекты науки и образования. 2015.



**BURNYSHEVA Polina Andreevna**

Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm

*Scientific Advisor – Senior Lecturer at Perm National Research Polytechnic University*

*Volgin Alexander Leonidovich*

## **DIFFERENTIATED APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS DURING CONSTRUCTION EXPERTISE**

**Abstract.** *The article discusses the selection of optimal types of non-destructive testing in construction expertise. The necessity of developing comprehensive criteria for assessing the effectiveness of types, taking into account the specifics of objects, types of defects, and technical and economic indicators, is substantiated. Rating assessments of the main types of non-destructive testing (ultrasonic, magnetic, and electrical) based on key parameters are presented.*

**Keywords:** *construction, non-destructive testing methods, expertise, material, diagnostics.*

**ЛАРИН Юрий Владимирович**

магистрант,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

**КУЦ Елена Владиславовна**

кандидат технических наук, доцент,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные гальванические цеха. Играющие ключевую роль в производственных процессах, связанных с обработкой металлов, нанесением покрытий и другими технологическими операциями, требующими применения электрохимических методов. В условиях постоянного роста производственных мощностей и увеличения объемов выпускаемой продукции, вопросы, касающиеся обеспечения безопасной и комфортной рабочей среды, становятся особенно актуальными.

**Ключевые слова:** система вентиляции, гальванический цех, качество воздуха, нормы вентиляции гальванического цеха.

Основными показателями воздушно-теплого комфорта помещений являются чистота (качество) воздуха и параметры микроклимата, обеспечиваемые системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Качество воздуха в помещении зависит от многих факторов: качества наружного воздуха, наличия в помещении источников загрязнения, мощности и расположения этих источников, способа и конструкции системы вентиляции, способов управления и качества эксплуатации этой системы и т. п.

Воздух в помещении не должен содержать загрязняющие вещества в концентрациях, опасных для здоровья человека или вызывающих дискомфорт. К подобным загрязнениям в помещениях общественных зданий относятся: различные газы, пары, микроорганизмы, табачный дым и некоторые твердые частицы (пыль). Загрязняющие вещества могут попадать в помещения вместе с наружным приточным воздухом, от источников загрязняющих веществ в помещении, в т. ч. продуктов жизнедеятельности людей, технологических процессов, мебели, строительных материалов и покрытий.

Нормы вентиляции гальванического цеха закреплены в ряде документов: СП 60.13330.2020 [1], ГОСТ Р 58431-2019 [2].

Этапы гальванического покрытия:

- Подготовка изделия: деталь тщательно очищается от загрязнений и обезжиривается для обеспечения лучшего сцепления покрытия с поверхностью.
- Подготовка электролита: ванна заполняется раствором электролита – раствора солей металла, который будет наноситься в качестве покрытия.
- Сборка установки: в ванну помещают обрабатываемое изделие (катодом) и анод, изготовленный из того же металла, которым будет покрываться деталь.
- Подключение к источнику тока: изделие (катод) подключается к отрицательному полюсу, а анод – к положительному полюсу источника постоянного тока.
- Процесс нанесения покрытия: при включении тока происходит электрохимическая реакция: ионы покрывающего металла из раствора переносятся к катоду (изделию) и осаждаются на его поверхности, образуя тонкую пленку.
- Завершение: после достижения нужной толщины слоя покрытие снимается с источника питания, извлекается из ванны, промывается и сушится. [5]



Рис. Современные технологии вентиляции в гальванических цехах

Вентиляция гальванических цехов является важным аспектом обеспечения безопасности и здоровья работников. В процессе гальванических работ выделяются вредные вещества, которые могут значительно ухудшать качество воздуха и вредить здоровью. Проблема устаревшего оборудования и его высокой степени износа требуют внедрения новых технологий и систем вентиляции.

Современные технологии направлены на улучшение процессов воздухообмена. Использование высокоэффективных вентиляционных систем, оснащённых диаметрными вентиляторами, обеспечивает равномерное распределение воздушного потока по длине и ширине гальванических ванн. Такой подход минимизирует концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны и способствует улучшению условий труда. При этом важно уделять внимание не только проектированию системы, но и её эксплуатационным характеристикам, что позволяет существенно повысить эффективность работы [3].

Разработка математических моделей и методов расчёта обеспечивает оптимальные условия вентиляции в потенциально взрывоопасных помещениях. Сложность таких систем заключается в необходимости учитывать различные переменные, включая химический состав растворов, плотность тока, и параметры окружающей среды. Применение таких моделей позволяет значительно повысить безопасность на производстве, а также сократить временные затраты на проектирование систем вентиляции.

Принимая во внимание экологические аспекты, современные технологии защиты

рабочей зоны от выбросов электролитов становятся все более актуальными. Важно учитывать не только характеристики вентиляционных систем, но и влияние различных факторов на уровень выбросов. Оптимизация условий работы не только для работников, но и для окружающей среды создает увеличение устойчивости гальванического производства [4].

Некоторые решения предлагают использование новых вентиляционных систем, мониторинг которых показал их эффективность по сравнению с устаревшими аналогами. Научные исследования показывают, что внедрение современных систем, хорошо спроектированных под условия конкретного производства, приводит к существенным улучшениям в качестве воздуха внутри помещений. Это, в свою очередь, ведёт к увеличению производительности и улучшению рабочего климата.

Наиболее эффективные системы вентиляции должны сочетать в себе высокую производительность и низкие эксплуатационные расходы. Применение новых технологий, таких как энергосберегающие решения, позволяет значительно снизить затраты на электричество, а также уменьшить выбросы вредных веществ. Это важно как для экологической устойчивости, так и для снижения затрат на производство и безопасность.

Таким образом, успешность процесса внедрения современных технологий вентиляции недостаточно оценивать только по количественным показателям эффективности; важно оценить также их влияние на здоровье работников и окружающую экосистему. Постоянные исследования в данной области, связанные с новыми технологическими решениями,

потенциально могут привести к значительным улучшениям в работе гальванических цехов.

### Литература

1. СП 60.13330.2020 URL: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (дата обращения: 14.10.2025).

2. ГОСТ Р 58431-2019 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200165946> (дата обращения: 12.10.2025).

3. Сычева Е.М., Бакланова А.В. Проблемы системы вентиляции гальванического производства машиностроительного предприятия // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 12. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sistemy-](https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sistemy-ventilyatsii-galvanicheskogo-proizvodstva-mashinostroitel'nogo-predpriyatiya)

[ventilyatsii-galvanicheskogo-proizvodstva-mashinostroitel'nogo-predpriyatiya](https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sistemy-ventilyatsii-galvanicheskogo-proizvodstva-mashinostroitel'nogo-predpriyatiya) (12.10.2025).

4. Нагорная А.Н., Сорокина Н.Г., Кузьменко А.Д. Энергосберегающие решения при реализации проектных решений по вентиляции гальванического производства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayushchie-resheniya-pri-realizatsii-proektnykh-resheniy-po-ventilyatsii-galvanicheskogo-proizvodstva> (28.10.2025).

5. URL: <https://www.elhim-doc.ru/stati/65-podgotovka-poverhnosti-materiala-k-galvanicheskomu-pokrytiyu> (дата обращения: 12.10.2025).

**LARIN Yuri Vladimirovich**

Master's Student,

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Russia, St. Petersburg

**KUTZ Elena Vladislavovna**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Russia, St. Petersburg

## THEORETICAL ASPECTS OF GALVANIC WORKSHOP VENTILATION

**Abstract.** *The article discusses modern electroplating workshops. They play a key role in production processes related to metal processing, coating and other technological operations requiring the use of electrochemical methods. With the steady growth of production capacities and an increase in output volumes, issues related to ensuring a safe and comfortable working environment are becoming particularly relevant.*

**Keywords:** *ventilation system, electroplating workshop, air quality, ventilation standards of the electroplating workshop.*

**НЕЗВИЦКАЯ Татьяна Викторовна**

кандидат архитектурных наук, начальник отдела научно-методической работы,  
Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник «Кижи»,  
Россия, г. Петрозаводск

**ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА  
ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

**Аннотация.** Актуальность данной работы обусловлена необходимостью сохранения историко-культурной ценности памятников деревянного зодчества при проведении работ по их приспособлению для современного использования. Целью исследования является выявление оптимального приспособления памятников без утраты их архитектурной и исторической ценности. Проводится анализ допустимых изменений в памятнике при таких работах как прокладка инженерных сетей и установка систем безопасности. Обсуждаются требования к объемно-планировочным решениям, конструкции и материалам, а также меры по обеспечению пожарной безопасности объекта. В результате выявлены допустимые виды изменений при условии сохранения исходных конструктивных особенностей, таких как прокладка инженерных сетей и установка систем безопасности. Показано, как важно соблюдать баланс между модернизацией и сохранением объемно-планировочных решений памятника. На основе проведенного анализа сделаны выводы о необходимости междисциплинарного подхода и строгого соблюдения нормативных требований, что способствует сохранению культурного наследия и обеспечения дальнейшей эксплуатации в современных условиях.

**Ключевые слова:** памятники деревянного зодчества, приспособление, инженерные системы, молниезащита, критерии, нормы.

Во всем мире памятники истории и культуры приспособляют под современные условия жизни, в том числе и памятники деревянного зодчества. Несмотря на законодательную возможность приспособления памятников проблема осуществления этой деятельности, как на практике, так и в теории заслуживает отдельного внимания. С одной стороны, при эксплуатации исторического памятника, он включается в культурный и экономический оборот, его техническое состояние поддерживается, что важно для его сохранности, с другой стороны, при выполнении работ по приспособлению объекта происходит активное воздействие на его материальную структуру в соответствии с современными нормами. Поэтому определение границ и условий вмешательства в памятник деревянного зодчества заслуживает пристального внимания исследователей, архитекторов, историков, реставраторов, инженеров. Цель исследования – определить оптимальные подходы к приспособлению памятников для обеспечения их безопасной эксплуатации без утраты архитектурной и исторической ценности. В исследовании применены научные методы, такие как наблюдение, изучение,

обобщение опыта и анализ выполненных работ по адаптации.

«Приспособление» памятников деревянного зодчества, а именно церковных сооружений началось задолго до нашего времени, в XIX веке изменения конструктивных и архитектурных элементов были продиктованы как требованием времени, так и нормированием строительной деятельности. У прихожан, местных чиновников, духовенства, общества было сформировано утилитарное отношение к церквям и часовням, а также когнитивное отсутствие понятия «памятник истории», что позволило выполнять практически без ограничений любые работы. Во второй половине XIX века начинают формироваться требования к сохранению памятников истории и культуры. Строительным уставом, Урочным положением, образцовыми проектами и отдельными указами регулируются как строительство, так и ремонты.

Разрешение на ремонты церквей выдавала Олонецкая Духовная Консистория и строительные ведомства: Министерство внутренних дел до 1830 г.; Главное управление путей сообщения и публичных зданий с 1830 г. по 1860 г.;

технико-строительный комитет при Министерстве внутренних дел с 1860 года [5, с. 78]. В Заонежье только однажды Императорской археологической комиссией было запрещено заменять лемеховое покрытие глав церкви Покрова Пресвятой Богородицы на оцинкованное железо ввиду ценности и древности церкви [4, с. 109].

Выполненным в XIX веке работам была дана негативная оценка во второй половине XX века. Причина тому изменения архитектурно-конструктивных решений и замыслов зодчих, создавших эти объекты: увеличения оконных и дверных проемов, демонтаж стен между модельным помещением и трапезной, обшивка наружных стен тесом и их окраска, изменение традиционного декора, обивка шпалерами и обоями внутренних стен. Можно следующим образом классифицировать изменения, внесенные в памятник в этот период:

- конструктивные изменения;
- архитектурные изменения;
- изменения объемно-планировочных решений;
- изменение историко-архитектурной среды (устройство ограждений, малых форм и др.).

Поэтому во второй половине XX века главенствовала методика реставрации А. В. Ополовникова, которая заключалась в создании оптимального архитектурного облика народного деревянного памятника. С целью достижения народного облика памятника деревянного зодчества были демонтированы и не зафиксированы позднейшие наслоения XIX века [7, с. 7]. При реставрации демонтировалась обшивка, заменялись архитектурные детали и элементы XIX века на более архаичные. При реставрации памятников деревянного зодчества проводились минимальные работы по их приспособлению, сохранялся древний, народный облик объекта.

Приспособление церковных памятников деревянного зодчества со второй половины XX века происходило в основном с целью музеефикации объектов. Реставрационные работы в основном проводились без разборки, и они не оказывали влияния на подлинность памятников, а раскрывали его древние черты. К концу XX века и в начале XXI века преимущественно выполнялась фрагментарная реставрация, и сохранялись позднейшие наслоения как свидетельства строительной истории объекта.

В XXI веке в связи с активным развитием экономики в России работы по приспособлению памятников деревянного зодчества стали выполняться более активно. В основном работы по приспособлению объектов проводятся в следующих направлениях:

1. Защита памятника деревянного зодчества от пожара и от проникновения.
2. Защита посетителей, находящихся в памятнике.
3. Создание современных условий для использования объекта.

Заказчик или пользователь при подготовке технического задания для разработки проекта приспособления церкви или часовни выбирает одно из двухвекторных направлений: использование объекта по историческому назначению или придание ему современной функции. Новое назначение памятника не должно изменять его объемно-планировочную структуру. Однако, изменение исторических планировок возможно, если в предмет охраны они не были включены и не являются ценными для объекта.

При приспособлении памятников под выставочные залы, офисы и жильё, часто изменяются исторические планировки. В основном изменение внутренних планировок связано с объединением помещений и демонтаже «не несущих» стен, которые не имеют конструктивной нагрузки. В исключительных случаях выполняется демонтаж «несущей» стены, который сопровождается предварительным расчетом конструкций с учетом новых планировок и проводится экспертиза проектной документации. При игнорировании этого требования могут появиться деформации памятника, и даже обрушение отдельных конструкций. Поэтому так важно выбрать оптимальную функцию для памятника, которая позволит сохранить его индивидуальные особенности [8].

Изменение объемно-планировочных решений памятника с 2014 года [12] было разрешено исключительно при проведении работ по сохранению объекта культурного наследия. Если при реставрации усматривается влияние работ на надежность и безопасность объекта культурного наследия, то должны выполняться современные строительные требования к конструкциям объекта. Насколько работы по приспособлению затрагивают конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности данного объекта культурного наследия, определяет проектная организация. В основном работы по сохранению памятников не

затрагивают конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности.

При строительстве этих объектов 200–400 лет назад не существовало подобных строительных требований, поэтому архитектурно-конструктивные решения зодчих часто не отвечают современным строительным нормам. Исторические объекты имеют конструктивные отклонения от современных норм по: надежности и конфигурации конструкций, пожарной безопасности, прокладке и эксплуатации инженерных сетей, наличию молниезащиты, что не позволяет их эксплуатировать в музейных целях.

«Приспособление к новой функции предусматривает обеспечение необходимыми группами помещений и оборудование инженерными коммуникациями, которые в минимальной степени нарушали бы и эстетическую, и конструктивную целостность здания, то есть более гибкого подхода к соблюдению нормативов, которые обязательны для нового строительства» [9, с. 447]. При критическом несоответствии конструкций памятника современными строительными нормами разрабатываются специальные технические условия, которые содержат перечень отступлений от норм и разработанные компенсирующие мероприятия.

Условия и границы применения деятельности по приспособлению объекта для современного использования теоретически можно ограничить критериями вмешательства в материю памятника и определить их с помощью анализа оценки влияния работ по приспособлению на историко-культурную ценность памятника. Как считает Е. С. Кузнецова «выявление всех ценностей памятника архитектуры и осознание их масштаба позволяет понять, что необходимо сохранить, чем можно пожертвовать, а что стоит развивать» [6, с. 70].

Юридическим критерием вмешательства могут быть локальные акты: предмет охраны, охранное обязательство и акты более широкого действия, такие как номинационные критерии включения объектов в Список Всемирного наследия и международные нормы. Эти критерии не могут описать все ограничения по приспособлению памятника. К тому же и отношение к ценностным характеристикам памятника динамически развиваются во времени и то, что не представляло ценным в настоящее время, может быть важным через 30–50 лет. Эксперт по проведению государственной историко-

культурной экспертизы Минкультуры России Федосеева Елена Михайловна в своей статье отметила «о необходимости урегулирования на государственном уровне данного аспекта (обоснования историко-культурной ценности)» [10, с. 67].

Следует и дальше изучать опыт приспособления, например дискуссионное мнение Бердуги Ю. М., что приспособление «является самым универсальным и всеобъемлющим способом сохранения наследия» требует дополнительных исследований и обсуждений [3, с. 48]. Предложенные автором критерии приспособления включают три категории, зависящие от историко-культурного значения объекта. Первая категория – объекты государственного значения, такие как памятники ЮНЕСКО, приспособление, которых возможно только для защиты объекта и без изменения объемно-пространственных характеристик. Вторая категория – памятники регионального значения, объект культурного наследия используется в практических целях и подлежит приспособлению и может быть частично изменен предмет охраны. Третья категория – памятники местного значения, где возможны изменения объемно-пространственных характеристик. В заключении автор статьи согласился, что необходимо разработать рекомендации по приспособлению для разнообразных видов объектов культурного наследия [3, с. 50].

Приспособление памятника для современного использования в основном происходит путем прокладки инженерных сетей на объекте. Необходимо учитывать следующие принципы и критерии при прокладке инженерных сетей:

- ввод инженерных сетей в здание и переход из одного помещения в другое должен прокладываться с учетом минимального вмешательства в исторический материал, чтобы сети прошли в существующих отверстиях или в отверстиях новых заменяемых деревянных элементах и в исключительных случаях в типовых не ценных элементах памятника, где отсутствуют исторические следы;
- желательно сделать 3-д модель прокладки инженерных сетей на объектах культурного наследия;
- рассмотреть все системы и оборудование, которое будет смонтировано с учетом их оценки по габаритам, цвету и месту размещения;

- должно быть, несколько вариантов прокладки сетей, которые необходимо оценить на самом объекте с учетом первого критерия (см. выше) и историко-культурной ценности памятника;
- выполнить оценку рисков утраты историко-культурной ценности объекта из предложенных вариантов приспособления.

Ввод сетей в памятник может выполняться 4 способами: ниже уровня фундамента (под ним), через устроенные проходы в фундаменте, на уровне поверхности земли или по грунту выше фундамента. Земляные работы должны проводиться вручную во избежание разрушения вероятных археологических памятников, при их обнаружении все работы приостанавливаются до момента окончания исследования находок. Решение, которое принимает проектная организация, должно базироваться на принципах минимизации вмешательств в материю памятника и эстетически-художественное восприятие инженерной системы.

Прокладка сетей внутри памятника выполняется в основном с подклета (снизу вверх) или с чердачного уровня (сверху вниз). Варианты прокладки инженерных сетей должны оцениваться специалистами по экспозиции, историками, архитекторами. Оборудование для обеспечения работоспособности инженерных сетей должно быть скрыто от глаз посетителя. При прокладке сетей из одного помещения в другое важно прокладку кабеля выполнять в местах, где уже имеются отверстия или в замененных бревнах, элементах. По деревянным стенам инженерные сети прокладывают в кабель – каналах или в металлических трубах.

На примере, реставрации церкви Преображения Господня Кижского погоста рассмотрим варианты решений по приспособлению памятника для современного использования. Церковь используется по назначению, церковные службы проходят один раз в год 19 августа на праздник Преображения Господня и в иных исключительных случаях, в остальное время храм используется как объект показа туристам. Инженерные сети проложены в земле на нормативном уровне, ввод кабеля осуществлялся через естественные отверстия в бутовой кладке, прокладку сетей внутри помещений осуществляли с нижней и верхней разводкой. Система охранной и пожарной защиты прокладывалась отдельно в кабель-каналах, а электрические сети в металлических трубах.

Частично прокладка инженерных сетей выполнялась сверху вниз через алтарь. Трубы электрических сетей были проложены также снизу вверх в молельное помещение, трапезную и размещены под скамьей, что делает их не заметными для посетителей. Для нейтрализации зрительного восприятия кабель-каналы были покрашены специальной краской. Выполненные работы по приспособлению объекта Всемирного наследия Юнеско церковь Преображения Господня получили высокую оценку специалистов.

Обеспечение эффективного пожаротушения объекта одна из ключевых задач для защиты памятников деревянного зодчества. Специалисты в области пожарной безопасности пришли к выводу, что оценка эффективности систем противопожарной защиты объекта выполняется на основе критерия индивидуального пожарного риска, который актуализируется при проведении учебных эвакуаций людей при пожарах [1, с. 117].

Наружное пожаротушение Кижского погоста существующее с 80-х годов прошлого века ежеквартально проверяется и при необходимости модернизируется. Существующее внутреннее пожаротушение планируется в 2026-2027 годах обеспечить современными автоматическими установками пожаротушения тонкораспыленной водой (далее ТРВ), которые до настоящего времени не использовались в полной мере в памятниках деревянного народного зодчества. Проблема монтажа внутреннего пожаротушения деревянных храмов сопряжена с прокладкой системы водопроводных сетей, которые доставят носитель в самые труднодоступные участки объекта, такие как главки, бочки. Как показал негативный опыт ложных срабатываний систем пожаротушения в Норвегии, актуально при разработке систем предусмотреть защиту от ложных срабатываний [11, с. 77].

Молниезащита памятников деревянного зодчества позволяет перехватить электрический разряд путем отведения его в землю по токопроводам и защитить от возгорания деревянные поверхности. Правильно спроектированная конструкция защищает объект и посетителей. Молниезащита бывает пассивной и активной. В основном на деревянных памятниках используется активная молниезащита, которая через молниеприемник перехватывает разряд молнии, проводит ток по токоотводам и направляет его в землю через заземлитель.



Активное влияние на историко-архитектурную среду смонтированных систем молниезащиты вызывает не мало споров среди специалистов. Дискуссия возникает по способу монтажа оборудования и влияния системы на памятник и исторический ландшафт. Существуют два варианта установки токоприемника: высокий отдельный элемент выше самого памятника с захватом его объема и поднятые молниеприемники на крыше памятника, и то и другое искажает архитектурный облик здания. Токоприемники должны не соприкасаться с деревом, поэтому они отнесены на более чем 10 см. от всех деревянных конструкций. Оптимального решения защиты от молнии без искажения древней деревянной архитектуры памятников пока не найдено [2].

В заключении необходимо обозначить, что вопросы приспособления памятников деревянного зодчества требуют междисциплинарного подхода специалистов, так как эти работы оказывают как положительное, так и отрицательное воздействие на объект. Индивидуальный подход с учетом предложенных автором критериев и принципов разработки научно-проектной документации, категории историко-культурной ценности и значимости памятника позволяют избежать изменений его конструкций и исторических элементов. В настоящее время ведется разработка методических рекомендаций по приспособлению объектов культурного наследия, поэтому так важно обобщить и синтезировать научно-практический опыт приспособления памятников. В наше время важно передать будущим поколениям памятники истории и культуры в неизменном виде.

### Литература

1. Абашкин А.А., Муслакова С.В., Присадов В.И., Уличев С.В., Фадеев В.Е., Ходос А.В. Вопросы повышения пожарной безопасности деревянных храмов // Пожары и ЧС. 2024. № 4. С. 110-119. DOI 10.25257/FE.2024.4.110-119.
2. Базелян Э.М. Молниезащита памятников архитектуры // Кровли: интернет-издание: сайт. URL <https://krovli-russia.ru/rubriki/materialy-i-tehnologii/molniezashhita/molniezashhita-pamyatnikov-arxitektury/>. Дата публикации: 27.09.2010.
3. Бердюгина Ю.М. Критерии приспособления объекта культурного наследия //

Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2018. № 1. С. 47-51. DOI: 10.25628/UNIP.2018.36.12221.

4. Гущина В.А. Документы и материалы по истории архитектурного ансамбля (1694–1945 гг.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. С. 140.

5. Золотарева М.В. Реформы управления строительством в XIX века в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 78-88. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-78-88.

6. Кузнецова Е.С. Спектр ценностей памятника архитектуры // Обсерватория культуры. 2014. № 1. С. 62-70. DOI.org/10.25281/2072-3156-2014-0-1-62-70.

7. Ополовников А.В. Реставрация памятников народного зодчества Карело-Финской ССР. М.: Стройиздат, 1974. С. 392.

8. Рагино Г.Я. Методы приспособления к современным условиям архитектурного наследия исторического центра Новосибирска // Ноэма. 2019. № 2 (2). С. 108-118.

9. Сыч Е.Р., Захарчук М.Г. Особенности применения строительных норм и правил при реставрации объекта культурного наследия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 2 (29). С. 438-451 DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-438-451>.

10. Федосеева Е.М. К вопросу об установлении ценности «реконструированных» выявленных объектов культурного наследия // Вестник национального исследовательского института культурного наследия. 2025. № 1 (5). С. 50-70. ORCID: 0009-0005-7223-672X.

11. Larsen, Knut Einar, Marstein, Nils Conservation of Historic Timber Structures. An ecological approach / Knut, Einar Larsen, Nils Marstein. – Oslo, 2016. 140 p. Режим доступа: <https://publ.icomos.org/publicommos/jlbSai?html=Pag&page=Pml/Not&base=technica&ref=83DB9D8811A0679BABF05AB70C6BA13B>.

12. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федерал. закон Рос. Федерации. от 25 июня 2002 № 73ФЗ: (последняя редакция): принят Гос. Думой Федерал. Собр. Рос. Федерации 24 мая 2002 года; одобрен Советом Федерации Федерал. Собр. 14 июня 2002 года // Рос. газ. 29.06.2002 № 116-117 Ст. 40. П. 3.

**NEZVITSKAYA Tatiana Viktorovna**

Candidate of Architectural Sciences,

Head of the Department of Scientific and Methodological Work,

The Kizhi State Historical, Architectural and Ethnographic Museum-Reserve,

Russia, Petrozavodsk

## **ADAPTATION OF WOODEN ARCHITECTURE MONUMENTS FOR MODERN USE: PROBLEMS AND SOLUTIONS**

**Abstract.** *The relevance of this work is due to the need to preserve the historical and cultural value of wooden architecture monuments while carrying out work on their adaptation for modern use. The purpose of the study is to identify the optimal adaptation of monuments without losing their architectural and historical value. The analysis of permissible changes in the monument during such works as the laying of engineering networks and the installation of security systems is carried out. The requirements for spatial planning solutions, structures and materials, as well as measures to ensure the fire safety of the facility are discussed. As a result, acceptable types of changes have been identified, provided that the original design features are preserved, such as the laying of engineering networks and the installation of safety systems. It is shown how important it is to maintain a balance between modernization and preservation of spatial planning solutions of the monument. Based on the analysis, conclusions are drawn about the need for an interdisciplinary approach and strict compliance with regulatory requirements, which contributes to the preservation of cultural heritage and ensuring further exploitation in modern conditions.*

**Keywords:** *monuments of wooden architecture, adaptation, engineering systems, lightning protection, criteria, norms.*

**НИКОЛЕНКО Александр Юрьевич**

преподаватель,

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,  
Россия, г. Краснодар

**ЭРТЕЛЬ Артём Денисович**

студент,

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,  
Россия, г. Краснодар

**ЖАЧЕМУК Ислам Кадырбечевич**

студент,

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,  
Россия, г. Краснодар

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОПРОМАТА В СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ

**Аннотация.** В современном инженерном мире, где ценятся высококвалифицированные специалисты, особенно востребованы фундаментальные знания, лежащие в основе всех технических дисциплин. Одной из ключевых среди них является сопротивление материалов. Цель данной статьи – наглядно и доступно объяснить сущность и значение сопромата, выходя за рамки сухих академических формул. Через разбор реальных исторических и современных примеров, в том числе громких катастроф, вызванных просчетами в проектировании, показано, почему эта наука является несущим каркасом всего строительства и машиностроения. Материал демонстрирует, что без понимания законов сопромата, определяющих прочность, жесткость и устойчивость конструкций, любая, даже самая гениальная с архитектурной точки зрения постройка, обречена на разрушение. Статья призвана показать практическую важность этой дисциплины для будущих инженеров.

**Ключевые слова:** сопротивление материалов, конструкция, балка, колонна, деформация, нагрузка.

### 1. Введение

Сопротивление материалов – это наука о прочности, жесткости и устойчивости инженерных конструкций и их элементов. Она отвечает на простые, но жизненно важные вопросы: Выдержит ли? (Прочность) – Не сломается ли балка под весом плит? Насколько прогнется? (Жесткость) – Не будет ли пол слишком сильно пружинить под ногами? Не опрокинется ли? (Устойчивость) – Не сложится ли многоэтажка как карточный домик от сильного ветра?

Основным объектом изучения в сопромате является стержень – тело, у которого один размер (длина) значительно преобладает над двумя другими. Балки, колонны, стойки, элементы ферм – все это стержни.

### 2. Основные виды нагрузок и напряжений, которые должен знать каждый строитель в реальной жизни

На любую конструкцию действует множество сил. Сопромат изучает как их классифицировать и рассчитывать их воздействие, растяжение и сжатие: пример: колонна (сжатие) и подвес на тросе (растяжение). Напряжения распределяются равномерно по сечению. Расчетная формула:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (1)$$

Где: N – продольная сила, кН;

A – площадь сечения, м<sup>2</sup>.

Чтобы снизить напряжение, нужно либо уменьшить нагрузку, либо увеличить площадь (сделать колонну толще).

Сдвиг и срез возникает, когда две силы действуют на тело в противоположных направлениях, стремясь его «срезать». Классический пример – работа заклепок или болтов в соединениях, резка ножницами.

Кручение: знакомо любому, кто пытался скрутить влажный бельевой жгут. В строительстве яркий пример – валы, передающие вращающий момент, или скручивание балконной плиты под неравномерной нагрузкой.

Изгиб: это, пожалуй, самый сложный и самый распространенный вид деформации в строительстве. Любая балка перекрытия, любая плита, любая ступенька лестницы работает на изгиб. Под нагрузкой верхние волокна балки сжимаются, а нижние – растягиваются. Где-то посередине находится нейтральный слой, который не испытывает напряжений. Именно для изгиба выводятся формулы, связанные с моментами инерции сечения  $J_x$  и моментами сопротивления  $W_x$ . Эти геометрические характеристики показывают, насколько сечение «сопротивляется» изгибу. Квадратная балка, положенная на ребро, будет в разы прочнее на изгиб, чем та же балка, положенная плашмя, и все благодаря разному моменту сопротивления.

### 3. Практическое применение сопромата в строительных элементах:

- Балка перекрытия. Мы рассчитываем ее на прочность по максимальным напряжениям  $[\sigma_{\max} = M_{\max} / W_x \leq [\sigma]]$  и на жесткость по максимальному прогибу  $[f_{\max} \leq [f]]$ . Если прочность не обеспечена – балка треснет. Если жесткость не обеспечена – потолок будет «играть» под ногами, что вызовет панику у жильцов и трещины в отделке. Допустимый прогиб для балки перекрытия жилого дома обычно не должен превышать 1/250 от длины пролета.

- Колонна. Ее расчет идет в первую очередь на сжатие. Но важный момент связан с продольным изгибом. Оказывается, длинная и тонкая колонна может разрушиться при нагрузке, значительно меньшей, чем та, которая нужна, чтобы ее просто раздавить. Это явление открыл Леонард Эйлер, и формула Эйлера для критической силы – одна из ключевых в расчете на устойчивость. Именно поэтому колонны на нижних этажах небоскребов такие массивные, а на верхних – более изящные.

- Ферма. Это стержневая система, идеально иллюстрирующая принцип «работа каждого элемента». В ферме, используемой в

мостах или покрытиях зданий, одни стержни растянуты, другие – сжаты. Задача инженера – подобрать сечение для каждого стержня именно под тот вид нагрузки, который он испытывает, что делает конструкцию очень легкой и экономичной

### 4. Разбор примеров применения сопромата в строительстве

#### Задача № 1

Подобрать сечение балки перекрытия, чтобы пол не «пружинил». Суть проблемы: балка должна быть не только прочной (чтобы не сломаться), но и жесткой. Чрезмерный прогиб вызывает у людей панику, приводит к растрескиванию штукатурки и напольного покрытия. Расчет на прочность: Мы находим максимальный изгибающий момент в балке  $M_{\max}$ . Затем используем условие прочности при изгибе:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma], \quad (2)$$

Где:  $W_x$  – момент сопротивления сечения, геометрическая характеристика, зависящая от формы и размеров балки,  $\text{м}^3$ ;

$[\sigma]$  – допустимое напряжение для материала, МПа.

Из этого неравенства мы находим требуемый  $W_x$  и по сортаменту подбираем конкретный профиль, например, двутавр № 20. Расчет на жесткость: Это вторая, не менее важная проверка. Мы вычисляем максимальный прогиб  $f_{\max}$  по формуле для равномерно распределенной нагрузки:

$$f_{\max} = \frac{5 q L^4}{384 E J_x}, \quad (3)$$

Далее проверяем условие:

$$f_{\max} \leq [f] = \frac{L}{250}, \quad (4)$$

$$f_{\max} \leq [f] = L / 250.$$

Где:  $L$  – длина пролета, м;

$E$  – модуль упругости материала, Па;

$J_x$  – момент инерции сечения,  $\text{м}^4$ .

Часто бывает так, что балка проходит по прочности, но не проходит по жесткости. Тогда нам приходится брать профиль большего сечения, чтобы увеличить  $J_x$ .

#### Задача № 2

Рассчитать колонну, чтобы она не сложилась. Суть проблемы: колонна может разрушиться не потому, что ее раздавило, а потому, что она потеряла устойчивость – изогнулась и сложилась боком. Это явление называется продольный изгиб. Определяем гибкость колонны:

$$\frac{(\lambda)}{\lambda} = \frac{\mu L}{i}, \quad (5)$$

Где:  $\mu$  – коэффициент, зависящий от способа закрепления концов;

$L$  – длина колонны, м;

$i$  – радиус инерции сечения, м.

Выбираем метод расчета: в зависимости от гибкости, расчет ведется: по формуле Эйлера (для очень гибких стержней):

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{(\mu L)^2}, \quad (6)$$

Критическая сила  $F_{кр}$  – это та сила, при которой колонна теряет устойчивость. По эмпирическим формулам Ясинского (для стержней средней и малой гибкости), которые учитывают материал и гибкость. Проверяем условие устойчивости:

$$\frac{N}{\varphi A} \leq [\sigma], \quad (7)$$

Где:  $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, который берется из таблиц.

Этот коэффициент фактически снижает несущую способность колонны из-за риска потери устойчивости. Именно поэтому колонны на верхних этажах могут быть тоньше, чем на нижних.

### Задача № 3

Запроектировать надежное соединение двух металлических элементов (болтовое или сварное). Суть проблемы: как обеспечить, чтобы соединение было прочнее, чем сами соединяемые элементы? Для болтового соединения: Болты, работающие на срез, проверяются по формуле:

$$\tau = \frac{Q}{n A_{болта}} \leq [\tau], \quad (8)$$

Где:  $Q$  – поперечная сила, стремящаяся срезать болт, кН;

$n$  – количество болтов;

$A_{болта}$  – площадь сечения одного болта, м<sup>2</sup>.

Болты, работающие на растяжение, проверяются:

$$\sigma = \frac{N}{A_{болта}} \leq [\sigma], \quad (9)$$

Для сварного соединения: расчет ведется по сечению шва. Проверяются как нормальные напряжения (от растяжения/сжатия), так и касательные (от среза). Сопромат дает формулы для расчета приведенных напряжений в сварном шве, чтобы убедиться в его надежности.

### 5. Что будет, если пренебречь сопрома- том

Исторические примеры провалов. История строительства знает немало печальных примеров, когда пренебрежение законами сопромата приводило к катастрофам. Обрушение крыши аквапарка «Трансвааль-парк» в Москве 2004 г.

Одна из версий катастрофы – ошибки в расчете несущих конструкций на устойчивость и прочность, приведшие к их внезапному хрупкому разрушению. Обрушение моста через реку Тэй в Шотландии 1879 г. В ту штормовую ночь погиб целый пассажирский поезд. Расследование показало, что конструкция не выдержала ветровой нагрузки, а расчеты на устойчивость были недостаточными. Падение Камминского моста в Южной Корее 1994 г. Пролетное строение рухнуло из-за коррозии и усталости металла в одном из ключевых элементов подвески – явления, которое тоже изучается в сопрома- те.

### Заключение

Таким образом, сопрома-т – это не просто набор формул, а алгоритм принятия инженерных решений для каждой конкретной конструкции. Он отвечает на вопросы: «Какое сечение выбрать?», «Сколько арматуры положить?», «Какой профиль использовать?», «Выдержит ли соединение?». Благодаря сопромату происходит переход от интуитивного «сделать потолще» к точному и экономичному расчету, обеспечивающему надежность и безопасность. Пренебрежение им – это не просто ошибка, это преступная халатность, цена которой – человеческие жизни. Поэтому, каждый инженер обязан изучать сопротивление материалов, так как будущие здания будут держаться на их расчетах.

### Литература

1. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности: учебник / А.В. Александров, В. Д. Потапов. – Москва: Высшая школа, 2010. – 400 с.
2. Александров А.В. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций (к СНиП 2.03.01-84) / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – Москва: [б. и.], [год издания не указан]. – 200 с.
3. Дарков А.В. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – Москва: Высшая школа, 2009. – 624 с.
4. Материалы лекций по курсу «Сопротивление материалов» / проф. Волков И.П. – [Б. м.: б. и.], [год издания не указан]. – 150 с.
5. Материалы практикума по расчету Ж/К и металлических конструкций. – [Б. м.: б. и.], [год издания не указан]. – 100 с.

6. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* [Текст]: утв. приказом Минстроя России от 27.02.2017 № 132/пр: введ. 2017-06-08. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 184 с.

7. СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция [Текст]: утв. постановлением Госстроя СССР от 29.05.1985 № 78: введ. 1986-01-01. – Москва: [б. и.], 1985. – 36 с.

8. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция [Текст]: утв. постановлением Госстроя СССР от 26.12.1984 № 215: введ. 1985-07-01. – Москва: [б. и.], 1985. – 79 с.

9. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов / В.И. Феодосьев. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 592 с.

### NIKOLENKO Alexander Yuryevich

Teacher, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia, Krasnodar

### ERTEL Artem Denisovich

Student, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia, Krasnodar

### ZHACHEMUK Islam Kadyrbechevich

Student, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia, Krasnodar

## THE USE OF COPROMAT IN CONSTRUCTION TASKS

**Abstract.** *In today's engineering world, where highly skilled professionals are highly valued, fundamental knowledge that underpins all technical disciplines is particularly sought after. One of the key disciplines is materials science. The purpose of this article is to provide a clear and accessible explanation of the essence and significance of materials science, going beyond the realm of dry academic formulas. Through the analysis of real-life historical and contemporary examples, including high-profile disasters caused by design errors, it demonstrates why this science serves as the foundation for all aspects of construction and mechanical engineering. The material demonstrates that without understanding the laws of structural mechanics, which determine the strength, rigidity, and stability of structures, any building, no matter how architecturally ingenious, is doomed to collapse. This article aims to highlight the practical importance of this discipline for future engineers.*

**Keywords:** *material resistance, structures, beam, column, deformation, load.*

**ПОПИК Артем Олегович**

магистрант,

Ивановский государственный политехнический университет,  
Россия, г. Иваново

## **МЕРЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОХРАНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ВЫЯВЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ОБЪЕКТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ПРИЗНАКАМИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РОССИИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются правовые и организационные механизмы сохранения объектов культурного наследия в условиях активного градостроительного развития российских городов. На основе нормативного определения объектов культурного наследия раскрывается содержание обязанностей застройщиков, технических заказчиков и иных лиц, выполняющих изыскательские, проектные, земляные, строительные и хозяйственные работы: соблюдение режимов использования земель и территории ОКН, включение в проектную документацию разделов по обеспечению сохранности, согласование этих разделов с органами охраны, а также проведение спасательных археологических полевых работ при необходимости.

**Ключевые слова:** объекты культурного наследия (ОКН), охрана культурного наследия, сохранность ОКН, градостроительная деятельность, проектная документация, раздел об обеспечении сохранности, режим использования земель, территория ОКН, органы охраны ОКН.

К объектам культурного наследия (далее – ОКН) относятся объекты недвижимого имущества (включая объекты археологического наследия) и иные объекты с исторически связанными с ними территориями, произведениями живописи, скульптуры, декоративно-прикладного искусства, объектами науки и техники и иными предметами материальной культуры, возникшие в результате исторических событий, представляющие собой ценность с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки и техники, эстетики, этнологии или антропологии, социальной культуры и являющиеся свидетелем эпох и цивилизаций, подлинными источниками информации о зарождении и развитии культуры [3].

С целью сохранения и поддержания в исправном состоянии ОКН, государством предусмотрено ряд мер, принимаемых как при подготовке документации для проведения работ на таких объектах, так и непосредственно в ходе проведения работ, а именно:

При проектировании и проведении земляных, строительных, мелиоративных, хозяйственных работ по использованию лесов и иных работ, работы осуществляются при

отсутствии на данной территории ОКН, либо при условии соблюдения техническим заказчиком (застройщиком) объекта капитального строительства, заказчиками других видов работ, лицом, проводящим указанные работы, требований по сохранению ОКН [3].

Работы в границах территории ОКН, проводятся при условии соблюдения требований к осуществлению деятельности в границах территории ОКН, особого режима использования земельного участка, в границах которого располагается объект, и при условии реализации согласованных соответствующим органом охраны ОКН, обязательных разделов об обеспечении сохранности указанных ОКН в проектах проведения таких работ или проектов обеспечения сохранности указанных объектов, либо плана проведения спасательных археологических полевых работ, включающих оценку воздействия проводимых работ на указанные объекты культурного наследия.

Строительные и иные работы на земельном участке, непосредственно связанном с земельным участком в границах территории ОКН, проводятся при наличии в проектной документации разделов об обеспечении сохранности указанного объекта культурного наследия или

о проведении спасательных археологических полевых работ или проекта обеспечения сохранности указанного объекта, либо плана проведения спасательных археологических полевых работ, включающих оценку воздействия проводимых работ на указанный объект, согласованных с региональным органом охраны объектов культурного наследия.

В случае обнаружения в ходе проведения изыскательских, проектных, земляных, строительных, мелиоративных, хозяйственных работ, объекта, обладающего признаками ОКН, в том числе объекта археологического наследия, заказчик указанных работ, технический заказчик (застройщик) объекта капитального строительства, лицо, проводящее указанные работы, обязаны незамедлительно приостановить указанные работы и в течение трёх дней со дня обнаружения такого объекта направить в региональный орган охраны объектов культурного наследия письменное заявление об обнаруженном объекте культурного наследия.

В случае отнесения объекта, обнаруженного в ходе работ, к выявленным объектам культурного наследия региональный орган охраны ОКН уведомляет заинтересованных лиц о включении такого объекта в перечень выявленных ОКН с приложением копии решения о включении объекта в указанный перечень, а также о необходимости выполнять требования к содержанию и использованию выявленного ОКН.

Региональный орган охраны объектов культурного наследия определяет мероприятия по обеспечению сохранности выявленного ОКН, либо выявленного объекта археологического наследия.

В случае принятия решения об отказе во включении выявленного объекта в перечень выявленных ОКН в течение трёх рабочих дней со дня принятия такого решения региональный орган охраны ОКН направляет копию указанного решения и разрешение на возобновление работ [5].

Работы, которые могут ухудшить состояние ОКН, нарушить их целостность и сохранность, должны быть немедленно приостановлены заказчиком указанных работ, техническим заказчиком (застройщиком) ОКН, лицом, проводящим указанные работы, после получения предписания соответствующего органа охраны объектов культурного наследия о приостановлении указанных работ.

Соответствующий орган охраны ОКН определяет меры по обеспечению сохранности указанных объектов, включая разработку проекта обеспечения сохранности ОКН, либо плана проведения спасательных археологических полевых работ [4].

В случае ликвидации опасности разрушения таких объектов, либо устранения угрозы нарушения их целостности и сохранности приостановленные работы могут быть возобновлены по письменному разрешению органа охраны ОКН, на основании предписания которого работы были приостановлены.

Изменение проекта проведения работ, представляющих собой угрозу нарушения целостности и сохранности выявленного ОКН, проведение историко-культурной экспертизы выявленного ОКН, спасательные археологические полевые работы на объекте археологического наследия, обнаруженном в ходе проведения земляных, строительных, мелиоративных, хозяйственных работ, работ по использованию лесов и иных работ, а также работ по обеспечению сохранности указанных в настоящей статье объектов проводятся за счет средств заказчика указанных работ, технического заказчика (застройщика) объекта капитального строительства.

Археологические предметы, обнаруженные в результате проведения изыскательских, проектных, земляных, строительных, мелиоративных, хозяйственных работ, работ по использованию лесов и иных работ, подлежат обязательной передаче физическими и (или) юридическими лицами, осуществляющими указанные работы, государству в порядке, установленном федеральным органом охраны ОКН.

Охранным обязательством устанавливаются следующие требования:

1. К сохранению ОКН;
2. К содержанию и использованию ОКН в случае угрозы ухудшения его состояния;
3. К обеспечению доступа к ОКН;
4. К размещению наружной рекламы на ОКН, их территориях в случае, если её размещение допускается в соответствии с законодательством Российской Федерации;
5. К установке информационных надписей и обозначений на ОКН [4].

В случае необходимости соответствующие органы охраны ОКН, вправе устанавливать дополнительные требования в отношении объекта культурного наследия.



### Заключение

Современный Российский город – это постоянное строительство новых зданий делового и социального назначения, жилых домов, оформление новых площадей, и т. д., так и ремонт уже имеющихся, воссоздание когда-то утраченных памятников.

При этом, нередко при строительстве новых объектов, игнорируются особенности архитектурно-исторической среды: строятся дома новой архитектуры, никак не связанные с традициями нашего государства, искажаются и разрушаются подлинные уникальные объекты и возводятся бесчисленные «новоделы».

В связи с этим современные отечественные исследователи разрабатывают новые методические подходы к охране культурного и природного наследия. В перспективе Российской практики охраны наследия – сохранение уникальных территорий с комплексной регенерацией памятников истории и культуры, традиционных форм хозяйствования и природопользования.

### Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
2. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».
3. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».
4. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 56200-2014 «Научное руководство и авторский надзор при проведении работ по сохранению объектов культурного наследия. Основные положения», утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 октября 2014 г. № 1460-ст.
5. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 59492-2021 «Сохранение объектов культурного наследия. Виды исполнительной документации и порядок ее оформления», утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 мая 2021 г. № 365-ст.

**POPIK Artyom Olegovich**

Master's Student, Ivanovo State Polytechnic University, Russia, Ivanovo

## MEASURES AIMED AT PRESERVING CULTURAL HERITAGE SITES, IDENTIFIED CULTURAL HERITAGE SITES, AND SITES THAT HAVE THE CHARACTERISTICS OF A RUSSIAN CULTURAL HERITAGE SITE

**Abstract.** *The article discusses the legal and organizational mechanisms for the preservation of cultural heritage objects in the context of active urban development of Russian cities. Based on the normative definition of cultural heritage sites, the content of the obligations of developers, technical customers and other persons performing survey, design, excavation, construction and economic work is disclosed: compliance with the regimes of land use and the territory of the OKN, the inclusion in the project documentation of sections to ensure safety, the coordination of these sections with the security authorities, as well as carrying out rescue archaeological field work if necessary.*

**Keywords:** *cultural heritage sites (CCS), protection of cultural heritage, preservation of CCS, urban planning activities, project documentation, section on ensuring preservation, land use regime, CCS territory, CCS protection authorities.*

**ШАРИПОВ Айдар Ильдарович**

магистрант,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

**ПОНОМАРЕВ Николай Степанович**

кандидат физико-математических наук, доцент,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ: ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВ

**Аннотация.** В контексте глобального повышения энергоэффективности зданий тепловые насосы становятся одной из ключевых технологий в секторе отопления и охлаждения зданий. Данная обзорная статья исследует принцип работы тепловых насосов в системах отопления. Рассмотрены воздушные, грунтовые и водяные тепловые насосы, их характеристики и области применения. Проведен анализ текущих тенденций в развитии данной технологии.

**Ключевые слова:** тепловой насос, теплонасосная установка, парокомпрессионный цикл, обратный термодинамический цикл, испаритель, компрессор, конденсатор, дроссельный вентиль.

### Введение

На отопление и горячее водоснабжение ежегодно расходуется огромная часть ископаемого топлива, что приводит к значительным выбросам углекислого газа. В связи с целями устойчивого развития и сокращением загрязняющих окружающую среду выбросов актуальной задачей является поиск и внедрение энергоэффективных и экологически чистых технологий.

Тепловой насос (рис. 1) – техническое

устройство, которое реализует процесс переноса низкотемпературной теплоты на более высокотемпературный уровень. Тепловые насосы трансформируют теплоту, в них рабочие тела совершают обратный термодинамический цикл [1].

### Принцип работы и классификация

Принцип работы теплового насоса основывается на обратном термодинамическом цикле (рис. 2).

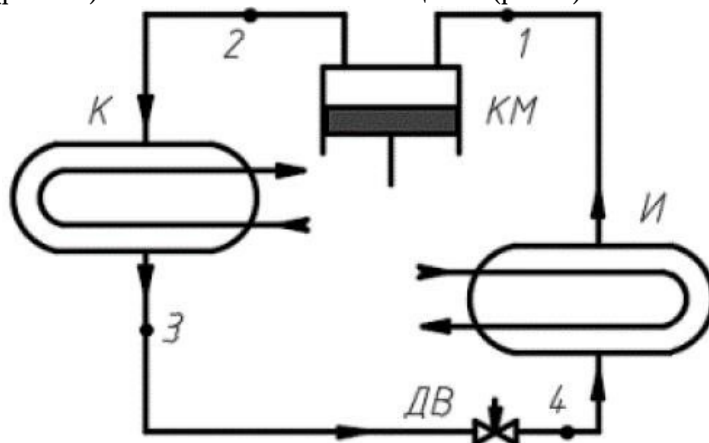


Рис. 1. Схема парокомпрессионного теплового насоса [1]:

И – испаритель, КМ – компрессор, ДВ – дроссельный вентиль, К – Конденсатор

Теплонасосная установка (рис. 1) состоит из: испарителя И, конденсатора К, компрессора КМ и дросселирующего устройства ДВ или

расширительного цилиндра. В испарителе низкотемпературный теплоноситель подается в межтрубное пространство, где происходит его

охлаждение за счёт кипения в трубном пространстве испарителя хладагента. Компрессор отсасывает пары хладагента из испарителя, сжимая до давления конденсации и отправляет их в межтрубное пространство конденсатора (процесс 1-2). В конденсаторе в трубное пространство подаётся нагреваемый теплоноситель, а на наружной поверхности труб в межтрубном пространстве пары хладагента охлаждаются и конденсируются, превращаясь в жидкость (процесс 2-

3). Затем жидкий хладон дросселируется в регулирующем устройстве, понижая свое давление и температуру до давления и температуры в испарителе (процесс 3-4). В испарителе паро-жидкостная смесь, которая образовалась вследствие процесса дросселирования, кипит, получая тепло через стенки труб от низкотемпературного теплоносителя (процесс 4-1). Образующиеся пары хладагента отсасываются компрессором, цикл замыкается [1].

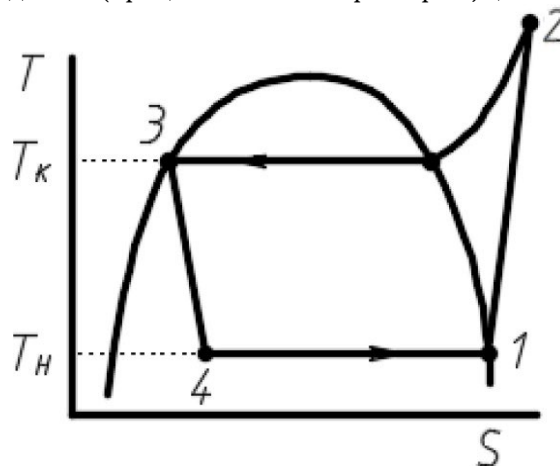


Рис. 2. Термодинамический цикл пароконденсационного теплового насоса в  $T$ - $S$  координатах [1]

Основной показатель эффективности теплового насоса – коэффициент преобразования ( $COP$ ), который численно равен отношению полученному в конденсаторе высокопотенциальным теплоносителем тепловому потоку  $Q$  (кВт) к потребляемой компрессором электрической мощности  $W$  (кВт). Ниже представлена формула расчета данного коэффициента [2, с. 29-31]:

$$COP = \frac{Q}{W}, \quad (1)$$

Тепловые насосы разделяются на два основных типа: с открытым и закрытым контурами. Насос с открытым контуром характеризуется тем, что источник низкопотенциальной теплоты (вода из скважины или водоема) поступает в испаритель, что сказывается на себестоимости монтажа и эксплуатации. Отличие теплового насоса с закрытым контуром объясняется тем, что контур насоса укладывается на дно водоема, по нему циркулирует теплоноситель (антифриз) [3].

По типу источника низкопотенциального тепла и теплоносителя в системе отопления тепловые насосы классифицируют следующим образом:

1. «Воздух-Воздух»: наиболее распространенный и простой в монтаже тип. Зимой забирает тепло из наружного воздуха и передает его воздуху внутри помещения. Летом работает в

режиме кондиционера [4].

2. «Воздух-Вода»: забирает тепло из наружного воздуха и передает его воде в системе водяного отопления или системе ГВС.

3. «Грунт-Вода»: использует тепло грунта, температура которого стабильная в течение всего года. Имеет высокий и стабильный  $COP$ , но требует значительных капиталовложений.

4. «Вода-Вода»: использует тепло грунтовых вод, озер или рек [5].

#### Преимущества и ограничения

Тепловые насосы позволяют забирать тепло из наружного воздуха, имея при этом высокий коэффициент  $COP$ . При работе теплового насоса отсутствуют прямые выбросы оксида углерода. При использовании возобновляемых источников энергии углеродный след стремится к нулю. Также стоит отметить, что современные тепловые насосы работают как на отопление, так и на охлаждение. Размер теплового насоса достаточно небольшой [6].

Ограничения, связанные с использованием теплового насоса в системе отопления, основываются на множестве факторов. К ним можно отнести: высокие первоначальные инвестиции, зависимость  $COP$  от температуры источника, экологические аспекты хладагентов.

При эксплуатации тепловых насосов, использующих тепло грунтов в регионах с

холодным климатом, есть риск замораживания этих грунтов, что, в конечном итоге, приводит к снижению COP [7, с. 125-137].

Современные тенденции и перспективы развития

Для обеспечения большое тепловой мощности объединяют несколько тепловых насосов в единую каскадную систему, что позволяет покрывать потребности крупных зданий [8, с. 18].

На 2016 год в Германии в эксплуатации находятся около 1 млн тепловых насосов. В 2025 году ожидается, что количество установленных тепловых насосов превысит 3 млн единиц [9].

В настоящее время прогнозируется рост российского рынка с 613 миллионов долларов в 2022 году до 5,39 миллиарда долларов к 2032 году, что свидетельствует об устойчивом развитии отрасли тепловых насосов. В США активизировали продажу тепловых насосов через «Закон о снижении инфляции», который дал стимул роста продаж оборудования на 15% в ноябре 2024 года. Великобритания предоставляет гранты до 7500 фунтов стерлингов через Boiler Upgrade Scheme, что привело к росту заявок на 78% в декабре 2024 года [10].

Такие государственные меры поддержки способны значительно помочь развитию рынка теплонасосного оборудования.

### Заключение

Тепловой насос является высокоэффективной и экологичной технологией, которую можно использовать в системах отопления и горячего водоснабжения при сравнительно небольших расходах электроэнергии на привод компрессора насоса.

### Литература

1. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса: студия «Негоциант», 2006. – 712 с.
2. Глущенко Е.А. Тепловые насосы / Е.А. Глущенко, А.В. Кудимова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 51 (498). – С. 29-31. – URL: <https://moluch.ru/archive/498/109095> (дата обращения: 23.11.2025).
3. Нифонтова Л.С. Анализ типов тепловых насосов / Л.С. Нифонтова, Д.Ю. Руди, Н.А. Халитов [и др.] // Международный научно-

исследовательский журнал. – 2016. – № 5 (47). – URL: [object Object] (Дата обращения 23.11.2025).

4. Володин В.И., Кунтыш В.Б., Филатов С.О. Энергетическая эффективность теплового насоса «Воздух – воздух» // Труды БГТУ. № 3. Химия и технология неорганических веществ. 2015. № 3 (176). URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/15008> (дата обращения: 23.11.2025).
5. Современная альтернатива для отопления дома: тепловые насосы – принципы функционирования, разновидности [электронный ресурс] – URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=8374](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8374) (дата обращения: 23.11.2025).
6. Багаутдинов И.З., Кувшинов Н.Е. Преимущества тепловых насосов над традиционными системами отопления и горячего водоснабжения // Инновационная наука. 2016. № 3-3 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-teplovyyh-nasosov-nad-traditsionnymi-sistemami-otopleniya-i-goryachego-vodosnabzheniya> (дата обращения: 23.11.2025).
7. Толстых А.В., Дорошенко Ю.Н., Пенявский В.В., Халимов И.О. Моделирование работы тепловых насосов. Проблемы и перспективы. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022; № 24(2): С. 125-137. URL: <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-2-125-137> (дата обращения: 23.11.2025).
8. Васильев Г.П., Горнов В.Ф., Кузнецов В.Ф., Колесова М.В. Каскадные системы теплоснабжения – новое поколение энергоэффективного оборудования // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность – май-июнь 2012 г., С. 18.
9. Багаутдинов И.З., Кувшинов Н.Е. Мировая тенденция внедрения тепловых насосов в систему отопления и горячего водоснабжения // Инновационная наука. 2016. № 3-3 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovaya-tendentsiya-vnedreniya-teplovyyh-nasosov-v-sistemu-otopleniya-i-goryachego-vodosnabzheniya> (дата обращения: 23.11.2025).
10. Мировой рынок тепловых насосов: аналитический обзор и перспективы развития // Журнал С.О.К. № 8, 2025.

**SHARIPOV Aidar Ildarovich**

Master's Student,  
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Russia, Saint Petersburg

**PONOMAREV Nikolay Stepanovich**

Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor,  
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Russia, St. Petersburg

## **HEAT PUMPS IN HEATING SYSTEMS: AN OVERVIEW OF TECHNOLOGIES AND PROSPECTS**

**Abstract.** *In the context of global energy efficiency improvements in buildings, heat pumps are becoming one of the key technologies in the building heating and cooling sector. This review article explores the principle of operation of heat pumps in heating systems. Air, ground and water heat pumps, their characteristics and applications are considered. An analysis of current trends in the development of this technology was carried out.*

**Keywords:** *heat pump, heat pump unit, steam compression cycle, reverse thermodynamic cycle, evaporator, compressor, condenser, throttle valve.*

# БИОЛОГИЯ

**БРОННИКОВ Владимир Вячеславович**

руководитель,

Школа Владимира Бронникова НеоЛюди, Россия, г. Москва

**КОЁКИНА Ольга Ивановна**

кандидат медицинских наук, директор,

Научный центр исследований сознания ФПНИС, Россия, г. Москва

**КУЗЯЕВ Александр Евгеньевич**

заведующий лабораторией,

Лаборатория исследований хаоса, Россия, г. Москва

**РОДИОНОВ Борис Николаевич**

доктор технических наук, консультант,

Научный центр исследований сознания ФПНИС, Россия, г. Москва

## СОПОСТАВЛЕНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ, БИОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВИДЕНИЯ

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию нейрофизиологических, биофизических и физических аспектов альтернативного видения, под которым понимается способность воспринимать зрительную информацию без использования глаз. Авторы статьи проводят обзор исследований по этой теме и представляют результаты собственных исследований.

В статье рассматриваются различные подходы к изучению альтернативного видения, включая нейрофизиологические, биофизические и физические методы. Авторы обсуждают голографическую модель альтернативного видения и представляют результаты исследований по изучению электрической активности мозга при альтернативном видении.

Статья будет интересна специалистам в области нейрофизиологии, биофизики, физики и психологии, а также всем, кто интересуется проблемами восприятия и сознания.

**Ключевые слова:** зрение без глаз, синестезии, левая лобно-височная область, поля Бродмана BA11, BA38, BA47, голографическое восприятие.

### Введение

Существуют разные способы зрительного восприятия без участия глаз. Некоторые из них имеют общие механизмы реализации.

Ранее было показано, что одним из вариантов зрительного восприятия без участия глаз могут быть синестезии [1, с. 91-95; 2, с. 19-29]. Были раскрыты биофизические особенности активности мозга при возникновении синестезий у лиц с доминирующим типом восприятия [2, с. 19-29; 3, с. 6-12]. Синестезии в этих работах рассматривались как способность

преобразования сигналов, поступающих в мозг по сенсорному каналу одной модальности, в образы другой сенсорной модальности. Авторами также раскрыт механизм такого преобразования путём переноса сенсорной информации с участием альфа-сканирования и альфа-стробирования между каналами прохождения и первичными центрами восприятия сенсорных сигналов разных модальностей.

Появление современных технологий развития у людей видения без глаз и их практическое применение подтверждают, что зрительное

восприятие может возникать без прямого использования глаз, но с обязательным участием зрительной системы мозга [4]. Например, сенсорное замещение (sensory substitution) было использовано при разработке устройств типа BrainPort или vOICE, преобразующих визуальную информацию видеокамер в тактильные или звуковые сигналы [5, с. 155-159; 6, с. 87-109; 7; 8]. Мозг со временем учится интерпретировать эти сигналы как «зрение». Слепые люди, использующие эхолокацию с помощью щелчков языком (как Дэниел Киш), задействуют затылочную долю для навигации. ФМРТ подтверждает, что мозг перестраивается под новые «модальности».

Видение без глаз возможно, если под «зрением» понимать субъективное восприятие визуальной информации, создаваемое мозгом. Ключевое условие – сохранность зрительной коры и её способности обрабатывать сигналы, независимо от их источника (импланты, другие органы чувств или внутренняя активность мозга). Технологии типа кортикальных имплантов или сенсорного замещения уже сегодня позволяют слепым «видеть» в ограниченной форме [7, 8].

Наименее изученным и наиболее перспективным направлением для понимания и развития ЭСВ является исследование так называемого «альтернативного» способа видения без участия глаз. Опубликованных работ, посвящённых изучению этой способности, очень мало, но необходимо выделить экспериментальные исследования в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова проф. Ю. П. Пытьева и др. [9; 10; 11, с. 43-45]. Эти работы показали, что альтернативное видение, как замена обычного, используется «в обход» прямого зрительного пути от глаз.

Необычное явление альтернативного видения у зрячих и у слабо видящих лиц до 2000 года воспринималось медицинским научным сообществом как невозможное и противоречащее основным постулатам биологии, нейрофизиологии и психологии. В связи с этим, под руководством академика РАН и РАМН Н. П. Бехтеревой была совершена попытка верифицировать сами факты альтернативного видения и проверить возможность измерения связанных с ними физиологических параметров [12, с. 43-49].

В исследованиях лаборатории Института мозга принимали участие 7 учащихся старших классов средней школы, прошедших обучение альтернативному видению по методу В. М. Бронникова. Все испытуемые продемонстрировали возможности альтернативного видения в различных условиях испытаний. Для обнаружения мозговых признаков феномена проводилось сравнение спонтанной электрической активности мозга (ЭЭГ) и вызванных потенциалов (ВП) во время выполнения испытуемыми однотипных заданий на классификацию предъявляемых изображений в состоянии обычного зрительного восприятия и в состоянии альтернативного видения.

Данные ЭЭГ подтвердили перестройку мозга на другой режим функционирования при проведении функциональных проб с «рассматриванием» предметов. Наличие сходных изменений ЭЭГ у разных лиц (при исходном различии их ЭЭГ) косвенно свидетельствовало о том, что речь идет не об уникальном феномене, а о воспроизводимом, обучаемом процессе. При исследовании ВП выявлены факты статистически достоверных различий ВП в условиях классификации изображений с открытыми глазами без маски и в маске на глазах. Например, у испытуемого В. Б. в начале исследований имела место, по данным ВП, более четкая дифференциация обычного зрительного и альтернативного видения. У него в начале исследований с высокой достоверностью проявлялись относительно коротколатентные ВП в затылочных областях при работе без маски, означающие поступление сигналов от глаз в зону первичного зрительного восприятия, но переставшие обнаруживаться при работе с маской [11, с. 43-45].

В результате проведённой работы не опровергли, а, наоборот, подтвердили наличие альтернативного видения у обученных испытуемых. Явление существует, оно воспроизводимо и может изучаться нейрофизиологическими методами. Можно также считать, что проведена апробация методик регистрации электрической активности мозга (ЭЭГ) и вызванных потенциалов (ВП) применительно к исследуемой проблеме.

Таким образом, нейрофизиологические исследования подтвердили существование феномена альтернативного видения. Показано, что «включение» альтернативного видения изменяет характер активности мозга.

Несколько ранее на кафедре компьютерных методов физики физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова было установлено, что изучаемый феномен альтернативного видения обладает свойствами волнового процесса и характеризуется двумя важными чертами, позволяющими для его исследования применять физические методы – полной воспроизводимостью и возможностью выполнять физические измерения [9, 10].

Эксперименты выявили голографический характер этого варианта ЭСВ и возможности его интерпретации в терминах, свойственных зрительной системе.

В работах проф. Ю. П. Пытьева и соавторов обсуждается «голографическая модель альтернативного видения, согласно которой испытываемые при ЭСВ порождают «опорное излучение», организованное как волновой процесс, и воспринимают (на полевом уровне) пространственное распределение интенсивности, возникающее при интерференции опорного и рассеянного объектами излучения, несущего «отпечаток» оптической картины последних. В данном случае ЭСВ рассматривается как активный (со стороны испытываемых) процесс, при котором интерпретация альтернативного видения осуществляется теми же функциями сознания, которые ответственны за обычное зрительное восприятие и создают перцептивный образ объектов, организуя их видение» [11, с. 43–45].

ЭСВ испытуемого В. Б. (школа В. М. Бронникова) и его зрительная интерпретация имеют определённые отличия от некоторых других видов ЭСВ. Он может воспринимать окружающий мир без использования глаз и интерпретировать восприятие в терминах зрительной системы практически адекватно обычному зрению.

Участвуя в экспериментах Ю. П. Пытьева, В. Б. воспринимает освещённые белым светом объекты с разрешением, достаточным для того, чтобы читать нормальный книжный печатный текст. Объекты воспринимаются им правильно окрашенными, то есть так же, как при обычном зрительном восприятии, их ориентация и размер не искажены, равно как и расстояние между ними.

Если предположить, что испытываемые с ЭСВ могут являться источником излучения опорной волны и обладать способностью воспринимать

распределение интенсивности, возникающее в результате интерференции опорной и рассеянной объектами волн, то «видение объектов можно считать результатом интерпретации сознанием этого распределения интенсивности, т. е. голограммы.

В связи с гипотезой голографического восприятия [9; 10; 11, с. 43–45] проф. Ю. П. Пытьев и соавторы ставят следующие задачи исследования:

«Необходимо установить волновую природу рассматриваемого феномена экстрасенсорного восприятия, выяснить, где находится и как функционирует источник опорной волны, где и как воспринимается рассеянная волна, какова длина опорной волны, какова её природа, как рассеянная волна интерпретируется сознанием и т. д.».

Получены следующие результаты. В основе восприятия В. Б., как и в случае с другими испытываемыми, лежит волновой процесс. Опыты с дифракционной решеткой позволили определить длину волны порядка 1,5–2 мм в зависимости от состояния В. Б. [10]. Волновая природа феномена подтверждена также опытами с зонной пластинкой Френеля. Получаемые таким путём значения длины волны, полностью согласовывались с найденными ранее с помощью дифракционной решётки.

Для определения зон восприятия без участия глаз на поверхности тела было использовано экранирование, в результате которого выделялись области с ослабленным либо полностью прерванным «видением». У испытуемой Н. А. одной из основных областей оказалась центральная часть лба размером порядка 3–5 см по горизонтали, 8–4 см по вертикали. В несколько меньшей степени с «видением» оказались связаны области висков и макушки, области на груди. Вначале было предположение, что как излучение, так и восприятие могут быть связаны с областями на лбу, темени и на груди. Но поскольку маловероятно, что могут быть активными одновременно оба процесса в одном месте, то оставалось проверить, является ли область на лбу источником опорной волны.

Используя разные уровни изоляции предполагаемого опорного излучения из области лба от рассматриваемых без участия глаз объектов, авторам [9] удалось установить, что лобная область является у испытуемой Н. А. «только



излучающей», следовательно, возможным претендентом на источник опорного излучения.

Однако у испытуемого В. Б. голографическое видение несколько отличается от Н. А. Что касается непосредственного восприятия объектных рассеянных волн и как эти волны интерпретируются сознанием, то с помощью специальных экспериментов было определено пространственное расположение искомым областей восприятия «анфас». «Глаза», определяющие «точку зрения», из которой В. Б. «видит», интерпретируя ЭСВ зрительно, обычно находятся непосредственно перед его глазами, на расстоянии порядка 15–20 см, если В. Б. без маски, и на расстоянии 25–30 см, когда В.Б. в маске. Но В.Б. может перемещать «виртуальные глаза» в пространстве, приближая их к тому или иному объекту и рассматривая его. Эта способность позволяет В. Б. «видеть» как бы сквозь непрозрачные предметы, помещая «глаза» за них.

В. Б. голографически (в целом) воспринимает объекты и среду, интерпретирует же восприятие зрительно, с той или иной «точки зрения», помещая в эту точку «виртуальные глаза».

Однако найденные области не следует буквально понимать как области восприятия. Речь идёт об областях, которые интерпретируются сознанием как «глаза» при стереовосприятии. Более того, как оказалось, любой предмет, помещённый в одну из найденных областей, «ослеплял» на один «глаз».

Впрочем, тот факт, что с закрытыми глазами В.Б. «видит» предметы окрашенными, как и при обычном видении, говорит о том, что в обоих случаях восприятие интерпретируется одними и теми же функциями сознания. Последние результаты исследований цветного зрения свидетельствуют о том, что интерпретация в терминах цвета, скорее всего, осуществляется на уровне коры и не определяется непосредственно цветочувствительными клетками сетчатки глаза.

По мнению проф. Ю. П. Пытьева, пока что наиболее ощутимым результатом этих работ стало обозначение феномена научным термином – экстрасенсорное восприятие. Иначе говоря, распознавание окружающего мира не с помощью пяти известных органов чувств, а посредством неких полей, окружающих человека.

На основе многочисленных результатов анализа активности мозга по данным ЭЭГ у лиц (детей-подростков и взрослых), прошедших специальную подготовку развития альтернативного видения по методу В. М. Бронникова, сделаны предварительные выводы о том, что происходит перестройка деятельности мозга, затрагивающая, прежде всего, фронтальные области коры и базальные отделы с центрами активации эмоций. Однако не все обучающиеся альтернативному видению достигают уровня чтения книги в маске, хотя могут уже рассмотреть отдельные крупные буквы или слова. Возникает предположение, что устойчивые показатели активности мозга у человека с наиболее устойчивой способностью читать книгу без использования глаз (более 30 лет у В. Б.) своего рода эталонные показатели, могут подсказать, в чём заключаются отличия у лиц, отстающих в обучении. Эти отличия позволят более чётко определить недостаточность развития отдельных функций и сконцентрировать на них внимание в процессе дальнейшего обучения. Контроль активности мозга является оптимальным подходом в текущей оценке развития альтернативного видения в процессе обучения.

Учитывая сложность и многофункциональность феномена альтернативного видения, авторы данной статьи решили продолжить изучение его проявления с наиболее стабильными результатами (около 30 лет) у испытуемого В. Б. и постараться найти пути к ответам на вопросы, поставленные ранее проф. Ю. П. Пытьевым и акад. Н. П. Бехтеревой:

1. Не ясны механизмы генерации «опорного излучения» (генерируемого испытуемым) и его связь с сознанием. Волновая природа излучения остаётся загадкой, так как оно, возможно, сложнополяризованное, а, возможно, даже не электромагнитное, но взаимодействует с электромагнитными полями. При этом длина волны излучения зависит от состояния сознания испытуемого и влияет на эффективность альтернативного видения.

2. Если видение внешних объектов связано с их взаимодействием с «виртуальными глазами», то пути поступления сигналов в центры зрительного восприятия мозга для запуска процесса создания осознаваемых образов остаются неизвестными. Предположение, что восприятие возникает за счёт интерференции

«опорного излучения» (создаваемого испытуемым) с рассеянным светом от объектов – это возможное начало пути к осознанию альтернативного видения (но глаза при этом не видят). Тогда построение собственно зрительных образов в ответ на сигналы не от глаз может осуществляться с помощью синестезий [1, с. 91-95; 2, с. 19-29] или отдельных механизмов ассоциативной памяти.

Поэтому в данной статье сконцентрировано внимание на особенностях ЭЭГ-активности мозга испытуемого В. Б., подтвердившего свои способности в физических исследованиях проф. Ю. П. Пытьева и в нейрофизиологических исследованиях под руководством акад. РАН и РАМН Н. П. Бехтеревой. Возникла задача создания некоего «эталона» основных выделяющихся признаков деятельности мозга при осуществлении альтернативного видения. Сопоставление с этими «нормативными» признаками реальных показателей активности мозга у обучающихся лиц позволит выявить те функции мозга, к которым необходимо проявить дополнительное внимание для их развития.

В настоящей статье рассматривается выполнение следующих задач:

1. Изучение особенностей биофизических характеристик отдельных структур мозга у испытуемого В. Б. с использованием методов вычисления эквивалентных дипольных источников (ЭДИ). Определение возможных признаков «опорного излучения» и механизмов его возникновения. Сопоставление активности центров сенсорного восприятия разных модальностей для выявления путей сенсорного замещения при альтернативном видении.

2. Изучение спектральных характеристик ЭЭГ В. Б. Применение нейрофизиологического метода картирования данных на поверхности коры мозга для оценки изменения активности первичных центров сенсорного восприятия разных модальностей при альтернативном видении для выявления путей сенсорного замещения.

3. сопоставление параметров, отражающих «эталонные» характеристики активности мозга в процессе альтернативного видения, с текущими параметрами мозговой активности у лиц, обучающихся альтернативному видению по методике В. М. Бронникова.

## Методика

В качестве наиболее адекватных методов получения объективных данных о динамике состояний сознания выбраны нейрофизиологические способы регистрации активности головного мозга – электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Известно, что классические описания таких состояний сознания человека, как сон и бодрствование, были получены по результатам исследований ЭЭГ [13, с. 23-24; 14, с. 1307-1321]. Поэтому для оценки особых состояний сознания, которые сопровождают экстрасенсорное восприятие в процессе альтернативного видения, также использовали ЭЭГ с дальнейшим применением компьютерных комплексов и программ по обработке сигналов мозга.

Биопотенциалы мозга регистрировали при закрытых глазах в состоянии психической и мышечной релаксации и в процессе чтения книги без использования глаз, закрытых светонепроницаемой маской.

Для оценки изменений ЭЭГ при тестовых испытаниях альтернативного видения использовали процедуру сравнения с ЭЭГ в фоновом состоянии психической и мышечной релаксации с закрытыми глазами. В этом случае фоновые показатели активности мозга становились началом отсчёта, так как условия регистрации ЭЭГ (освещение, уровень шумовых помех, температура воздуха, состояние организма и т. д.) оставались одинаковыми как в фоне, так и при выполнении тестов. Поэтому отличия в показателях, которые возникали при выполнении тестов, были отнесены непосредственно к тестируемым процессам. Но поскольку некоторая функциональная изменчивость ЭЭГ характерна и в фоновом состоянии, то обращали внимание только на статистически достоверные отличия.

Регистрацию ЭЭГ проводили на 24-канальном нейровизоре NVX24 производства ООО "Медицинские Компьютерные Системы" с использованием стандартных монополярных отведений в соответствии с принятой международной схемой 10–20% [15, с. 2-17].

Основная цель обработки данных регистрации ЭЭГ заключалась в сопоставлении самоотчёта испытуемого, наблюдаемых паттернов в ритмах мозга и локализации центров электрической активности, ответственных за происхождение этих паттернов. Для этого использовали пакеты компьютерных программ, обеспечивающих анализ спектральных характеристик ЭЭГ и топографическое картирование, а также

трёхмерную локализацию источников электрической активности головного мозга [16, с. 376-382; 17]. Применяли статистический анализ данных для определения достоверности полученных изменений.

Для определения локализации источников электрической активности программа BL6 [17] вычисляла эквивалентные дипольные источники (ЭДИ) ритмической активности мозга по фильтрованным ЭЭГ-данным в дельта-, тета-, бета- и гамма-частотных диапазонах для каждого момента времени с шагом 0.002 сек. Достоверность результатов оценивали исходя из величины коэффициента дипольности (КД). Учитывались только ЭДИ с  $KD \geq 0.94$ .

Результаты трёхмерной локализации ЭДИ графически обозначались точками на трёх ортогональных проекциях головы (вид сверху, вид сбоку и вид сзади) и выводились в текстовый листинг с указанием анатомической привязки ЭДИ к структурам головного мозга.

При интерпретации результатов работы программы имелось в виду, что вычисляемый для анализируемых одномоментных сечений ЭЭГ токовый диполь является эквивалентным, результирующим источником потенциалов ЭЭГ для электрически активной в данный момент времени области мозга. Эквивалентный диполь характеризует суммарную электрическую активность нервных клеток, вовлеченных в текущий момент времени в процесс электрического возбуждения, и расположен в электрическом центре этой области.

Коэффициент дипольности (КД) является показателем того, насколько точно вычисленная дипольная модель описывает пространственное распределение потенциалов на поверхности головы в данный момент времени [17, 18]. Высокий уровень КД отражает не только точность и надёжность вычисления ЭДИ, но и повышенную суммарную электрическую активность в центре нейронного возбуждения. Поэтому при самых высоких значениях  $KD \geq 0.98-0.99$  наблюдаются только распределения ЭДИ электрических колебаний потенциала максимально активных нейроструктур мозга. С учётом того, что максимально активные нейронные структуры могут определять поведение нейросетей в текущий момент времени, этот показатель был использован для оценки и сравнения состояний сознания в процессе развития альтернативного видения.

## Результаты и обсуждение

Нейрофизиологические исследования, проводимые с участниками школы развития альтернативного видения Вячеслава Михайловича Бронникова, показали определённые особенности развития активности мозга в процессе проявления феномена. Так как альтернативное зрение в настоящее время не является широко распространённой способностью среди людей, но обучение этому свойству сознания возможно, то особое значение приобретают признаки его проявления и особенности активности мозга при этом. Поэтому исследование было проведено на первом этапе с наиболее выраженной и устойчивой (более 30 лет) способностью к чтению книжного текста без участия глаз у испытуемого В. Б.

Регистрация ЭЭГ В. Б. проводилась в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами (фон) и в процессе чтения книги молча без участия глаз, закрытых светонепроницаемой маской, с последующим отчётом о содержания текста сразу после окончания регистрации ЭЭГ. Записи ЭЭГ подвергались не только спектральному анализу и оценке статистической достоверности изменений ЭЭГ во время чтения книги по сравнению с фоном, но прежде всего, было обращено внимание на изменения биофизических характеристик: распределение эквивалентных дипольных источников (ЭДИ) дельта-, тета- и гамма-ритмов ЭЭГ в коре головного мозга.

Рисунок 1 показывает, что у испытуемого В. Б. уже в фоновом состоянии психической и мышечной релаксации имеется повышенная локализация ЭДИ дельта- и тета-ритмов в лобно-височной области левого полушария, указывающая на концентрацию активности нейроструктур в этой области. Повышенная активность этой области в фоновом состоянии говорит о том, что она всегда находится в состоянии готовности. Во время чтения книги без использования глаз (в светонепроницаемой маске) активность в этой области значительно усиливается, что определяется по показателям увеличения процентного отношения количества ЭДИ при  $KD \geq 0.94$  к общему количеству вычисленных ЭДИ. При этом наблюдается увеличение по сравнению с фоном количества ЭДИ дельта-ритма ( $KD \geq 0.94$ ) с 9.6% до 12.0% и ЭДИ тета-ритма ( $KD \geq 0.96$ ) с 2.7% до 6.2%.

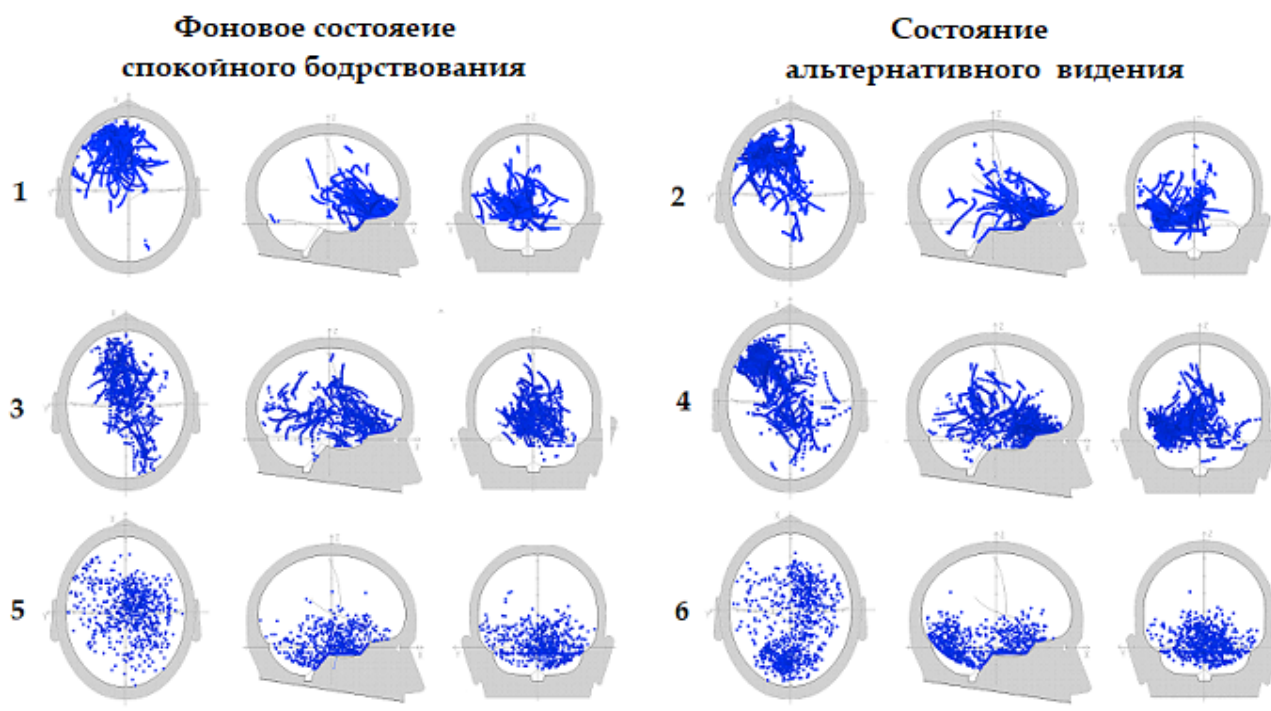


Рис. 1. Испытуемый В. Б. Распределения ЭДИ дельта, тета и гамма ритмов в структурах мозга, представленных в декартовой системе координат: 1) Фон – дельта 0.5–3.5 Гц, КД=0.94; 9.6%; 2) Внешнее видение – дельта 0.5–3.5 Гц, КД=0.94; 12.0%; 3) Фон – тета 4–7 Гц, КД=0.96; 2.7%; 4) Внешнее видение – тета 4–7 Гц, КД=0.96; 6.2%; 5) Фон – гамма 30–45 Гц КД=0.96 1.2% 6) Внешнее видение – гамма 30–45 Гц, КД=0.96 1.6%

Необходимо отметить, что известны функциональные различия левого и правого полушарий мозга [18]. В целом, если правое полушарие доминирует в приёме поступающей информации в виде внешних сигналов в объёме гораздо большем, чем осознаётся, то в левом полушарии необходимая часть информации из правого подвергается анализу и формированию действия. Конечно, отдельные поля активности перекрываются по-разному у разных людей, но можно опираться на эти основные представления.

Более вероятно, что в левом полушарии формируются исходящие потоки активности, которые усиливаются при чтении книжного текста с непрозрачной маской на глазах (рис. 1 (1–4)). Необходимо дальнейшее рассмотрение значения этого параметра повышенной концентрации ЭДИ дельта- и тета-ритмов в левой

лобно-височной области, как одного из возможных показателей альтернативного видения.

Иначе распределяются ЭДИ гамма-ритма. Если ЭДИ гамма-ритма, как показано на рисунке 1 (5-6), в фоновом состоянии сознания концентрируются преимущественно в центральной области правого полушария, то в состоянии альтернативного видения дополнительно усиливается их концентрация в затылочной области обоих полушарий.: количество выявленных ЭДИ при КД  $\geq 0.96$  увеличивается с 2.7% до 6.2%. Повышенная активность в правом полушарии как в фоне, так и во время чтения книги в маске говорит, скорее всего, о преобладании процессов обработки воспринимаемых сигналов, когда формируются зрительные образы книжного текста без участия глаз.

Таблица

**Максимально активные структуры мозга за период регистрации ЭЭГ 100 с  
и количество моментов локализации ЭДИ с повышенным КД  $\geq 0.98-0.99$**

Дельта-ритм в фоне				Дельта-ритм во время альтернативного видения			
Левое полушарие		Правое полушарие		Левое полушарие		Правое полушарие	
BA 11	89			BA 11	320	BA 11	15
				BA 38	56	BA 32	13
				BA 47	34	BA 25	15
Тета-ритм в фоне				Тета-ритм во время альтернативного видения			
Левое полушарие		Правое полушарие		Левое полушарие		Правое полушарие	
BA11	6			BA 11	55		
BA24	1			BA 38	23		
				BA 47	47		
Гамма-ритм в фоне				Гамма-ритм во время альтернативного видения			
Левое полушарие		Правое полушарие		Левое полушарие		Правое полушарие	
BA11	2	BA11	2	BA 11	1	BA 18	1
BA20	1	BA19	1	BA 18	1	BA 20	6
BA22	1	BA20	3	BA 38	1	BA 21	1
BA28	5	BA25	2			BA 28	1
BA34	1	BA28	2			BA 36	4
BA35	1	BA32	2			BA 38	9
BA36	1	BA34	4			BA 47	3
BA38	4	BA36	4			Amygdalum	1
BA47	5	BA37	1			Hypothalamus	1
N. ruber	1	BA47	1				
		Amygdalum	1				
		C.mammilaris	2				
		Hypothalamus	1				
		N.lentiformis	2				
		Subs.nigra	1				

В фоновом состоянии самым активным в диапазоне дельта-ритма ЭЭГ является поле Бродмана 11 (Brodmann area – BA11) в левом полушарии. Эта часть орбитофронтальной коры, в отличие от других фронтальных областей, имеет обширные функциональные связи с другими областями коры, включая сенсорные системы восприятия разной модальности. Кроме того, BA11 участвует в принятии решений, функционировании системы вознаграждений, планировании, в переносе новой информации в долговременную память, в значительной степени способствует концентрации внимания. В таблице отмечено, что не наблюдается ни одной другой структуры, кроме BA11, ни в левом, ни в правом полушарии, которая достигла бы такого же уровня активности в фоновом дельта-ритме ЭЭГ. Надо отметить, что испытуемый В.Б. в обычной повседневной жизни

использует как видение с помощью глаз, так и альтернативное видение без участия глаз. Возможно, поэтому характерная локализация ЭДИ дельта- и тета-ритмов в виде потоков, направленных к поверхности левого полушария, устойчиво сохраняется в обычном фоновом состоянии, значительно усиливаясь при альтернативном видении.

В состоянии альтернативного видения резко повышается активность BA11 в левом полушарии, достигая максимального уровня дипольности в течение 320 моментов за 100 с, по сравнению с 89 моментами в фоне. В левом полушарии проявляется также высокая активность BA38 и BA47. Известно, что BA38 участвует в семантическом представлении высокого уровня и социально-эмоциональной обработке данных.

Область Бродмана 38 (BA38), представляет собой структурно и функционально сложную область, расположенную в самой передней части височной доли. Часто называемая височно-полярной корой головного мозга, эта область играет решающую интегративную роль в обработке эмоций, семантической памяти и социальном познании. Благодаря богатой анатомической структуре и участию в различных когнитивных процессах височный полюс всё чаще рассматривается как зона конвергенции, связывающая потоки перцептивной, эмоциональной и концептуальной обработки информации. Существует прямой двунаправленный путь к орбитофронтальной коре, который позволяет мнемоническим представлениям, хранящимся в височном полюсе, влиять на принятие решений в лобной доле.

BA47 – часть лобной коры головного мозга, которая располагается латеральнее BA11 и изгибается вентрально. BA47 участвует в обработке синтаксиса в устной речи и семантических аспектах языка, а также в распознавании некоторых эмоций. Таким образом, можно предположить, что левое полушарие во время чтения книги с использованием альтернативного видения, с одной стороны, формирует внешний контакт с книжным текстом при участии BA11, с другой – проводит синтаксический и семантический анализ этого текста с помощью наиболее активных BA38 и BA47.

Дельта-ритм ЭЭГ отражает также активацию BA11, BA32, BA25 в правом полушарии. BA11 в правом полушарии значительно менее активен, чем BA11 в левом полушарии – почти в 21 раз. Этот факт подчеркивает мощную активацию BA11 в левой лобно-височной области и позволяет предположить возникновение особых свойств этой активации. Признаки максимальной активности дельта-ритма в BA32 – рецепторной области эмоций в поясной извилине, могут сопровождать эмоциональные проявления альтернативного видения, а максимум дельта-активности в BA25, которое является основным распределителем серотонина в мозге человека, и, следовательно, может стать участником сверхактивности в BA11 левого полушария.

Организация максимальной активности структур мозга в тета-диапазоне ритмов ЭЭГ, в основном, повторяет организацию в дельта-диапазоне ритмов. Отличия заключаются

только в том, что в фоновом состоянии добавляется кратковременно возникшая максимальная активность BA24, а в состоянии альтернативного видения в правом полушарии не выявляются структуры мозга, которые достигли бы высокого уровня активности при максимальном КД.

Иная картина распределения структур с повышенной активностью наблюдается в диапазоне гамма-ритма ЭЭГ. Увеличивается общее количество высокоактивных структур с преобладанием в правом полушарии, как в фоновом состоянии, так и в состоянии альтернативного видения. По всей вероятности, это является следствием повышенной сенсорной деятельности обоих полушарий, особенно правого. В фоновом состоянии активны отдельные ВА коры больших полушарий, поясной извилины и гиппокампа, отдельные ядерные образования лимбической системы. В целом, выделенная активность отражает равновесное состояние мозга во время спокойного бодрствования.

В состоянии альтернативного видения в правом полушарии преобладает активность тех структур, которые могут отражать внутреннее проговаривание читаемого текста (BA20, BA21), синтаксический и семантический анализ текста (BA38, BA47), работу с памятью (BA28, BA36), пространственную ориентацию (BA18). Системы Amygdalum и Hypothalamus могут оказывать эмоциональную и гуморальную поддержку основным функциям. Левое полушарие менее активно.

В результате, в состоянии альтернативного видения создаются специальные условия в лобной области левого полушария – максимальная активность в BA11, где концентрируется активность дельта (2–3 Гц) и тета (4–7 Гц) ритмов ЭЭГ под влиянием ряда условий, в том числе нейрогуморальной активации со стороны BA25. Эти условия могут способствовать возникновению очага инфракрасного (ИК) излучения дальнего диапазона с длиной волны около 2 мм, установленной в лаборатории проф. Ю. П. Пытьева [9; 10; 11, с. 43–45]. Современные исследования подтверждают эффекты фотонного излучения мозга человека и значение в этом процессе митохондриальной активности [23, 24].

Показатели распределения спектральной мощности ритмов ЭЭГ (рис. 2) согласуются с данными локализации ЭДИ происхождения этих ритмов, представленными на рисунке 1.

На рисунке 2 представлены результаты статистического сравнения спектральных характеристик двух записей ЭЭГ испытуемого В.Б. в фоновом состоянии и во время альтернативного видения. Изменения в виде достоверного увеличения спектральной мощности ЭЭГ в

диапазонах дельта- и тета-ритмов представлены в лобно-височной области левого полушария, где и наблюдается повышение плотности распределения ЭДИ этих ритмов во время чтения книги без глаз (рис. 1 (1–4)).

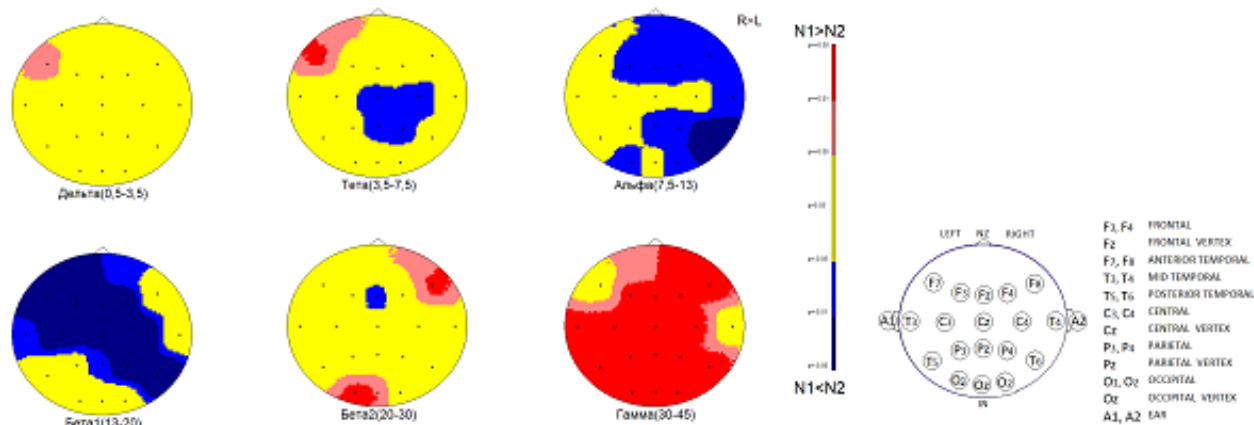


Рис. 2. Испытуемый В.Б. Результаты статистического сравнения спектральной мощности ритмов ЭЭГ. Наблюдаются достоверные изменения в распределении и величине спектральной мощности ритмов во время чтения книги без участия глаз по сравнению с фоновым состоянием. Обозначения: шкала коэффициентов достоверности и схема отведений ЭЭГ в правой части рисунка; ниже каждой карты обозначены ритмы ЭЭГ. Пояснения в тексте

Кроме того, обращает на себя внимание достоверное увеличение спектральной мощности ритмов бета2 (20–30 Гц) и гамма (30–45 Гц) на поверхности коры обоих полушарий в сенсомоторной зоне кожно-мышечного восприятия. При этом увеличение происходит также в правой лобно-височной области и в зрительной коре в затылочных областях обоих полушарий. В настоящее время пока трудно объяснить, какие сигналы о содержании текста книги поступают в правое полушарие, но на эти сигналы, прежде всего, реагируют сенсомоторные зоны в центральных областях коры обоих полушарий и центры зрительного восприятия в сочетании с ассоциированными с ними областями коры.

«Виртуальные глаза» не могут воспринимать и передавать внешние сигналы в зрительные центры коры таким же способом, как и естественные глаза. Но несмотря на это, зрительные образы, воспринимаемые «виртуальными глазами» В.Б., имеют обычный естественный вид, при этом не нарушается даже цветовая гамма. Следует обратить внимание, что во время чтения книги в маске на ЭЭГ одновременно повышается мощность ритмов гамма-диапазона в первичных центрах не

только зрительной, но и кожно-мышечной, и слуховой сенсорной модальности (рис. 2). Это даёт возможность предположить возникновение зрительно-слуховых и зрительно-кинестетических синестезий.

Предполагается, что «виртуальные глаза» могут реагировать только на длины волн отражённого объекта, а цветное изображение формируется в зрительных зонах коры.

Ранее было обнаружено, что глаза и точки акупунктуры излучают колебания инфракрасного (ИК) и миллиметрового (КВЧ) диапазонов [20, с. 26–35], а также чувствительны к воздействиям ЭМВ ИК и КВЧ диапазонов [20, с. 26–35; 21]. То, что чтение книги в маске на глазах происходит с участием волн, подтверждает факт снижения эффективности распознавания текста в связи с увеличением длины волн «опорного излучения», которое наблюдается при утомлении [9, 10]. Было показано, что увеличение длины волны опорного излучения более 2 мм является устойчивым признаком утомления испытуемых, владеющих альтернативным видением.

Были также зарегистрированы не известные ранее микроволновые ЭМИ УВЧ/СВЧ-диапазона (от 1,5 до 4,5 ГГц) с мощностью

сигналов на уровне -130 дБм – 100 дБм ( $1 \cdot 10^{-15}$  –  $1 \cdot 10^{-13}$  Вт), имеющие зональные различия в различных областях головы человека и отсутствующие при измерениях от других участков тела обследуемых. Регистрация микроволновых излучений головного мозга человека открывает новый информационный канал.

Полученные результаты картирования спектральной мощности бета- и гамма-ритмов ЭЭГ дают возможность начать рассмотрение путей поступления информации без участия глаз для построения зрительных образов и восприятия книжного текста. Значительное увеличение мощности этих ритмов в сенсомоторной зоне обоих полушарий во время альтернативного видения по сравнению с фоном можно интерпретировать как усиление кожной чувствительности к восприятию внешних сигналов. Если эти сигналы относятся к восприятию книжного текста или других зрительных объектов, то возможны два пути их дальнейшего преобразования в осознаваемые зрительные образы. Первый возможный путь преобразований – синестезии, который осуществляется за счёт биофизического взаимодействия сенсорных систем разной модальности благодаря особенностям распространения и сенсорного стробирования альфа-ритма [2, с. 19-29; 3, с. 6-12]. Второй возможный путь – ассоциативная память о сочетаниях поступающих внешних сигналов с уже ранее запомнившимися зрительными образами или их деталями.

Программы обучения и тренировки альтернативного видения, разработанные создателями школы В. М. Бронникова, успешно применяются для развития этой способности у слепых и слабо видящих детей, а также у взрослых. Однако для достижения результатов некоторыми учащимися требуется достаточно

длительное время – месяцы, иногда годы. В таких случаях для развития необходимых мозговых функций требуется дополнительная информация о состоянии важных для их исполнения нейроструктур и об эффективности взаимодействия между ними.

Существует возможность совершенствовать систему обучения, опираясь на чёткие и стабильные показатели альтернативного (внешнего) видения, которые можно использовать для развития необходимых функций у обучаемых.

Например, на рисунке 3 представлены данные об изменениях спектральных характеристик ЭЭГ во время чтения книги в состоянии альтернативного видения по сравнению с фоном у испытуемого В. Б. (рис. 3 (1)).

Аналогичные исследования, проведённые с участием учащихся (рис. 3 (2, 3, 4)), показывают изменения спектральной мощности ритмов ЭЭГ, сходные с изменениями у В.Б., но отсутствует очень важный признак – нет повышения активности в лобно-височной области левого полушария. Максимальная активность мозга именно в этой области, выраженная в дельта-диапазоне ритмов ЭЭГ (рис. 1 (2)), может породить излучение инфракрасных ЭМВ, которые, благодаря проницаемости черепа, могут стать источником «опорного излучения» для голографического отображения внешних объектов при альтернативном видении.

С другой стороны, сходство изменений спектральных характеристик ЭЭГ учащихся, несмотря на индивидуальные различия ЭЭГ, говорит о высокой эффективности обучения. Однако возникает задача дальнейшего повышения эффективности обучающих программ для развития определённых функций лобно-височной области левого полушария.



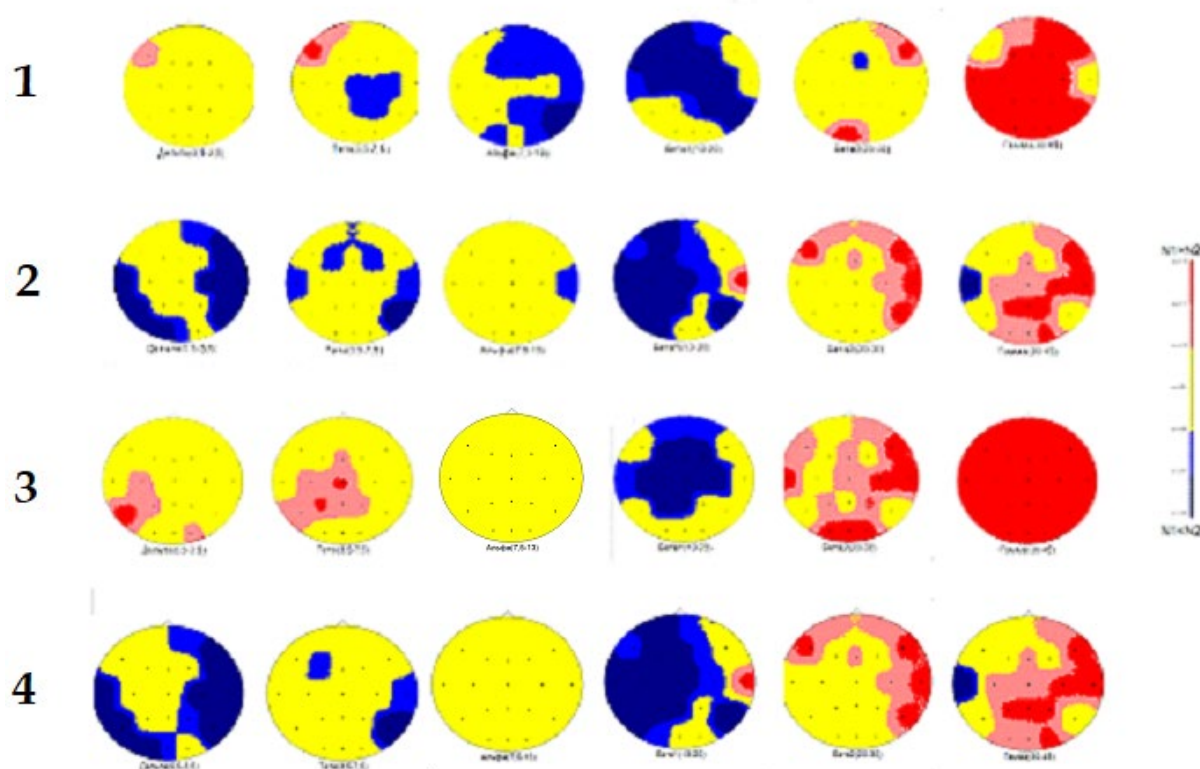


Рис. 3. Сравнение спектральной мощности двух ЭЭГ-записей (критерий Стьюдента) по отдельным диапазонам ритмов (дельта, тета, альфа, бета1, бета2, гамма – указаны под изображением карты). Отведения ЭЭГ как на рисунке 2. Шкала уровня значимости  $p$  со знаком (двухсторонний ( $N1-N2$ )) расположена в правой части рисунка. Испытуемые: 1) В. Б., 2) О. К., 3) А. Л., 4) Д. Ц. Описание в тексте

Чёткие отличия наблюдаются и в показателях процентного отношения выявленных ЭДИ дельта-ритма при  $КД \geq 0.94$  к общему количеству ЭДИ. Высший показатель 12% у В.Б., учащиеся имеют более низкие цифры. Это дополнительно показывает большое значение активности лобно-височной области левого полушария для развития альтернативного видения. ЭДИ гамма-ритма, напротив, в процентном отношении имеют разные, в том числе, более высокие цифры, чем у В. Б. Но и при более высоких цифрах плотное распределение ЭДИ наблюдается в других структурах, а в зрительной области затылочной коры количество ЭДИ меньше, чем у В.Б. Это наблюдение ставит следующую задачу повышения эффективности программ обучения: развитие когнитивных

способностей, связанных с взаимодействием зрительной системы с ассоциативной памятью и синестезиями.

Альтернативное видение – это сложная реорганизация нейронных сетей, где мозг использует нестандартные сенсорные пути и усиленные когнитивные механизмы. Для достижения этого состояния необходима целенаправленная тренировка интеграции тактильных, проприоцептивных и мнемических сигналов, а также контроль ритмической активности мозга (особенно дельта-, тета- и гамма-диапазонов). Такими способами проявляемая нейропластичность мозга компенсирует отсутствие зрения, перераспределяя ресурсы на тактильные, проприоцептивные и мнемические пути.

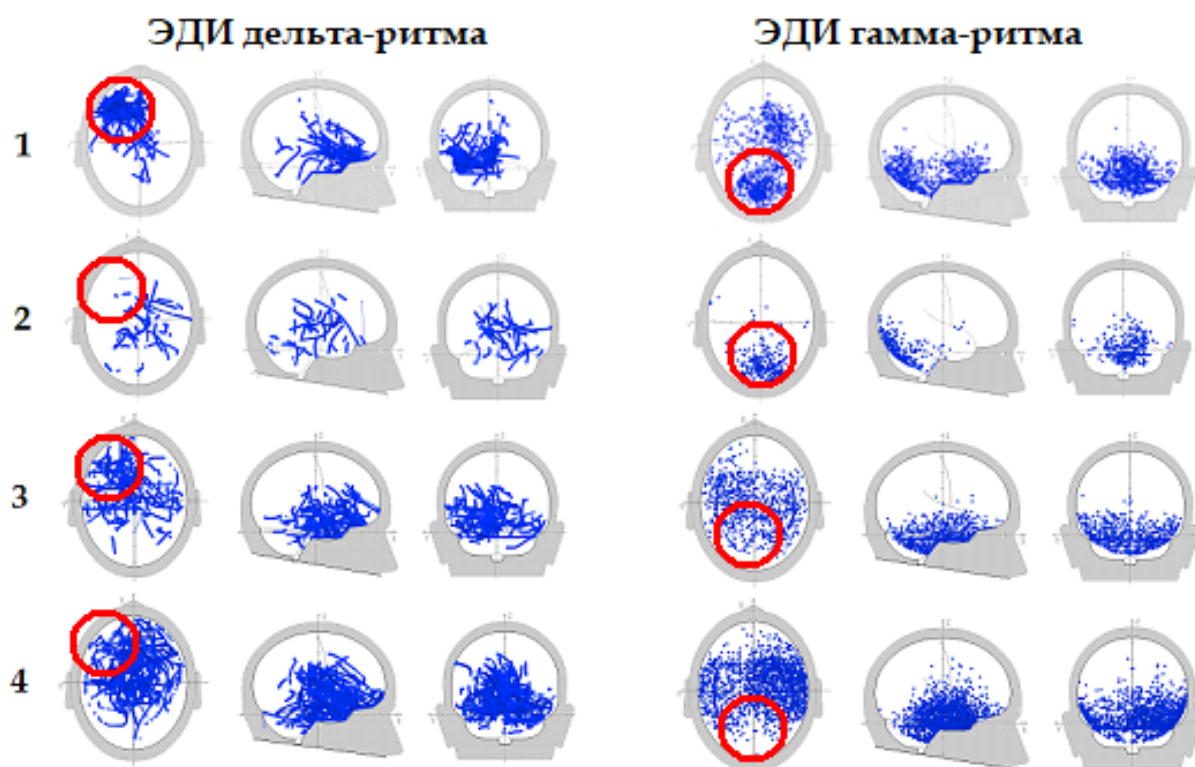


Рис. 4. Распределения ЭДИ дельта и гамма ритмов ЭЭГ в состоянии альтернативного видения. Красной окружностью обозначены области принципиально важной активности для проявления альтернативного видения. Указано процентное отношение выявленных ЭДИ при заданном КД к общему количеству ЭДИ при минимальном КД у испытуемых:

- 1) В.Б. – дельта 0.5–3.5 Гц, КД  $\geq 0.94$ ; 12.0%; гамма 30–45 Гц, КД  $\geq 0.96$  1.6%;
- 2) О.К. – дельта 0.5–3.5 Гц, КД  $\geq 0.94$ ; 1.5%; гамма 30–45 Гц, КД  $\geq 0.96$  0.6%;
- 3) А.Л. – дельта 0.5–3.5 Гц, КД  $\geq 0.94$ ; 6.6%; гамма 30–45 Гц, КД  $\geq 0.96$  2.0%;
- 4) Д.Ц. – дельта 0.5–3.5 Гц, КД  $\geq 0.94$  10.6%; гамма 30–45 Гц, КД  $\geq 0.96$  4.0%

На рисунке 4 представлены распределения ЭДИ дельта- и гамма-ритмов ЭЭГ в поверхностных и глубоких структурах мозга у испытуемого В. Б. и учащихся (рис. 4). Лобно-височная область левого полушария обведена красной окружностью для сопоставления плотности распределения активных центров, обозначенных локализацией ЭДИ. Наблюдается снижение количества ЭДИ в окружности за счёт рассеивания и уменьшения их плотности у обучаемых лиц. Именно центр концентрации ЭДИ дельта-ритма у В. Б. находится в центре окружности. У остальных испытуемых центры концентрации ЭДИ сдвинуты в сторону правого полушария и не соответствуют зонам активности полей Бродмана 11,47,38.

Поэтому испытуемые с распределениями ЭДИ дельта-ритма, как показано на рисунке 4 (2, 3, 4), могут распознавать только отдельные буквы или слова, но не могут читать книжный текст целиком.

Если максимальная концентрация ЭДИ гамма-ритма у В.Б. наблюдается в зрительной зоне коры затылочной области (рис. 4 (1)), то у обучающихся (рис. 4 (2, 3, 4)) концентрация ЭДИ или снижается (рис. 4 (2)), или смещается в другую область коры больших полушарий. Поэтому увеличение количества ЭДИ гамма-ритма у обучаемых (рис. 4 (3, 4)) становится дополнительным «когнитивным каркасом» для альтернативного восприятия.

Нейрофизиологические методы (ЭЭГ) объективно подтверждают существование феномена альтернативного видения у лиц, способных к восприятию внешних объектов и чтению книг без использования глаз, а также у обученных альтернативному видению лиц. Мозг переходит в качественно иное функциональное состояние при его реализации, затрагивающее участие систем восходящей неспецифической активации коры мозга, центры эмоциональной

регуляции лимбической системы, системы восприятия различных сенсорных модальностей.

### Выводы

1. Альтернативное зрение – способность воспринимать зрительную информацию без использования глаз, подтверждено экспериментальными исследованиями под руководством академика Н. П. Бехтеревой и проф. Ю. П. Пытьева, которые доказали, что это воспроизводимый и изучаемый феномен, а не уникальное явление.

2. В настоящей работе продолжены нейрофизиологические исследования, которые показали, что при альтернативном зрении наблюдаются статистически значимые изменения в ЭЭГ:

- усиление дельта- и тета-ритмов в лобно-височной области левого полушария (зоны Бродмана 11, 38, 47);
- активация гамма-ритмов в зрительной коре и в сенсомоторных зонах обоих полушарий.

Это указывает на перестройку функционального состояния мозга и вовлечение нестандартных нейронных сетей.

3. Левое полушарие (особенно BA11) играет ключевую роль в организации процесса альтернативного зрения и является дополнительным подтверждением голографической модели восприятия, предложенной проф. Ю. П. Пытьевым. Высокая активность в BA11 совпадает у В. Б. с областью излучения «опорной волны» (длина волны ~1,5–2 мм), которая интерферирует с объектным излучением от книжного текста.

4. При альтернативном зрении активируются первичные центры разных сенсорных модальностей (зрение, слух, тактильность). Это позволяет предположить участие синестезий – преобразования сигналов из одной модальности в другую.

5. Обучение по методу В. М. Бронникова позволяет развивать альтернативное зрение у слепых, слабо видящих и зрячих с использованием оптимального вида голограммы восприятия без участия глаз. Дополнительным объективным показателем голограммы является концентрация активности в левой лобно-височной области (дельта-ритм в сочетании с инфракрасным излучением).

6. Нейрофизиологический мониторинг (ЭЭГ, ЭДИ) позволяет оценивать прогресс в

обучении и корректировать программы. Выявленные «эталонные» паттерны активности мозга (у испытуемого В.Б.) могут служить ориентиром для развития способности у других.

7. Остаются нерешённые вопросы. Природа «опорного излучения» (электромагнитное или иное) и механизм его генерации сознанием остаются не до конца изучены. Не ясен точный путь передачи сигналов от «виртуальных глаз» к зрительной коре.

8. Альтернативное зрение – это сложный, но реальный феномен, основанный на нейропластичности, голографических принципах восприятия и сенсорной интеграции. Его изучение открывает новые возможности для реабилитации слепых и понимания скрытых ресурсов человеческого мозга.

### Литература

1. Коёкина О.И. Способности к интегральному телесному восприятию и ясновидению у народных целителей (Нейрофизиологические исследования) // The unity of science. 2017. October, С. 91-95.
2. Кузьев А.Е., Коёкина О.И. Альфа-стробирование сенсорных сигналов мозга и синестезии при доминирующем типе восприятия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 11, С. 19-29.
3. Коёкина О.И., Кузьев А.Е. Алгоритм альфа-сканирования сигналов в зонах первичного восприятия коры мозга и развитие синестезий при прослушивании музыкальных мелодий с эмоциональным содержанием // Актуальные исследования. 2023. № 47 (177). С. 6-12.
4. Katharina Friedrich – Sehen ohne Augen [https://betewi-akademie.de/wp-content/uploads/2018/12/Seite-008-013-Friedrich\\_Sehen-ohne-Augen.pdf](https://betewi-akademie.de/wp-content/uploads/2018/12/Seite-008-013-Friedrich_Sehen-ohne-Augen.pdf) (дата обращения: 09.10.2025).
5. Roanne H., Liana M. // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2017. Dec. № 83. P. 155-159. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2017.09.029.
6. Buchs G., Heimler B., Amedi A. The Effect of Irrelevant Environmental Noise on the Performance of Visual-to-Auditory Sensory Substitution Devices Used by Blind Adults // Multisensory Research, 2019. Jan1. 32(2). P. 87-109. doi:10.1163/22134808-20181327.
7. Чимбулатов И. Звуковое зрение vOICE vision. Взгляд из тьмы // Russian\_rehab\_industry

5.11.2019 <https://habr.com/ru/articles/474576/> (дата обращения: 09.10.2025).

8. Danilov Y., Tyler M. BrainPort: an alternative input to the brain // *Journal of Integrative Neuroscience* January 2006.

9. <https://www.researchgate.net/publication/7384990> (дата обращения: 09.10.2025).

10. Пытьев Ю.П., Анциферова Н.А., Анциферов А.Л. Электромагнитные явления при экстрасенсорном восприятии // *Вестник МГУ. Сер. 14. Психология*. 1995. № 2.

11. Пытьев Ю.П., Пытьева Т.П. Физические процессы экстрасенсорного восприятия // *Программные продукты и системы*. 1996. С. 43-45.

12. Пытьев Ю.П. Феномены «видения» с закрытыми глазами: проблемы и результаты исследований // *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2000. № 5. С. 43-49.

13. Бехтерева Н.П., Ложникова Л.Ю., Данько С.Г., Мелючева Л.А., Медведев С.В., Давитая С.Ж. О так называемом альтернативном зрении или феномене прямого видения // *Журнал физиология человека*. 2002. Т. 28. № 1. С. 23-34.

14. Jasper H.H. Unspecific thalamocortical relations // In *YHandbook of phisiol*. Washington. 1960. sec. 1,2. P. 1307-1321.

15. Moruzzi G. Reticular influences on the EEG // *EEG a. Clinical Neurophysiol*. 1964. V. 16. № ½. P. 2-17.

16. Homan R.W., Herman J., Purdy P. Cerebral location of international 10–20 system electrode placement // *EEG and Clinical Neurophysiology*. 1987. № 66: P. 376-382.

17. Митрофанов А.А. Компьютерная система анализа и топографического картирования электрической активности мозга «Brainsys». М. Статокин. 2019. 65 с.

18. Коптелов Ю.М. Программа трёхмерной локализации источников электрической активности головного мозга BrainLoc. Версия 6.1. Руководство пользователя Москва. 2024. 70 с.

19. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). М.: «МЕДпресс-информ». 2004. 624 с.

20. Коёкина О.И. Нейрофизиологические показатели способности народных целителей к внесенсорному восприятию и биоэнергетической коррекции здоровья // *Рефлексотерапия и комплементарная медицина*. 2020, Т. 3. № 33. С. 26-35.

21. Коёкина О.И. Патент на изобретение № 2290061 «Способ определения способности человека к экстрасенсорному восприятию по данным электроэнцефалограммы» // Российская Федерация. Заявка № 2004126735. Приоритет изобретения 06 сентября 2004 г.

22. Абдулкеримов С.А., Ермолаев Ю.М., Родионов Б.Н. Продольные электромагнитные волны. Теория, эксперименты, перспективы применения. Москва. 2003. С. 72-83.

23. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Краткие сведения для врачей о физических особенностях процессов, происходящих в организме при высокоэффективной КВЧ-терапии, осуществляемой с помощью установок «Явь-1», и связанных с воздействием на организм электромагнитных волн миллиметрового диапазона // Архивная копия от 19 ноября 2011 на Wayback Machine.

24. Roeland Van Wijk1, Eduard P.A. Van Wijk1, Jingxiang Pang, Meina Yang, Yu Yan1, Jinxiang Han. Integrating Ultra-Weak Photon Emission Analysis in Mitochondrial Research // *Front. Physiol*. 2020. Vol. 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00717> (дата обращения: 09.10.2025).

25. Casey H., DiBerardino I., Bonzanni M., Rouleau N., Nirosha J.M. Exploring ultraweak photon emissions as optical markers of brain activity // *iScience*. 2025. V. 28. Issue 3. March 21, 2025 <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112019> (дата обращения: 09.10.2025).

26. Шевелёв И.А. Волновые процессы в зрительной коре мозга // *Природа*. 2001. № 12. (дата обращения: 17.07.2025).

27. Барк Е.Д. Исследование альфа-ритма ЭЭГ как распространяющегося волнового процесса: автореф. дис. канд. биол. наук. Москва. 2006. 18 с.

**BRONNIKOV Vladimir Vyacheslavovich**

Director,  
School of Vladimir Bronnikov NeoLudi, Russia, Moscow

**KOYOKINA Olga Ivanovna**

Candidate of Medical Sciences, Director,  
Scientific Center for Consciousness Research, FPNIS, Russia, Moscow

**KUZHIAEV Alexander Evgenyevich**

Head of the Laboratory,  
Chaos Research Laboratory, Russia, Moscow

**RODIONOV Boris Nikolayevich**

Doctor of Technical Sciences, Consultant,  
Scientific Center for Consciousness Research, FPNIS, Russia, Moscow

## **COMPARISON OF NEUROPHYSIOLOGICAL, BIOPHYSICAL AND PHYSICAL ALTERNATIVE VISION STUDIES**

**Abstract.** *The article is devoted to the study of neurophysiological, biophysical and physical aspects of alternative vision, which is understood as the ability to perceive visual information without using the eyes. The authors of the article review the research on this topic and present the results of their own research. The article discusses various approaches to the study of alternative vision, including neurophysiological, biophysical and physical methods. The authors discuss the holographic model of alternative vision and present the results of research on the electrical activity of the brain in alternative vision. The article will be of interest to specialists in the field of neurophysiology, biophysics, physics and psychology, as well as to anyone interested in problems of perception and consciousness.*

**Keywords:** *vision without eyes, synesthesia, left frontotemporal region, Brodmann fields BA11, BA38, BA47, holographic perception.*

# Актуальные исследования

Международный научный журнал

2025 • № 47 (282)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

*Учредитель и издатель:* ООО «Агентство перспективных научных исследований»

*Адрес редакции:* 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

*Email:* [info@apni.ru](mailto:info@apni.ru)

*Сайт:* <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 02.12.2025 г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40