

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

№114, Октябрь 2024  
(Часть 10)



Самара, 2024

T33

**Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №114, Октябрь 2024 (Часть 10) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 – 180 с.**

**doi:** 10.18411/trnio-10-2024-p10

**Тенденции развития науки и образования** - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного  
профессионального образования

УДК 001.1  
ББК 60

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Чернопятов Александр Михайлович**

Кандидат экономических наук, Профессор

**Царегородцев Евгений Леонидович**

Кандидат технических наук, доцент

**Пивоваров Александр Анатольевич**

Кандидат педагогических наук

**Малышкина Елена Владимировна**

Кандидат исторических наук

**Ильющенко Дмитрий Павлович**

Кандидат технических наук

**Дробот Павел Николаевич**

Кандидат физико-математических наук, Доцент

**Божко Леся Михайловна**

Доктор экономических наук, Доцент

**Бегидова Светлана Николаевна**

Доктор педагогических наук, Профессор

**Андреева Ольга Николаевна**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**

Кандидат юридических наук

**Ерыгина Анна Владимировна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Чебыкина Ольга Альбертовна**

Кандидат психологических наук

**Левченко Виктория Викторовна**

Кандидат педагогических наук

**Петраш Елена Вадимовна**

Кандидат культурологии

**Романенко Елена Александровна**

Кандидат юридических наук, Доцент

**Мирошин Дмитрий Григорьевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ефременко Евгений Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, Доцент

**Шалагинова Ксения Сергеевна**

Кандидат психологических наук, Доцент

**Катермина Вероника Викторовна**

Доктор филологических наук, Профессор

**Полицинский Евгений Валериевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Пузыня Татьяна Алексеевна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**

Доктор биологических наук, Доцент

**Афанасьева Татьяна Гавриловна**

Доктор фармацевтических наук, Доцент

**Байрамова Айгюн Сеймур кызы**

Доктор философии по техническим наукам

**Лыгин Сергей Александрович**

Кандидат химических наук, Доцент

**Заломнова Светлана Петровна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Радкевич Михаил Михайлович**

Доктор технических наук, Профессор

**Гуткевич Елена Владимировна**

Доктор медицинских наук

**Матвеев Роман Сталинарьевич**

Доктор медицинских наук, Доцент

**Шамутдинов Айдар Харисович**

Кандидат технических наук, Профессор

**Найденов Николай Дмитриевич**

Доктор экономических наук, Профессор

**Романова Ирина Валентиновна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Хачатурова Карине Робертовна**

Кандидат педагогических наук

**Кадим Мундер Мулла**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Григорьев Михаил Федосеевич**

Кандидат сельскохозяйственных наук

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ XXIV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	8
<b>Азнагулова Р.Р.</b> Гидрофобная отделка: повышение водоотталкивающих свойств целлюлозных текстильных материалов .....	8
<b>Алескеров Г., Сулейманлы Я., Рустамзаде Д.</b> Методика расчета конвективной диффузии при последовательном транспорте высоковязкой нефти .....	10
<b>Балтрашевич В.Э.</b> Использование баз знаний при разработке ПК с меняющейся структурой. 16	
<b>Гайнанов И.И.</b> Работы перед строительством нефтяных месторождений в условиях вечной мерзлоты .....	20
<b>Ибрагимов А.Т., Ибрагимова З.М.</b> Особенности внедрения инструментов персонализации маркетинга на рынке «B2B» .....	23
<b>Ибрагимова З.М., Закриева М.С.</b> Применение Big Data в бизнесе .....	25
<b>Лу Ц., Сунь Х., Чжуан С.</b> Портовый механизм проектирование и внедрение автоматизированного процесса сборки колесно-осевых узлов .....	28
<b>Любимов П.В.</b> Применение инструментов финансового и системного анализа для определения оптимальной стратегии инвестирования при выборе из множества альтернатив технологий интенсификации теплообмена по связному ключевому параметру .....	31
<b>Мукминова И.Р.</b> Оценка методов обработки льняной тресты .....	36
<b>Низомадинова Р.А.</b> Цветовое восприятие объектов промышленной архитектуры и строительных материалов .....	39
<b>Петрова С.Ю.</b> Сравнительный анализ нотации BPMN и UML-диаграммы деятельности с дорожками .....	42
<b>Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б.</b> Метод SWOT-анализа в стратегии управления охраной труда предприятия .....	46
<b>Рожкова Е.А.</b> Анализ функциональных характеристик спутниковой системы «Марафон» в контексте навигационных потребностей .....	51
<b>Скок А.С.</b> Спускоподъемные операции в бурении: от традиций к автоматизации .....	54
<b>Соколов Н.С.</b> Геотехническая практика строительства в стесненных условиях .....	56
<b>Соколов Н.С.</b> Использование буроинъекционных свай эрт в качестве заглубленных строительных конструкций ограждений котлованов .....	62
<b>Соколов Н.С.</b> Строительство в особо стесненных условиях – геотехнический опыт .....	67
<b>Соколов Н.С.</b> Технология ЭРТ строительства инженерных сооружений на структурно неустойчивых склонах .....	73
<b>Сунь Х., Чжуан С., Лу Ц.</b> Промышленный Интернет вещей: применение технологий для оптимизации производительности .....	78
<b>Тетерин Н.Н., Смоленцева В.В.</b> К вопросу формализации задачи выявления деструктивного поведения с применением технологий искусственного интеллекта .....	81
<b>Улубаева А.С., Галазова С.С.</b> Автоматизация процесса управления персоналом в деятельность компании .....	84
<b>Федяев А.А., Санжара А.Е.</b> Влияние на качество формирования клеевых соединений свойств и характеристик древесины .....	86

<b>Федяев А.А., Санжара А.Е.</b> Влияние характеристик клея и условий склеивания на качество формирования клеевых соединений древесины .....	89
<b>Федяев А.А., Санжара А.Е.</b> Методы оценки качества клеевых соединений из древесины ...	91
<b>Федяев А.А., Семенов Я.Я.</b> Анализ теплопотерь различных видов оконных блоков .....	94
<b>Федяев А.А., Семенов Я.Я.</b> Выбор энергоэффективных деревянных оконных блоков методом тепловидения .....	98
<b>Федяев А.А., Федяева Н.Ю.</b> Анализ тепловых потерь домов из цельного бруса .....	101
<b>Федяев А.А., Федяева Н.Ю.</b> Идентификация теплопотерь в местах стыков стен деревянных домов .....	103
<b>Федяев А.А., Федяева Н.Ю.</b> Инфракрасная съемка элементов деревянных домов.....	106
<b>Федяев А.А., Федяева Н.Ю.</b> Тепловизионная идентификация теплопотерь деревянных домов .....	109
<b>Федяева Н.Ю., Семенов Я.Я.</b> Классификация деревянных домов.....	112
<b>Федяева Н.Ю., Семенов Я.Я.</b> Обоснование выбора толщины стен деревянных домов .....	115
<b>Халиков Р.М., Иванова О.В., Павлов С.Ю., Глазачев А.О.</b> Супрамолекулярные нанодобавки повышающие технологические характеристики бетонов в транспортных сооружениях .....	118
<b>Халиков Р.М., Иванова О.В., Зайнуллин С.С.</b> Рациональные технологии конструирования защитных покрытий водопроводных инженерных сетей .....	121
<b>Чжан Ц.</b> Текущее состояние и перспективы применения мехатронных систем в автоматизированных производственных линиях .....	124
<b>Чжуан С., Сунь Х., Лу Ц.</b> Применение технологий Интернета вещей в управлении библиотеками .....	127
<b>Чкалов Р.В., Кочуев Д.А., Чкалова Д.Г.</b> Генерация второй гармоники как критерий оценки результатов ГИП-обработки сульфида цинка .....	130
<b>Чкалов Р.В., Кочуев Д.А., Чкалова Д.Г.</b> Исследование ZnS методом послыной регистрации рассеяния лазерного излучения.....	133
<b>Чкалов Р.В., Кочуев Д.А., Чкалова Д.Г.</b> Исследование микротвердости образцов ZnS до и после ГИП-обработки.....	136
<b>Uliankina I.V.</b> Application of AI for enhancing climate resilience: technological solutions and their effectiveness.....	138
<b>РАЗДЕЛ XXV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ.....</b>	144
<b>Айбушев Т.Ф.</b> Добыча тяжелой нефти: преимущества и перспективы SAGD .....	144
<b>Айбушев Т.Ф.</b> Оборудование для резервуаров: основные проблемы и меры по предотвращению аварий .....	146
<b>Полянскова Е.А., Горячева А.А., Клейменова Т.В.</b> Анализ потерь нефтепродуктов при хранении в резервуарах .....	149
<b>Скок А.С.</b> Разработка нефтяных месторождений: управление и контроль .....	152
<b>Скок А.С.</b> Система обработки сточных вод .....	154
<b>РАЗДЕЛ XXVI.ЭНЕРГЕТИКА.....</b>	158

---

<b>Маслов П.Е.</b> Работа водогрейного котла Logano GE315-105: Повышение эффективности встроенной котельной .....	158
<b>Нафиков А.С.</b> Технологии обратного водоснабжения в теплоэнергетике.....	161
<b>Рахматуллин С.С.</b> Проектирование РЗА объектов электроэнергетики: современные системы передачи цифровых данных.....	163
<b>Рахматуллин С.С.</b> РЗА энергосистем: основные виды каналов связи для транспортирования аварийной информации .....	166
<b>Степанов М.Е.</b> Инновационные подходы к электроприводам для снижения общего энергопотребления в нефтегазовой отрасли США.....	168
<b>Шагибекова Я.Е.</b> Энергосбережение и комфорт: кинетическая архитектура .....	173

## РАЗДЕЛ XXIV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Азнагулова Р.Р.

### Гидрофобная отделка: повышение водоотталкивающих свойств целлюлозных текстильных материалов

Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-421

#### Аннотация

В статье рассматриваются методы повышения водоотталкивающих свойств целлюлозных текстильных материалов с помощью гидрофобной отделки. Для решения этой проблемы используются различные методы гидрофобной отделки, включая применение фторсодержащих соединений, силиконов, парафинов и акриловых полимеров. В статье подробно описаны принципы действия этих веществ, их преимущества и недостатки, а также влияние на эксплуатационные характеристики тканей.

**Ключевые слова:** гидрофобная отделка, целлюлозные текстильные материалы, водоотталкивающие свойства, фторсодержащие соединения, силиконы, парафины, акриловые полимеры.

#### Abstract

The article discusses methods for improving the water-repellent properties of cellulose textile materials using hydrophobic finishing. To solve this problem, various methods of hydrophobic finishing are used, including the use of fluorinated compounds, silicones, paraffins and acrylic polymers. The article describes in detail the principles of action of these substances, their advantages and disadvantages, as well as their effect on the performance characteristics of tissues.

**Keywords:** hydrophobic finish, cellulose textile materials, water repellent properties, fluorinated compounds, silicones, paraffins, acrylic polymers.

В современной текстильной промышленности усиленно растут требования к качеству и конкурентоспособности продукции, что подчеркивает актуальность необходимости разработки новых химических препаратов и технологий для придания текстильным материалам комплекса положительных свойств. Целлюлозные текстильные материалы, такие как хлопок и лен, широко используются в текстильной промышленности благодаря своей натуральности, биологической разлагаемости и комфортным свойствам. Но, из-за их гигроскопичной природы, они обладают высокой способностью впитывать влагу, что делает их менее подходящими для некоторых применений, таких как защита от атмосферных осадков или водных загрязнений. Решением данной проблемы может стать гидрофобная отделка, которая нацелена на создание водоотталкивающего покрытия на поверхности материала.

Гидрофобная отделка текстиля набирает популярность в последние годы ввиду растущего спроса на функциональные и технические ткани, которые можно использовать в спортивной одежде, защитной униформе, автомобильной промышленности и даже в медицине. Традиционные способы гидрофобной обработки, такие как использование фторсодержащих химикатов, имеют ряд экологических проблем, что требует поиска новых, более экологичных решений.

Гидрофобная отделка заключается в нанесении на поверхность ткани специальных веществ, которые создают барьер для воды. Эти вещества могут образовывать сплошные пленки или оболочки на волокнах, предотвращая проникновение влаги внутрь материала. Основные методы гидрофобной отделки включают использование фторсодержащих соединений, силиконов, парафинов и акриловых полимеров.

На сегодняшний день существует несколько способов гидрофобной отделки текстильных материалов, среди которых можно выделить следующие:

1. Использование фторполимеров – данный метод обеспечивает отличные водоотталкивающие свойства, однако фторсодержащие соединения, такие как пер- и полифторированные алкилсубстанции (PFAS), оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Эти вещества трудно разлагаются и могут накапливаться в организме человека, что привело к разработке ограничений на их использование.
2. Применение парафиновых восков и силиконов является одним из классических способов гидрофобизации целлюлозных материалов. Силиконовые покрытия обладают высокой стабильностью, термостойкостью и долговечностью, однако иногда могут ухудшать дышащие свойства тканей.
3. Метод плазменной обработки – такая обработка создает на поверхности материала наномасштабные структуры, изменяя химические и физические свойства поверхности ткани, позволяя обеспечить стойкий водоотталкивающий эффект без необходимости использования химических пропиток.
4. Применение акриловых эмульсий – они создают на поверхности материала водоотталкивающий слой, который увеличивает время впитывания воды в 7-8 раз.
5. Использование диизоцианатов: толуилен-2,4-диизоцианат (2,4-ТДИ), которые взаимодействуют с целлюлозными волокнами, образуя прочные связи, которые улучшают гидрофобные свойства материала.
6. В связи с возросшими требованиями к экологичности и безопасности текстильных материалов, ведется активная работа по разработке новых методов гидрофобной отделки на основе натуральных и биосовместимых веществ. Один из таких методов основан на пропитке материала специальными растворами, содержащими комбинацию органосиликонов и натуральных восков, которые полимеризуются при нагревании, создавая водоотталкивающую пленку. Преимущества этого метода включают:
  - отсутствие токсичных растворителей,
  - минимальное влияние на тактильные и дышащие свойства ткани,
  - экологичность процесса за счет использования натуральных компонентов.
7. Метод, основанный на образовании упругой пленки на волокне. Эта пленка сглаживает поверхность волокон, предотвращает проникновение влаги и сохраняет межволоконное пространство, обеспечивая воздухопроницаемость. При этом структура ткани остается практически неизменной, как показывают микрофотографии. Такой метод обработки имеет потенциал для применения в текстильной промышленности, предоставляя возможность улучшения свойств материалов и придания им новых функциональных характеристик.

Итак, этот метод обеспечивает эффективную гидрофобизацию материала, при этом сохраняя его воздухопроницаемость и другие важные характеристики. Важным преимуществом этого метода является возможность сокращения времени термообработки по сравнению с традиционными методами.

Если обобщать, одним из главных преимуществ любой гидрофобной отделки текстиля является возможность продления срока службы изделий и сохранение их эстетических и эксплуатационных свойств. Но при разработке новых способов обработки необходимо учитывать следующие сложности:

- обеспечение равномерного покрытия и долговечности эффекта;
- сохранение комфортных свойств ткани, таких как воздухопроницаемость и мягкость;

- экологичность и безопасность процесса обработки.

Для оценки эффективности способа гидрофобной отделки целлюлозных материалов проводятся испытания на нескольких образцах текстиля, обработанных водоосновной смесью органосилонов и восков. Исследование включало следующие этапы:

1. Образцы хлопковых и льняных тканей были подвергаются предварительной очистке для удаления загрязнений и остатков химических веществ. Далее они обрабатываются гидрофобным раствором с различной концентрацией активных компонентов.
2. Испытания на водоотталкивающие свойства. Гидрофобные свойства оцениваются методом капельного теста, при котором на поверхность ткани наносится капля воды, и измеряется угол смачивания. Чем выше угол смачивания, тем более гидрофобной является поверхность.
3. Обработанные ткани подвергаются механическим испытаниям, таким как истирание и стирка, для оценки долговечности и стойкости водоотталкивающего эффекта. После каждого цикла стирки измерялся угол смачивания и сравнивался с исходными данными.
4. Для оценки комфортности использования тканей после обработки проводятся тесты на мягкость, эластичность и воздухопроницаемость.

Обработанные ткани могут использоваться для создания водоотталкивающей верхней одежды, которая сохраняет свою легкость и воздухопроницаемость, обеспечивая комфорт при физических нагрузках. Водоотталкивающие свойства тканей важны для униформы работников строительной отрасли, сельского хозяйства и служб спасения, где условия работы часто связаны с воздействием воды и влаги.

Таким образом, гидрофобная отделка целлюлозных текстильных материалов представляет собой важное направление в развитии функциональных тканей, которые способны сочетать в себе высокие эксплуатационные характеристики и безопасность для окружающей среды. Использование новых, экологически чистых технологий, таких как водоосновные растворы органосилонов и восков, открывает широкие перспективы для создания устойчивых и безопасных текстильных изделий.

\*\*\*

1. Березненко Н. П., Власенко В. И., Ковтун С. И. Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов [Текст]// Технический текстиль №12, 2005.
2. Жбанков Р.Г., Козлов П.В. Физика целлюлозы и ее производных. - Минск: Наука и техника, 1983. - 431 с.
3. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды [Текст]: монография / редкол.: Г. Е. Кричевский [и др.]. – М: Известия, 2011. – 528с.
4. Современные проблемы модификации природных и синтетических волокнистых и других полимерных материалов: теория и практика. / под. ред. Морыганова А.П., Заикова Г.Е. - СПб.: Научные основы и технологии, 2012. - 446 стр.

**Алескерев Г., Сулейманлы Я., Рустамзаде Д.**

**Методика расчета конвективной диффузии при последовательном транспорте высоковязкой нефти**

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности  
(Азербайджан, Баку)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-422

**Аннотация**

В последнее время во всем мире идет тенденция увеличения доли добываемой высоковязкой нефти. Высоковязкая (тяжелая) нефть – нефть, обладающая высокой плотностью ( $0,917-1,022 \text{ г/см}^3$ ) и содержащая в своем составе крупные молекулы, на 90% состоящие из различных металлов и серы. Такое сырье невозможно выкачивать из недр обычными методами. Поэтому, в большинстве случаев, для обеспечения необходимого уровня текучести тяжелой

нефти по трубопроводу её предварительно необходимо нагревать. Соответственно и перекачка такого продукта по стандартным трубопроводным системам становится затруднительной.

Для решения указанных трудностей и, прежде всего, для улучшения перекачки высоковязких нефтей сегодня активно применяются химические реагенты, которые препятствуют образованию кристаллов парафина в нефти, снижают температуру застывания и в целом улучшают реологические параметры сырья. Результат: существенно снижаются потери напора в трубопроводе и уменьшаются энергетические затраты на транспортировку нефти.

Поскольку из года в год растет число месторождений с высоковязкими нефтями, возникает новая разновидность проблем по их транспортировке. Так как нефти различных месторождений разнятся по своим физико-химическим свойствам, по содержанию асфальтено-смоло-парафиновых включений, то при их смещении или при последовательной перекачке внутри промысла или при откачке на нефтеперерабатывающие заводы возникают нестандартные ситуации, связанные с резким ухудшением гидравлических параметров, а иногда с полной остановкой перекачки.

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, конвективная диффузия, последовательный транспорт.

### Abstract

Recently, there has been a worldwide trend towards increasing the share of highly viscous oil produced. High-viscosity (heavy) oil is oil with a high density (0.917-1.022 g/cm<sup>3</sup>) and containing large molecules, 90% of which are made up of various metals and sulfur. Such raw materials cannot be pumped out of the subsoil using conventional methods. Therefore, in most cases, to ensure the required level of fluidity of heavy oil through the pipeline, it must first be heated. Accordingly, pumping such a product through standard pipeline systems becomes difficult.

To solve these difficulties and, above all, to improve the pumping of highly viscous oils, chemical reagents are actively used today that prevent the formation of paraffin crystals in oil, reduce the pour point and generally improve the rheological parameters of the raw material. Result: pressure losses in the pipeline are significantly reduced and energy costs for transporting oil are reduced. Since the number of fields with highly viscous oils increases from year to year, a new type of problem arises in their transportation. Since oils from different fields differ in their physical and chemical properties, in the content of asphaltene-resin-paraffin inclusions, then when they are shifted or when they are sequentially pumped within the field or when they are pumped to oil refineries, non-standard situations arise associated with a sharp deterioration in hydraulic parameters, and sometimes with a complete stop of pumping.

**Keywords:** high viscosity oil, convective diffusion, successive transport.

Критические явления могут возникать не только при смещении нефтей соседних месторождений, но и нефтей, добываемых из различных горизонтов одного и того же месторождения.

Наглядным примером служит история перекачки по одному и тому же трубопроводу нефтей из двух соседних месторождений Гала и Бузовны, разрабатываемых на Апшеронском полуострове. Отсутствие научно обоснованного решения проблемы смешения или последовательной перекачки высоковязких нефтей вынудило промысловиков отделить эти месторождения, проложив отдельный трубопровод для продукции месторождения Гала.

При последовательной перекачке высоковязких нефтей различной кондиции в зоне их контакта происходит неизбежное перемешивание продуктов вследствие конвективной и турбулентной диффузии. Для эффективного распределения образующейся смеси по резервуарам необходимо знать характер изменения компонентов смеси по ее длине, которое описывается известным выражением Тейлора [1]

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_{\text{эф}} \frac{\partial y}{\partial x^2} - V_0 \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

где  $C$  - средняя по сечению трубы концентрация одного продукта в другом;  
 $x$ -расстояние от начала трубопровода до сечения, в котором определяется концентрация в данный момент времени  $t$ ; 2.

$V_0$ - средняя скорость потока:

$D_{\text{эф}}$ - эффективный коэффициент диффузии.

Для выявления характера распределения изменения концентрации необходимо определить значение коэффициента  $D_{\text{эф}}$ , который характеризует интенсивность продольного перемешивания продуктов в трубе в представляет собой скорость переноса вещества, отнесенную к единице падения концентрации на единицу длины в направления потока.

В литературе опубликованы многочисленные методы (как экспериментальные, так и теоретические) определения эффективного коэффициента диффузии [3-5].

К основным недостаткам предложенных методов относится; влияние на результаты расчета всегда имеющих место погрешностей за (1) мера концентраций в зоне «головой» и «хвоста» смеси; предположение автомодельности распределения концентраций: достаточно большое число замеров вдоль трубопровода, что существенно осложняет проведение расчетов. Поэтому представляется важным изыскание таких методов расчета, которые позволили бы на основе достаточно ограниченных замеров вдоль трубы надежно определить параметры модели конвективного переноса. К таким можно отнести методы детерминирования моментов и спрямления в плоскости трансформантов, которые на основании вычисления интегралов от эмпирических данных обеспечивают достаточно малую погрешность.[1]

Исходя из изложенного предлагается способ определения параметров, входящих в одномерную модель конвективной диффузии, на основе методов спрямления и детерминированных моментов. При этом задача нахождения эффективного коэффициента диффузии и скорости потока сводится к решению дифференциального уравнения конвективной диффузии (1).

Предполагается, что в начальный момент времени весь трубопровод заполнен вытесняемой жидкостью. Начиная с некоторого момента  $t > 0$ , в сечение  $x=0$  поступает вытесняемая жидкость. Трубопровод принимается полубесконечным.

При принятых предположениях начальное и граничные условия имеют вид:

$$C(0, x)=0; C(t, 0) = C_0(t); C(\infty, l) \neq \infty. \quad (2)$$

Для определения параметров модели смесеобразования на расстоянии  $l$  от начального сечения проводится замер концентрации, т. е. имеется дополнительное условие.[3]

$$C(t, l) = C(t). \quad (3)$$

Решение задачи (1)-(2) при помощи преобразований Лапласа в изображениях имеет следующий вид:

$$C^a(s, x) = C_0^a(s) e^{ax} \quad (4)$$

где

$$a = \frac{v - \sqrt{v^2 - 4sD}}{2D} \quad (5)$$

$$(s, x) = \int_0^{\infty} C(t, x) e^{-st} dt$$

$$C_1^a(s) = \int_0^{\infty} C_1(t) e^{-st} dt$$

Дополнительное граничное условие (3) в изображениях определяется таким образом

$$C^a(s, l) - C_1^a(s); \quad (6)$$

$$C^a(s, l) = \int_0^{\infty} C(t, l) e^{-st} dt \quad (7)$$

$$C_1^a(s) = \int_0^{\infty} C_1(t) e^{-st} dt$$

Принимая во внимание условия (7), из (4) получаем

$$C_1^a(s) = C_0^a(s) e^{al} \quad (8)$$

В реальных условиях концентрация вытесняющей жидкости в начальном сечении  $x=0$ , как правило, является величиной постоянной, т.е.

$$C_0(t) = C_0 = \text{const.}$$

Тогда зависимость (8) примет вид

$$C^a(s, l) = C_1^a(s) = \frac{C_0}{s} e^{al} \quad (9)$$

Для определения искомым параметров в начале используют метод детерминированного момента. С этой целью выводят моменты  $n$ -го порядка в виде [4]

$$\int_0^{\infty} [C(l, t) - C(l, \infty)] t^k dt = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{d^k}{ds^k} \left[ C^a(l, s) - \frac{C(l, \infty)}{s} \right] \quad (10)$$

где  $k=0, 1, 2, \dots$

Правые части этих зависимостей являются некоторыми функциями параметров задачи, а левые части определяют из экспериментальных данных. Из этих уравнений находят искомые параметры. Подставляя (9) в (10), после некоторых преобразований получим следующие соотношения для нулевого и первого момента:

$$C^0 = -C_0 \frac{1}{v} \quad (11)$$

$$C^1 = -C_0 \frac{l^2}{2v^2} - C_0 \frac{1}{v^2} D \quad (12)$$

$$C^0 = \int_0^{\infty} [C(l, t) - C(l, \infty)] dt = \int_0^{\infty} [C_1(t) - C_0] dt \quad (13)$$

$$C^1 = \int_0^{\infty} [C(l, t) - C(l, \infty)] t dt = \int_0^{\infty} [C_1(t) - C_0] t dt \quad (14)$$

Из (11) и (12) определяют искомые параметры скорости смеси и эффективного коэффициента диффузии:

$$v = -\frac{C_0}{C^0} l; \quad (15)$$

$$D_{\text{эф}} = \frac{-C^1 - C_0 l^2 / 2v^2}{C_0 l} v^3. \quad (16)$$

По известным данным об изменении концентрации  $C_1(t)$  по формулам (13) и (14) подсчитывают моменты  $C^0$  и  $C^1$  первого порядка, после чего из (15) и (16) определяют значения  $v$  и  $D_{\text{эф}}$ . Далее задача решается методом спрямления.[2] Для этого, прологарифмировав (8) и упростив выражение для  $C^a$  разложением  $(v + lsD)^{-0.5}$  в ряд (ограничимся в виду малости  $lsD$  по сравнению с  $v$  и первыми тремя членами ряда), получим

$$\ln \frac{C_1^a}{C_0^a(s)} = -\frac{l}{v}s + \frac{Dl}{v^2}s^2. \tag{17}$$

Заменяя в (17) значение  $s$  на  $l/t_0$ , получим уравнение прямой и координатах  $\Phi(t_0) - \frac{1}{t_0}$

$$\Phi(t_0) = \frac{1}{l} t_0 \ln \frac{C^a}{C_0^a t_0} = \frac{1}{v} + \frac{D}{v^2} \frac{1}{t_0}, \tag{18}$$

где  $t_0$  - время.

По полученному выражению (18) определяются эффективный коэффициент диффузии в средния скорость течения смеси. По отрезку, отсекаемому на оси ординат, рассчитывается скорость  $v$ , а по углу наклона - прямой эффективный коэффициент диффузии  $D_{эф}$ . [5]

С целью апробации полученных формул (6)-(8) ниже проводится математический эксперимент по определению параметров конвективной диффузии. Для этого дифференциальное уравнение конвективной диффузии (1) решается при начальном и граничном условиях (2) с учетом того, что концентрация в начальном сечении принимается постоянной, т. е.

$$C_0(t) = C_0 = const.$$

Принимая во внимание отмеченное, значение концентрации определяется по зависимости

$$C(t, x) = \frac{C_0}{2} [1 - \Phi((x - vt)/(2\sqrt{Dt}))] \tag{19}$$

где

$$\Phi\left(\frac{x - vt}{2\sqrt{Dt}}\right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x - vt}{2\sqrt{Dt}}} l(a)^2 da.$$

Исходные данные в расчетах по формуле (19) принимаются следующие:  $C=1$ ;  $l=105$  м;  $v=1$  м/с;  $D_{эф}=1$  м<sup>2</sup>/с.

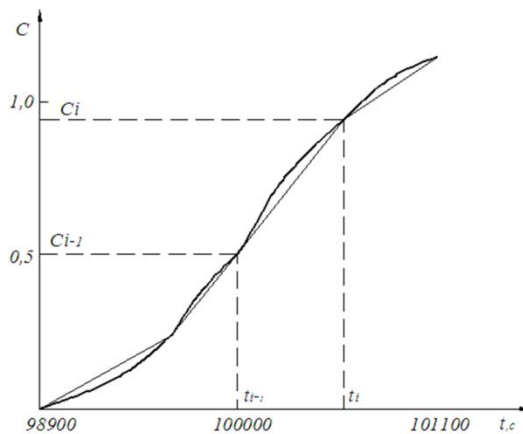


Рисунок 1. Распределение концентрации в сечении  $x$ .

Распределение концентрации  $C(x, t)$  приведено на рис. 1.

При использовании формул (15) и (16) вначале подсчитывались значения интегралов (13) и (14).

Функция  $C_1(t)$  аппроксимировалась кусочнолинейными зависимостями, которые оказались равными  $C^o = -100004$  с,  $C' = -5\ 000104000$  с<sup>2</sup>. Расчетные значения и  $D_{эф}$  по зависимостям (13) и (14) оказались равными  $v=1$  м/с и  $D_{эф}=1,04$  м<sup>2</sup>/с.

Для определения параметров по формуле (18) путем использования кусочно-линейной аппроксимации вычислялись изображения  $C^a(t_0)$ .

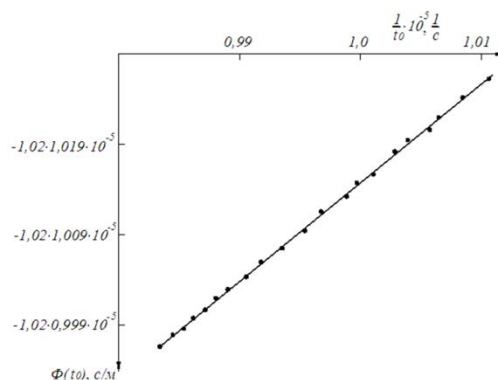


Рисунок 2. Стрямление экспериментальных данных.

Далее строился график зависимости  $\Phi(t_0')$  от  $1/t_0$ , приведенный на рис.2. Вычисленные значения составили:  $v = 0,90$  м/с и  $D_{эф} = 0,94$  м<sup>3</sup>/с

Из сравнения видно, что величины  $v$  и  $D_{эф}$ , полученные двумя методами, хорошо согласуются друг с другом и с исходными данными.

Если положить, что скорость смеси известна, то из формул (11) и (12) можно получить следующую зависимость для определения эффективного коэффициента диффузии

$$D_{эф} = \frac{C' + (C^0)^2 / 2C_0}{C^0} v^2. \quad (20)$$

При этом для вычисления  $C_0$  и  $C'$  использовать информацию об изменении концентрации не с момента заполнения начального сечения вытесняющей жидкостью, а с момента изменения значения концентрации в сечении  $x = l$ , что значительно упрощает расчеты. Принимается, что значения концентрации в сечении  $x = l$ , приведенные на рис. 1, изменяются от 0, а не от 98400 с (на рис. 1 шкала представлена ниже первоначальной).

Подсчет моментов по формуле (10) дал следующие значения:  $C_0 = -1162$  с;  $C' = -676302$  с<sup>2</sup>.

Расчет величины  $D_{эф}$  по формуле (10) дал значение 1,02 м<sup>2</sup>/с, что хорошо совпадает с искомой величиной.

Данные по изменению концентраций нефтей в смеси можно получить по данным изменения аддитивно меняющихся показателей: плотности, содержания того или иного компонента. Все эти показатели связаны с концентрацией формулой

$$\rho_{см} = C_a \rho_a + C_b \rho_b, \quad (21)$$

где  $\rho_a, \rho_b$ ;  $C_a, C_b$  - соответственно значения плотности и концентрации продуктов а и б;

$$C_a + C_b = 1.$$

Текущие значения концентрации  $C$  в момент времени  $t_i$  будет

$$Cl = \frac{\rho_i - \rho_a}{\rho_b - \rho_a}. \quad (22)$$

По полученным таким способом данным строится зависимость  $C=C(t)$ . Далее полученная кривая промежутка времени  $t_i - t_{i-1}$ , аппроксимирующая отрезок, определяется уравнением прямой линии

$$\frac{C - C_{i-1}}{C_i - C_{i-1}} = \frac{t - t_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}. \quad (23)$$

или

$$C = \frac{t(C_i - C_{i-1}) - C_i t_{i-1} + C_{i-1} t}{t_i - t_{i-1}}. \quad (24)$$

Из следующих выражений, представляющих собой детерминированные моменты (24), определяются значения для нулевого моментов:

$$C^0 = \sum_{i=1}^n \int_{t_{i-1}}^{t_i} \frac{(C_i - C_{i-1})t - C_i t_{i-1} + C_{i-1} t_i}{t_i - t_{i-1}} dt - \int_0^t C_0 t dt; \quad (25)$$

$$C' = \sum_{i=1}^n \int_{t_{i-1}}^{t_i} \frac{(C_i - C_{i-1})t - C_i t_{i-1} + C_{i-1} t_i}{t_i - t_{i-1}} dt - \int_0^t C_0 t dt. \quad (26)$$

Затем определяется эффективный коэффициент диффузии. Таким образом, представлены результаты разработки методики расчета эффективного коэффициента конвективной диффузии. В основу его определения положены методы детерминированного момента и спрямления в плоскости трансформантов.

Апробации полученных формул для определения эффективного коэффициента конвективной диффузии, а также средней скорости потока смеси нефтей проводились методом математического эксперимента, в результате использования которого получены данные, хорошо совпадающие с исходными принятыми величинами.

\*\*\*

1. Гюльбала Алескеров, Ясин Сулейманлы, «Выбор эффективного процесса транспортировки высоковязких и тяжелых нефтей и исследование возникающих при этом осложнений», Журнал "Equipment Technologies Materials", Баку, 2023.
2. Гюльбала Алескеров, Ясин Сулейманлы, «Метод нуклео-кольцевой фильтрации для транспортировки высоковязкой нефти и улучшения транспорта тяжелых нефтяных эмульсий в холодных условиях», Журнал "Equipment Technologies Materials", Баку, 2023.
3. "Об использовании вязкоупругих разделителей при последовательной перекачке нефтей", Трубопроводный транспорт-2005, Тезисы, докладов. Международной учебно-научно-практической конференции, с. 146-147. Уфа-2005г.
4. Г., Алескеров и др., «Уменьшение смеси, образующейся при непрерывной транспортировке нефти и нефтепродуктов, с помощью магнитного поля», «Журнал Новостей Азербайджанских Высших Технических Школ», Баку, 2008, № 5(57) с.
5. Г., Алескеров и др., Методическое пособие «Способы сокращения потерь нефти и нефтепродуктов при хранении в нефтебазах», Баку, Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия, 2005 г. - 63 с.

**Балтрашевич В.Э.**

**Использование баз знаний при разработке ПК с меняющейся структурой.**

*Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-423

#### **Аннотация**

Программный комплекс (ПК) с меняющейся структурой задается графом. Надо определить результаты, которые могут быть получены при конкретном задании исходных данных. Перед аппаратной реализацией (т.е. реализацией на языке программирования) такого ПК, надо провести его программную реализацию с помощью базы знаний на языке эксперта и соответствующей экспертной системы, что значительно упрощает и ускоряет реализацию ПК. Рассматриваются особенности программной реализации.

**Ключевые слова:** графы, базы знаний, поверхностные и глубинные знания, прямой логический вывод.

#### **Abstract**

A software package (SP) with a variable structure is defined by a graph. It is necessary to determine the results that can be obtained with a specific assignment of initial data. Before the hardware implementation (i.e. implementation in the programming language) of such a SP, it is necessary to carry out its software implementation using a knowledge base in the expert language and

the corresponding expert system, which significantly simplifies and accelerates the implementation of the SP. Features of software implementation are considered.

**Keywords:** graphs, knowledge bases, superficial and deep knowledge, direct logical inference.

ПК состоит из модулей и из файлов. Часто возникает ситуация, когда на вход ПК поступают не все исходные данные из возможного набора. Так, например, при слежении за летающим объектом, измерения от некоторых измерительных средств могут не поступать. Например, измерения оптических средств – при плохой погоде. Возникает вопрос: какие результаты ждать от ПК при подобной ситуации. Предлагается использовать системы, основанные на знаниях, допускающие легкую реализацию и редактирование анализируемого ПК.

Программная реализация – реализация на языке эксперта, базирующемся на правилах продукции. Исполняющей системой является экспертная система. Язык эксперта использует поверхностные знания (ПЗ) и глубинные знания (ГЗ) [1]. Как показано в [1], база знаний на языке продукции является расширением списка инцидентности, который позволяет легко вводить в машину различные графы и при этом допускает редактирование. В [2] показано как ЭС работают с базами знаний, описывающими различные процессы обработки, и являющимися фактически расширенными списками инцидентности.

Аппаратная реализация – реализация на языке программирования. Она эффективна, но не допускает редактирование. Исполняющей системой является исполняющая система языка программирования.

Программная реализация ПК допускает редактирование без перекомпиляции ЭС, что облегчает экспериментирование с ней и ее отладку. Кроме того, объясняющие способности ЭС, также повышают экспериментальные возможности исследования. После отладки программной реализации ПК, его можно реализовать на языке программирования, т.е. провести аппаратную реализацию для повышения эффективности.

Рассматриваемую задачу можно изобразить с помощью графа. Для указания того, какие входные данные есть, используются флажки (CheckBox<sub>i</sub>). Каждый CheckBox<sub>i</sub> соответствует проверке наличия соответствующего файла.

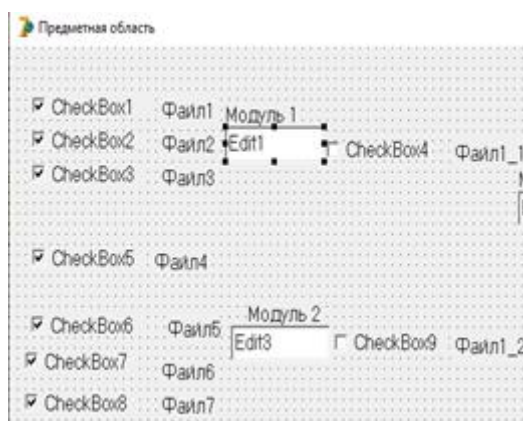


Рисунок 1.

Типы атрибутов на графе.

На графе показаны только вершины, а дуги между вершинами не нарисованы, а подразумеваются. Причем имеются вершины 4-х типов: CheckBox<sub>i</sub> (проверка наличия), Файл<sub>i</sub> (входные файлы), Модуль<sub>i</sub> (программные модули), Файл<sub>i</sub>\_j (промежуточные файлы – вначале создаются, далее (по надобности) - передаются).

Файлы делятся на входные и на промежуточные. Входные – это файлы на входе, наличие которых определяется опросом оператора (человека). Промежуточные файлы – которые появляются после срабатывания программного модуля. Модуль обрабатывает входные файлы, если они все присутствуют и выдает на выход один или несколько новых файлов.

Признаком создания выходных файлов является установка соответствующего флажка CheckVoxi на выходе модуля.

Отсутствовать файл на входе модуля может по нескольким причинам. Во-первых, если это входной файл, то он может просто отсутствовать. Во-вторых, он еще не создан соответствующим модулем, но будет создан. В-третьих, он мог быть порожден программным модулем, но не создан – модуль не сработал.

Приведенный граф демонстрирует процесс работы. На нем пользователь, с помощью флажков, указывает существующие файлы. В процессе работы надписи на графе меняются в соответствии с прохождением процесса. Так сообщается, что-такой-то модуль сработал, что-такой-то файл передан.

Использование CheckVoxi показывает преимущество использования графического представления графа. Пользователь устанавливает флажок на экране и это действие автоматически переносится во внутренние структуры данных и используется.

Но этот граф не работающий, он только помогает программисту создать ПЗ и ГЗ в виде текстового файла на языке эксперта (с правилами продукций), которые преобразуются во внутренние структуры данных с помощью блока ввода и трансляции знаний. После того как текстовый файл создан, его можно редактировать, т.е. добавлять и удалять вершины и дуги виртуального (графически не существующего) графа. И графовое представление графа больше не используется. Проверку новых (виртуальных) CheckVoxi можно проводить, опрашивая пользователя, а не вершины графа.

P.S. Хорошо было бы создать средство (графический редактор графов на экране монитора), с помощью которого инженер по знаниям рисовал бы граф, а он автоматически преобразовывался во внутренние структуры данных, минуя фазу создания текстового файла на языке эксперта. Т.е. хотелось бы создать графовое представление языка эксперта.

Данная (внутренняя) структура данных хорошо представляется системой продукций, подходящей для использования прямого логического вывода. Работа каждого программного модуля, входящего в ПК, легко описывается правилом продукции. Целью этого правила пусть будет соответствующий атрибут «запросі». Отдельные правила связываются в граф, представляемый базой знаний.

Так работу первого модуля можно записать с помощью правила

*Если файл1а - да <ВК>и файл1 - да <ВК>и файл2а - да<ВК>и файл2 - да  
и файл3а - да<ВК>и файл3 - да<ВК>и модуль1 - да  
то запрос1 - да <ВК>и файл1\_1 - да*

Символ <ВК> означает возврат каретки.

Связь между правилами осуществляется с помощью порожденных файлов. Так файл1\_1 (созданный модулем 1) будет использован в другом правиле для другого модуля.

Таким образом, имеем несколько вариантов типов атрибутов для БЗ.

Вариант 1. Пример: файл1а. Проверка наличия файла. Особенность данного атрибута – у него есть вопрос. Этот вопрос может относиться к пользователю или к проверке графа (с помощью процедуры). Вопрос к атрибуту: есть ли он (файл1)? И результат да/нет записываем в стек фактов.

Вариант 2. Пример: файл1. Файл исходных данных. Особенность данного атрибута – у него есть обрабатывающая процедура из ГЗ. Обращаемся к процедуре. Она достает и передает файл, выдает значение да (если успешно - передала).

Вариант 3. Пример: модуль1. Программный модуль, обрабатывающий входные файлы и формирующий файлы промежуточных результатов. Особенность данного атрибута – у него есть процедура из ГЗ, и он формирует файл (файлы) результатов. Файл результатов помещаем в часть ТО правила. Т.е. модуль создает файл типа файлі\_j (в случае правильной работы). Признак создания этого файла записываем в стек фактов без вопросов к пользователю.

Вариант 4. Пример файлі\_j. Это промежуточные файлы. У них есть обрабатывающая процедура из ГЗ. Она достает и передает файл, выдает значение да (если успешно - передала).

Вариант 5. Пример: запрос1. При создании графа на языке эксперта, часто требуется вводить вспомогательные атрибуты. Связи цепочек в граф производится за счет порождаемых правилом (модулем) файлов.

Кратко рассмотрим программную реализацию этого графа, т.е. реализуем поверхностные и глубинные знания (ПЗ и ГЗ) и рассмотрим особенности ЭС.

Глубинные знания. Предметная область.

```
procedure initial(var val : string40); //Начальная установка
```

```
begin val:= 'да'; ShowMessage('Начальная установка='+ val); end;
```

При начальной установке пользователь устанавливает флажки для существующих файлов.

```
procedure ask1(var val : string40); //Проверка флажка
begin if FormPredObl2.CheckBox1.Checked then val:= 'да' else val:='нет';
      ShowMessage('Файл1 VAL='+VAL); end;
```

...

```
procedure file1(var val : string40); //Передача файла
begin FormPredObl2.Label1.Caption:='Файл1 передан';
      val:= 'да'; ShowMessage('Файл1 передан'); end;
```

...

```
procedure file1_1(var val : string40); // Передача файла
begin FormPredObl2.Label4.Caption:='Файл1_1 передан';
      val:= 'да'; ShowMessage('Файл1_1 передан'); end;
```

...

```
procedure Module1(var val : string40);
//Срабатывание модуля и формирование файла
Begin FormPredObl2.Edit1.Text:='Модуль1 сработал'; val:= 'да';
ShowMessage('Модуль1 сработал'); FormPredObl2.CheckBox4.Checked:=true; end
```

Язык эксперта описан в [1].

### Поверхностные знания (фрагмент)

```
1 если начальная_установка - да <BK> и просмотр - да
и файл1а - да <BK> и файл1 - да <BK> и файл2а - да <BK> и файл2 - да <BK>и файл3а - да
и файл3 - да<BK>и модуль1 - да<BK>то запрос1 - да <BK>и файл1_1 - да
параметры начальная_установка <BK> 77 initial
вопрос просмотр <BK>Вы провели начальную установку??
параметры файл1а <BK> 17 file1
параметры файл1<BK>2 ask1
параметры файл1_1а <BK> 7 file1_1
параметры модуль1<BK>32 Module1
```

Конструкция «параметры» языка эксперта упрощена до номера и имени процедуры.

Заметим, что если реализация языка эксперта позволяет использовать атрибуты, связанные с процедурами ГЗ в части ТО правила, то окончание правила 1 можно записать следующим образом:

```
... и файл3а - да<BK> то запрос1 - да <BK> и модуль1 - да<BK>и файл1_1 - да
```

Для реализации Варианта1 используем атрибуты с вопросом и результат помещаем в стек фактов.

Для реализации Варианта2 соответствующие атрибуты сразу помещаем в стек фактов. Предполагаем успешную передачу файлов.

Для реализации Варианта3 атрибуты типа модуль1 сразу помещаем в стек фактов. Предполагаем успешную работу модулей. А порождаемые ими файлы помещаем в часть ТО соответствующего правила.

Запустим прямой вывод, он будет поочередно обходить правила и постепенно их выполнять. Сначала будет обработан первый уровень графа, а затем – следующие. Под первым

уровнем графа понимаем модули, для срабатывания которых достаточно только входных файлов.

Особенности реализации прямого вывода.

Перебираем все правила и определяем значение каждого. Если правило истинно, то записываем его часть ТО (всю) в стек фактов со значением 'да'. Делаем правило не активным. Если правило ложно, то записываем его часть ТО (всю) в стек фактов со значением 'нет'. Если правило неопределенно, то ищем соответствующий атрибут. Выполняется, пока есть активные правила.

В стеке фактов хранится след логического вывода, который является разновидностью системы объяснений ЭС при прямом логическом выводе.

Таким образом, файлы и модули ПК уже существуют, а использование БЗ позволяет их легко компоновать в разные структуры (части ПК, весь ПК).

ПЗ абстрагируются от предметной области (ПрОбл). Вся специфика ПрОбл находится в ГЗ, а ПЗ абстрагировались и фактически решают поставленную задачу вне зависимости от ПрОбл.

Этот подход хорош для языков Паскаль, Ява, С++, т.е. для БЗ с правилами продукции. Для языков Python и JavaScript используются json-файлы и xml-файлы для представления БЗ, что позволяет исключить блок ввода и трансляции знаний и значительно облегчить реализацию логического вывода за счет того, что эти файлы унаследовали достоинства правил продукции [3].

\*\*\*

1. Балтрашевич В.Э. Реализация инструментальной экспертной системы. – СПб.: Политехника, 1993.
2. Балтрашевич В. Э. Системный анализ многоуровневых экспертных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021.
3. Балтрашевич В.Э. Представление знаний с помощью графов в json-файлах. ISSN 2311-2158. The Way of Science. – 2024. – № 9 (127).

### Гайнанов И.И.

#### Работы перед строительством нефтяных месторождений в условиях вечной мерзлоты

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-424

#### Аннотация

Статья рассматривает особенности проведения работ перед строительством нефтяных месторождений в условиях вечной мерзлоты. Обсуждаются этапы геологических исследований, проектирования, подготовки строительной площадки, выбор оборудования и технологий, а также экологические аспекты, связанные с проведением таких работ.

**Ключевые слова:** нефтяные месторождения, геологические исследования, вечная мерзлота, проектирование, подготовительные работы.

#### Abstract

The article examines the specifics of the work before the construction of oil fields in permafrost conditions. The stages of geological research, design, preparation of the construction site, the choice of equipment and technologies, as well as environmental aspects associated with such work are discussed.

**Keywords:** oil fields, geological research, permafrost, design, preparatory work.

Строительство нефтегазовых сооружений — многоэтапный процесс, который требует тщательной подготовки и планирования, так как подготовительные работы определяют успех всего проекта. Они включают в себя исследование территории, проектирование, получение разрешительных документов и организацию строительного процесса. Вечная мерзлота — это

слой замерзших грунтов, который может иметь значительное влияние на строительные процессы, включая геологические и климатические особенности региона.

Если обобщить этапы, то первым шагом в подготовительных работах является проведение геодезических и геологических исследований для определения характеристик почвы, анализа рельефа и выявления возможных геологических рисков. Геологические изыскания также способны определить уровень грунтовых вод, состав почвы и наличие полезных ископаемых, что крайне важно для проектирования фундамента и других конструктивных элементов.

Геодезические исследования включают в себя:

- Установление границ участка;
- Создание топографической карты.

Геологические исследования включают:

- Бурение скважин для получения образцов грунта и оценки его несущей способности.
- Лабораторные испытания для определения физических и механических свойств почвы.

Эти исследования помогают определить:

- Структуру и свойства грунта;
- Глубину залегания вечной мерзлоты;
- Наличие подземных вод и других природных ресурсов.

Качество проб мерзлого грунта для испытаний зависит от типа пробы, теплового градиента, времени и метода отбора проб, а также от транспортировки.

На основе проведенных исследований начинается процесс проектирования, который включает в себя:

- Разработку проектной документации;
- Согласование проектов с заинтересованными сторонами - это включает в себя взаимодействие с местными властями, экологическими службами и другими организациями. Так, перед началом строительных работ необходимо получить все необходимые разрешения:
- Разрешение на строительство;
- Экологические разрешения: если проект может повлиять на окружающую среду, требуется провести экологическую экспертизу;
- Согласование с пожарной службой и санитарными органами.

После получения всех разрешений начинается подготовка к строительству. Подготовка строительной площадки включает расчистку территории, выемку и вывоз грунта, установку временных ограждений и прочее. Важно также обеспечить отвод поверхностных и грунтовых вод, чтобы предотвратить затопление строительной площадки. Для обеспечения доступа к строительной площадке и транспортировки материалов необходимо устройство временных дорог. Также прокладываются временные коммуникационные инженерные системы, такие как водоснабжение, электроснабжение и связь.

Проектирование объектов в условиях вечной мерзлоты должно учитывать еще основные особенности климата и геологии. Основные аспекты включают:

- Выбор материалов, устойчивых к низким температурам;
- Использование специальных технологий фундамента, таких как свайные или полузамороженные фундаменты, которые минимизируют теплопотери.

Для работ в условиях вечной мерзлоты необходимо использовать специализированное оборудование:

- Мобильные подъемные механизмы и краны, работающие при низких температурах;

- Техника, предназначенная для работы в сложных климатических условиях, например, вездеходы и специальные грузовики.

Холодные регионы делятся на два типа: в одном вечная мерзлота распространена повсеместно (непрерывная), в другом — лишь в отдельных местах (прерывистая). Чтобы поддерживать вечную мерзлоту, среднегодовая температура поверхности почвы должна быть ниже  $-2,7^{\circ}\text{C}$ . В зонах без вечной мерзлоты глубина сезонного промерзания определяется как максимальная глубина, достигаемая за сезон. Поэтому подход к проектированию фундаментов тоже имеет немаловажное значение. Например, подкладка и стойка — это еще система фундаментов в зонах вечной мерзлоты, которая включает бетонные или деревянные подкладки, расположенные на поверхности или скрытые под землей. Конструкция поддерживается жесткими балками, которые предотвращают чрезмерные деформации во время осадки. Колонны создают свободное пространство под сооружением, что защищает мерзлые почвы от таяния и может быть украшено декоративными элементами.

Кроме регулируемых конструкций, в зонах вечной мерзлоты также активно используются системы перекрытий, бегущие конструкции и внешние опорные системы. Чтобы избежать образования инея и осадки грунта, фундаменты следует устанавливать на ненарушенной почве без органических веществ. Перекрытия передают нагрузки на нижележащие грунты, а также важна теплоизоляция для поддержания необходимого тепла внутри зданий и защиты от замерзания. Проектирование в районах вечной мерзлоты должно учитывать методы, способствующие удержанию грунта в замороженном состоянии и предотвращению утечки воздуха, почвенных газов и воды. В качестве одного из решений для охлаждения могут быть использованы распределительные подушки с рассеивающими балками, которые обычно дешевле, чем плиты или свайные фундаменты. Охлаждаемые фундаменты могут включать изоляционные слои для снижения теплового потока с поверхности и уменьшения необходимой охлаждающей нагрузки. В этих фундаментах можно применять механическое охлаждение или термосифоны. Охлаждаемые фундаменты чаще используются на участках с высокой нагрузкой на пол.

Системы перекрытий, применяемые в северных районах России, обладают следующими преимуществами:

- помогают уменьшить потребление энергии на обогрев зданий благодаря хорошей теплоизоляции;
- способны равномерно распределять нагрузки предотвращает локальные осадки и обеспечивает безопасность конструкции;
- помогают уменьшить уровень влажности в почве под зданием, что также снижает риск повреждения конструкций.

Подготовительные работы являются основой успешного строительства нефтегазовых сооружений. Подход к проведению геодезических и геологических исследований, качественное проектирование, получение необходимых разрешений и тщательная организация строительного процесса помогут минимизировать риски и обеспечить высокое качество возводимых объектов. Только с учетом всех этих факторов возможно успешное строительство и эксплуатация объектов в сложных климатических условиях.

\*\*\*

1. Бакиров, Э.А. Геология нефти и газа / Э.А. Бакиров – М.: Недра, 1990. – 248с.
2. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.-«Высшая школа», 1984
3. Вадецкий, Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учебник для начального профессионального образования / Ю. В. Вадецкий. – М.: Академия, 2003. – 352 с.
4. Ситенков В. Т. Проектирование обустройства нефтяных месторождений. - М.: САМИЗДАТ, 2012 - 457 с

**Ибрагимов А.Т., Ибрагимова З.М.**

**Особенности внедрения инструментов персонализации маркетинга на рынке «B2B»**

*Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова  
(Россия, Грозный)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-425

**Аннотация**

В данной статье рассматривается необходимость внедрения инструментов персонализации на рынке B2B, а также приводятся результаты и обсуждение влияния этих инструментов на эффективность маркетинговых кампаний в данном секторе. Инструменты персонализации включают в себя анализ данных о клиентах, построение карты эмпатии, поведенческие алгоритмы для создания уникальных и релевантных контентов. На основе рассмотренных результатов можно сделать вывод, что внедрение инструментов персонализации маркетинга на рынке B2B является стратегической необходимостью. Персонализация позволяет компаниям улучшить взаимодействие с клиентами, увеличить конверсию и продажи, а также успешно адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка. Эти инструменты становятся ключевым элементом успешных маркетинговых стратегий, способствуя эффективной работе в условиях современного B2B-сегмента.

**Ключевые слова:** рынок B2B, персонализация маркетинга, карта эмпатии, контент-маркетинг, маркетинговые стратегии.

**Abstract**

This article examines the need to implement personalization tools in the B2B market, and also provides results and a discussion of the impact of these tools on the effectiveness of marketing campaigns in this sector. Personalization tools include customer data analysis, empathy mapping, and behavioral algorithms to create unique and relevant content. Based on the results reviewed, we can conclude that the introduction of marketing personalization tools in the B2B market is a strategic necessity. Personalization allows companies to improve customer interactions, increase conversions and sales, and successfully adapt to changing market demands. These tools are becoming a key element of successful marketing strategies, facilitating effective work in the modern B2B segment.

**Keywords:** B2B market, marketing personalization, empathy map, content marketing, marketing strategies.

В современном мире бизнес-взаимоотношений, рынок B2B претерпевает существенные изменения под воздействием новых технологий и изменяющихся ожиданий потребителей. В этом контексте персонализация маркетинга становится неотъемлемой частью успешных стратегий.

В сфере B2B, где решения принимаются на основе сложных бизнес-процессов, важность персонализированного подхода трудно переоценить. Множество успешных стратегий, применимых в потребительском секторе, оказываются неприемлемы здесь, что создает вызовы для компаний, пытающихся эффективно реализовать маркетинговую деятельность на данном рынке. В современных реалиях уже недостаточно для B2B-предприятий ориентироваться на достижение высокого объема продаж и охват большой территории. Для того чтобы компания увеличивала свой доход и выделялась среди конкурентов, даже при наличии более низких цен, необходимо изменить подход к маркетингу. Сконцентрироваться не на цене, а на создании уникального клиентского опыта - вот что становится ключевым элементом успешной стратегии в данной области.

Важно отметить, что переход от акцента с цены на улучшение клиентского опыта требует значительных изменений в менталитете и стратегиях компаний. Однако такой подход может существенно повысить конкурентоспособность предприятий в условиях B2B-рынка, даже при наличии более низких цен со стороны конкурентов.

Обычно компании, работающие в сегменте B2B, строят более крепкие связи с клиентами по сравнению с B2C, поскольку сотрудничество может продолжаться долгие годы. Кроме того, в B2B-маркетинге сами процессы продаж могут занимать больше времени и сильно зависеть от личного взаимодействия с представителями компании. Важно отметить, что брендам, работающим на B2B-рынке, необходимо строить узнаваемость и поддерживать комплексную релевантность, сочетающую различные аспекты, такие как репутация, использование современных технологий и способность адаптироваться к особенностям конкретного бизнеса.

Персонализация способствует улучшению общего восприятия бренда. Когда клиенты ощущают, что маркетинговые усилия направлены конкретно на них, они с большей вероятностью проявляют активность и становятся платежеспособными клиентами. Таким образом, персонализированный маркетинг является важным элементом инструментальной стратегии B2B-маркетинга и может служить мощным инструментом для увеличения вовлеченности и достижения успеха.

Прежде всего перечислим особенности рынка B2B, определяющие характер распространения инструментов персонализации маркетинга на данном рынке: неэффективность рекламы в традиционном ее понимании с использованием психологических уловок; значительный средний чек; специфичность и высокая цена продукта, как правило, трудоемкого в производстве; высокая стоимость привлечения клиента [3].

Для перехода на маркетинговую модель, ориентированную на клиентский опыт, фирме необходимо провести анализ данных о клиентах и преобразовать полученные результаты в конкретные потребности и стремления покупателей. Основой для продвижения должна стать ценность, которую компания предоставляет конкретным сегментам целевого рынка. Чем более компания адаптируется к потребностям клиентов и соответствует им, тем выше ее конкурентоспособность в сфере B2B. При этом не стоит фокусироваться только на уже существующих клиентах, важно привлекать новых.

Один из инструментов маркетинговой персонализации B2B рынка является составление портрета клиента с помощью карты эмпатии.

Карта эмпатии визуализирует характеристики целевой аудитории: потребности, мотивы, ценности, проблемы и т.д. С помощью полученной информации маркетологи смогут сформировать концепцию дальнейшей работы, определить, какие аспекты не освещены в персонализированных коммуникациях и в каких направлениях стоит двигаться организации [2].

С учетом особенностей B2B маркетинга при формировании портрета потребителя необходимо учитывать, как мотивы всей компании, так и мотивы конкретных сотрудников, оказывающих прямое воздействие на процесс принятия решения о покупке. При создании профиля клиента используется групповой портрет, представляющий собой общий облик людей, участвующих в принятии решения, с учетом различных ролей каждого из них. В целом, портрет B2B потребителя должен включать в себя систему его целей, мотивации и поведения, особенно в отношении процесса выбора и факторов, влияющих на это решение.

Например, для предприятия, специализирующегося на продаже конвейерных лент фирмам, построение карты эмпатии является неотъемлемым этапом в формировании эффективной стратегии обслуживания и маркетинга. Карта эмпатии представляет собой инструмент, позволяющий глубже понять и оценить потребности, мотивации и ожидания клиентов.

Персонализированный маркетинг позволяет компаниям взаимодействовать с клиентами на более глубоком уровне, предоставляя решения, которые точно соответствуют их потребностям и ожиданиям. Это приводит к укреплению отношений и увеличению лояльности клиентов.

Использование персонализации в B2B маркетинге позволяет увеличить конверсию и объем продаж за счет предоставления более точной информации и предложений, которые привлекают внимание целевой аудитории. Необходимо обеспечить взаимодействие всех инструментов маркетинговой персонализации как единой системы, где каждый элемент является неотъемлемым звеном в общей цепи. Исключительно важно разработать согласованную стратегию маркетинговых коммуникаций, в рамках которой все коммуникационные мероприятия согласованно направлены на достижение общей цели.

\*\*\*

1. Драганчук, Л. С. Формирование стратегии контент - маркетинга в компаниях на рынке B2B / Л. С. Драганчук // Теория и практика экономики и предпринимательства: труды XVIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Симферополь-Гурзуф, 27–29 апреля 2021 года. – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, 2021. – С. 376-379.
2. Меньшакова, М. Н. Маркетинг медицинских услуг: современные тенденции, модели потребительского поведения, карта эмпатии платного пациента / М. Н. Меньшакова, С. Е. Ситникова // Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции "Менеджмент в здравоохранении: вызовы и риски XXI века": Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 14–15 ноября 2019 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2019. – С. 290-293.
3. Цветкова, Я. В. Отличительные особенности маркетинга на рынке B2B // Экономика и социум. -2021. -№11-2 (90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otlichitelnye-osobennosti-marketinga-na-rynke-b2b> (дата обращения: 18. 09. 2024).

**Ибрагимова З.М., Закриева М.С.  
Применение Big Data в бизнесе**

*Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова  
(Россия, Грозный)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-426

**Аннотация**

В данной статье рассматривается применение Big Data и технологий её анализа, хранения и обработки в бизнесе. Характеристики и этапы развития больших данных. Использование этих технологий в различных сферах жизнедеятельности человека, примеры. Преимущества применения технологий Big Data в бизнесе. Рассматриваются примеры использования отечественными компаниями технологий больших данных. Проблемы и вызовы внедрения Big Data в бизнес.

**Ключевые слова:** технологии Big Data, отечественный бизнес, этапы развития, анализ данных, хранения данных.

**Abstract**

In this article, the application of Big Data and its analysis, storage, and processing technologies in business is examined. The characteristics and stages of Big Data development are discussed. The use of these technologies in various areas of human activity is highlighted, with examples provided. The advantages of implementing Big Data technologies in business are outlined. Examples of the use of Big Data technologies by domestic companies are considered. The challenges and issues related to the adoption of Big Data in business are also addressed.

**Keywords:** Big Data technologies, domestic business, stages of development, data analysis, data storage.

Действия с информацией в мире постоянно происходят и происходят. Без больших данных трудно жить в постиндустриальном обществе, где все основано на обмене, обработке и хранении данных. Термин «Big Data», происходящий из английского слова «большие данные», используется для описания огромных объемов данных, которые невозможно быстро обработать

или проанализировать с помощью традиционных методов с использованием настольных компьютеров и человеческого труда.

Термин «Большие данные» используется с начала 1990-х годов. Несмотря на то, что точно неизвестно, кто первым использовал этот термин, большинство людей отдадут должное Джону Р. Мэши, который в то время работал в Silicon Graphics. Клиффорд Линч, журналист журнала Nature1, также использовал этот термин в 2008. Он говорил о чрезвычайно быстром увеличении количества информации, распространяемой по всему миру, и отмечал, что понимание этого может быть полезным. Как уже известно, он оказался прав, ведь вся структура различных сфер общества основана на огромных массивах данных, которые невозможно хранить на обычном носителе.

Наряду с технологиями Big Data проходила условные этапы эволюции, которые создали ещё больше возможностей её использование и технологий обработки Ишп Вффеф.

Первый этап – структурированные данные. Структурированные данные — это данные, имеющие стандартизированный формат для эффективного доступа как со стороны программного обеспечения, так и со стороны людей. Грубо говоря это данные, отсортированные в таблицах по столбцам и строкам. Такие данные компьютерам того времени было проще обрабатывать.

Второй этап – неструктурированные данные. С развитием технологий и появлением интернета, начали появляться огромные объемы неструктурированных данных — например, данные из социальных сетей или журналы посещений сайтов. Компании вроде Yahoo и Amazon начали анализировать поведение пользователей на основе этих данных, что открыло новые возможности. Для анализа этих данных были разработаны новые технологии, такие как веб-майнинг и пространственно-временной анализ.

Третий этап – мобильные данные и данные с датчиков. С 2011 года мобильные устройства, датчики и устройства с поддержкой Интернета стали генерировать огромные объемы данных. Например, смартфоны отслеживают местоположение, поведение пользователей, а устройства Интернета вещей (IoT) — такие как умные часы или бытовая техника — тоже постоянно собирают данные. Этот процесс продолжается, и анализ этих данных становится важным для понимания поведения людей в реальном времени.

Не следует забывать о характеристиках больших данных. К основным признакам информации относятся VVV — volume/объем, velocity/скорость, variety/разнообразие, со временем добавили еще три V — veracity/достоверность, variability/изменчивость, value/ценность.

Главное - разнообразие, а не объем. Исследование показывает, что компании сосредоточены на разнообразии данных, а не на их объеме, как сегодня, так и через три года. Самой важной целью является возможность анализировать различные источники данных и новые типы данных, не управляя очень большими наборами данных. Как технологии, такие как радио и телефоны, когда-то связали людей, так и большие данные помогают современным компаниям находить связь с потребителями. Сегодня бизнес принимает решения, опираясь не на интуицию, а на точные данные. Это позволяет снизить риски и повысить эффективность.

Фирмы, которые уже давно обрабатывают огромные объемы данных, начинают с энтузиазмом относиться к возможности обработки данных нового типа — голосовых, текстовых, лог-файлов, изображений или видео. Например, розничный банк впервые получает представление о своих многоканальных взаимодействиях с клиентами с помощью анализа лог-файлов. А гостиничная компания анализирует очереди клиентов с помощью видеоаналитики. Медицинская страховая компания может лучше прогнозировать неудовлетворенность клиентов, анализируя данные преобразования речи в текст из записей колл-центра. Проще говоря, эти компании могут получить гораздо более полное представление о своих клиентах и операциях, объединив неструктурированные и структурированные данные.

Если использовать технологии Big Data для анализа данных, компании уже на этапе разработке своего продукта смогут предположить, как отреагирует клиент. Это возможно благодаря сбору, а после анализу тенденций, в которых используются для получения информации об истории покупок клиента и о планах. Данные о клиентах сейчас можно получить гораздо быстрее, чем это было раньше. При помощи таких технологий как Google

Analytics, Open Web Analytics, StatCounter, ReactFlow, российская Яндекс.Метрика и др., компании отслеживают поведение людей на своем сайте и их взаимодействия с услугами, предлагаемые компанией.

Есть преимущества использования аналитики больших данных в коммерческих предприятиях. Она предоставляет компании возможность исследовать потребности людей, тенденции и на основе этих данных, создавать различные продукты, которые будут актуальны и принесут прибыль. Те же компании, которые не используют аналитику Big Data окажутся в минусе ведь доступ к информации о клиентах у них будет ограничен теми данными, которые общедоступны.

Технологии открывают компаниям доступ к информации о клиентах в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения и улучшать обслуживание. Благодаря новым потоковым технологиям, таким как Apache Kafka, бизнес может обрабатывать и анализировать огромные объемы данных. Например, Big Data помогает определить оптимальное время или место для установки рекламы, основываясь на данных о посещаемости и поведении клиентов.

Примеры использования Big Data в российских компаниях:

1. Сбербанк активно применяет Big Data для анализа поведения своих клиентов. Банк собирает и обрабатывает данные о транзакциях, предпочтениях и взаимодействиях с продуктами. Это помогает предугадывать потребности клиентов и предлагать персонализированные услуги — от кредитов и инвестиционных предложений до накопительных продуктов. Кроме того, технологии Big Data используются для управления рисками и предотвращения мошенничества, анализируя подозрительные операции в режиме реального времени.
2. Яндекс применяет аналитику больших данных в различных сферах своего бизнеса. В сервисе Яндекс.Маркет данные о запросах пользователей и их поведении используются для формирования персонализированных товарных рекомендаций. В Яндекс.Музыке Big Data помогает создавать плейлисты и рекомендации на основе предпочтений пользователей и музыкальных трендов. Поисковая система Яндекса использует технологии Big Data для улучшения поиска, анализируя миллиарды запросов и страниц для повышения релевантности результатов.
3. МТС, один из крупнейших телекоммуникационных компаний в России, применяет аналитику больших данных для того, чтобы автоматизировать мобильные сети. Данные о звонках, о трафике и об других разных действиях помогает распределить нагрузку на сеть более эффективно. И ещё на основе этих данных МТС создаёт персональные предложения для каждого клиента своей сотовой связи.

Как и любая инновационная технология, Big Data несёт с собой не только преимущества, но и недостатки. Основные минусы связаны с безопасностью данных и киберугрозами. Ошибки в управлении технологиями больших данных могут привести к утечкам информации и нарушениям конфиденциальности клиентов. Поэтому важно помнить о нужде правильно и осторожного использования этих технологий для достижения максимальной выгоды.

Подводя итог, Big Data становится очень важным инструментом для бизнеса, помогая компаниям эффективно управлять данными клиентов и принимать обоснованные решения. Однако не следует забывать о соблюдении баланса. И следует обеспечивать безопасность данных, чтобы технологии действительно приносили пользу, а не вред.

\*\*\*

1. Davenport, T.H., & Dyché, J. (2013). "Big Data in Big Companies".
2. Chen, H., Chiang, R.H.L., & Storey, V.C. (2012). "Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact".
3. Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A.H. (2011). "Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity".
4. Евдокимов, М.Л. (2018). "Big Data в бизнесе: перспективы и риски"
5. Андреев, А.В. (2017). "Big Data в управлении бизнес-процессами"
6. Мелихова, Т.В., Князева, О.А. (2019). "Анализ применения Big Data в бизнесе"

Лу Ц.<sup>1</sup>, Сунь Х.<sup>2</sup>, Чжуан С.<sup>1</sup>

## Портовый механизм проектирование и внедрение автоматизированного процесса сборки колесно-осевых узлов

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО

<sup>2</sup>БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-427

### Аннотация

Для решения проблем с натяжной сборкой колесно-осевых узлов ходовых механизмов портовой техники была разработана автоматизированная технология сборки, специально предназначенная для колесно-осевых узлов таких механизмов. Этот процесс включает автоматическую сборку с использованием таблиц данных, куда вводятся данные о допусках колес и осей в систему подбора допусков, что обеспечивает автоматический подбор, очистку и сборку. Весь процесс полностью выполняется с помощью автоматизированного оборудования. Эта технология не только снижает физическую нагрузку на рабочих, но и повышает эффективность сборки, представляя ценность в качестве ориентира для аналогичных сборочных технологий.

**Ключевые слова:** колесно-осевая сборка; подбор допусков; автоматическая сборка.

### Abstract

To solve the problems with the tension assembly of wheel and axle assemblies of port machinery running gear, an automated assembly process has been developed specifically for wheel and axle assemblies of such machinery. The process involves automatic assembly using data tables where wheel and axle tolerances are entered into a tolerance matching system, allowing for automatic picking, cleaning and assembly. The entire process is carried out entirely with automated equipment. This technology not only reduces the physical strain on workers, but also increases assembly efficiency and is valuable as a benchmark for similar assembly technologies.

**Keywords:** wheel-axle assembly; tolerance selection; automatic assembly.

С учетом широкого использования сборочных роботов и систем ЧПУ, традиционный метод ручного подбора натяга при сборке колесных и осевых компонентов портовой техники становится проблематичным из-за различий в допусках. Это может повысить сложность сборки и повредить контактные поверхности [1]. Поскольку сборка является завершающим этапом машиностроительного производства, она напрямую влияет на качество продукции и составляет 25-35% от общей трудоемкости проектирования изделия [2]. В качестве решения предлагается автоматизировать процесс сборки, основываясь на информационной модели. Такой процесс включает автоматический подбор деталей, их очистку и совместную работу с роботами, что позволит повысить производительность и улучшить качество продукции в соответствии с современными требованиями [3].

### 2. Разработка технологических процессов сборки

#### 2.1 Процесс сборки

Данные о допусках колес и осей загружаются в систему MES для автоматического сопоставления, после чего очищенные колеса хранятся на складе, и при готовности оси робот захватывает её, а система WMS извлекает соответствующее колесо, отправляя его на нагрев и затем на сборочный стол для финальной сборки.

При захвате оси робот одновременно фиксирует внутреннее отверстие колеса для корректной установки, чтобы провести сборку оси. Собранные колесно-осевые узлы вновь отправляются на склад для кэширования и дальнейшего использования. Процесс сборки представлен на рисунке 1.

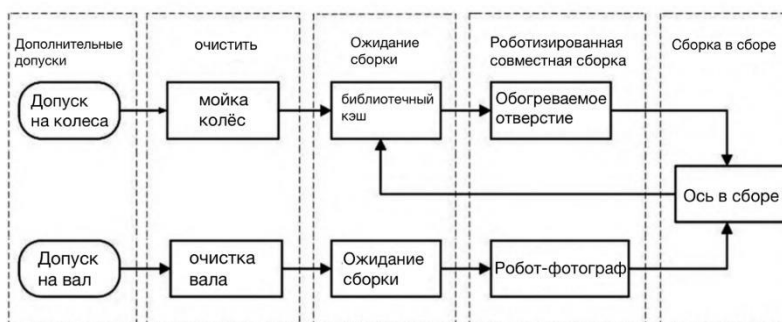


Рисунок 1. Блок-схема сборки.

## 2.2 Процесс сборки

На активном конце ведущего вала ходового механизма портовой техники установлено редукторное устройство привода, в то время как на ведомом конце редуктора нет. В соответствии с проектными требованиями диаметр ведущего (ведомого) вала в основном составляет  $\varnothing 210$  мм. Предположим, что для активного колесного вала используется натяжное соединение H7/s6, а для ведомого колесного вала — H7/r6. В этом случае можно обратиться к таблицам допусков для определения соответствующей зоны допуска для внутреннего отверстия колеса, которая будет представлять собой группу. Для активного вала допусковая зона составляет, а для ведомого вала. В процессе фактической обработки верхние и нижние пределы отверстий осей практически одинаковы. Фактическое натяжение (припуск) равно фактическому размеру отверстия минус фактический размер вала. Максимальный припуск для активного колесного вала составляет 0,159 мм, минимальный — 0,084 мм. Максимальный припуск для ведомого колесного вала составляет 0,109 мм, минимальный — 0,034 мм.

## 3. Процесс выполнения сборки

Для устранения различий в допусках между колесами и осями применяется метод автоматического подбора с возможностью ручного вмешательства, а поверхности обрабатываются антикоррозийным маслом и очищаются ультразвуком под контролем MES, в то время как WMS управляет хранением очищенных колес, выдавая их для нагрева и сборки, в то время как сотрудничество роботов с системами визуального восприятия и управления повышает производительность и точность процесса. Схема системы представлена на рисунке 2.

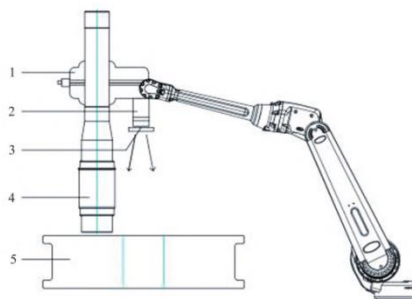


Рисунок 2. Схема системы позиционирования. 1. зажимы 2. камеры и объективы 3. дополнительные источники света 4. валы 5. колеса.

### 3.4.2 Выбор камеры

В соответствии с требованием минимального натяга ведомого вала в 0,034 мм, при проектировании системы машинного зрения обычно стараются, чтобы проверяемая цель максимально заполнила всё поле зрения (FOV). Поэтому для расчета минимального разрешения пикселя системы машинного зрения часто используют размер поля зрения (FOV) вместо максимальной длины цели. Формула следующая:

$$R_{\min} = \left[ \frac{FOV_h}{l_h} \times p_{\min}, \frac{FOV_v}{l_v} \times p_{\min} \right] \quad (1)$$

В формуле,  $FOV_h$  и  $FOV_v$  обозначают длину и ширину поля зрения, мм;  $l_h$  и  $l_v$  — размер минимальной характеристики проверяемой цели, мм;  $p_{\min}$  — минимальное количество пикселей для характеристики.

Для стандартного расчета внутреннего диаметра отверстия колеса 210 мм, если размер поля зрения  $FOV_h$  и  $FOV_v$  принят равным 250 мм, а минимальная характеристика цели  $l_h$  и  $l_v$  — равна минимальному натягу 0,034 мм, при этом для фотосъемки, используемой при сборке,  $p_{\min} = 1$ , теоретическое разрешение датчика изображения составит 54,05 миллиона пикселей, что позволяет выбрать камеру с разрешением 65 миллионов пикселей.

### 3.4.3 Выбор объектива

Факторы, влияющие на формирование изображения объективом, включают фокусное расстояние, минимальные особенности и рабочее расстояние. Необходимо убедиться, что максимальный размер датчика, поддерживаемый выбранным объективом, больше или равен размеру датчика камеры. Согласно упрощенной модели камеры, формула оптического увеличения выглядит следующим образом:

$$M = \frac{s}{f} \quad (2)$$

$$FOV = \frac{R_{\min} \times l_{\min}}{p_{\min}} \quad (3)$$

$$\frac{s}{f} \geq \frac{FOV}{WD} \quad (4)$$

В данной формуле,  $s$  — это размер матрицы изображения,  $f$  — фокусное расстояние, а  $l_{\min}$  — минимальный размер характеристики, равный 0.034 мм. После расчета диапазона поля зрения FOV, оно составляет 250 мм. Рабочее расстояние WD рассчитано по длине самого длинного ведущего вала, равной 1200 мм. Теоретическое оптическое увеличение составляет 0.21, но можно выбрать объектив с увеличением 0.28. Телецентрические объективы по сравнению с обычными обладают большей глубиной резкости и могут гарантировать постоянный коэффициент увеличения на любом расстоянии до объекта в пределах глубины резкости. Они обычно применяются для измерений, обнаружения дефектов или точного позиционирования.

При сборке вала и отверстия необходимо выбрать камеру с подходящим разрешением, учитывая влияние освещения, формы детали и качества поверхности, а также обеспечить безопасность и стабильность траектории робота для предотвращения столкновений и повреждений камеры.

### 3.5 Конец сборки

Натяжная посадка колеса и вала осуществляется методом нагрева до 200°C в течение 20 минут, с возможностью установки нескольких нагревательных станций для повышения эффективности. После завершения сборки тип продукта регистрируется в системе MES, которая отправляет команду на перемещение собранного компонента на склад, фиксируя время охлаждения для дальнейшей сборки.

## 4. Заключение

В ответ на недостатки традиционной натяжной сборки колес и валов портовых механических ходовых механизмов предложена новая технология, которая включает в себя

автоматизированный выбор, автоматическую очистку и кооперативную сборку с использованием роботов. Эта технология позволяет достичь автоматизированного выбора и сборки, обеспечивая оптимальное соответствие по tolerances и выполнение требований по передаче крутящего момента.

\*\*\*

1. Ghandi S., Masehian El. Review and taxonomies of assembly and disassembly path planning problems and approaches. *Computer-Aided Design*, 2015, vol. 67–68, pp. 58-86. DOI: 10.1016/j.cad.2015.05.001
2. Арпентьев Б.М. Механизация и автоматизация сборочных работ на машиностроительных предприятиях / Б.М. Арпентьев, А.С. Зенкин, А.Н. Куцын. – К.: Техника, 1994. – 232 с.
3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для вузов / Н.М. Капустин [и др.]; под ред. Н.М. Капустина. М.: Высшая школа, 2004. 415 с.

**Любимов П.В.**

**Применение инструментов финансового и системного анализа для определения оптимальной стратегии инвестирования при выборе из множества альтернатив технологий интенсификации теплообмена по связанному ключевому параметру**

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-428

**Аннотация**

Необходимость определения стратегии инвестирования для промышленного хозяйства носит повсеместный характер, определение оптимальной альтернативы из доступного множества для производственных объектов теплоэнергетической отрасли, это ключевая задача системного и финансового анализа. Применяя в совокупности несколько эмпирических методов анализа, возможно сократить выборку альтернатив до допустимого оптимума по ключевым критериям, так предлагается стратегия выбора альтернатив для теплоэнергетического объекта – котел.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, котлоагрегат, системный анализ, эмпирические методы исследования, выбор альтернатив.

**Abstract**

The need to determine an investment strategy for the industrial sector is widespread, and determining the optimal alternative from the available set for production facilities in the heat and power industry is a key task of systemic and financial analysis. Applying several empirical analysis methods together, it is possible to reduce the selection of alternatives to an acceptable optimum according to key criteria, so a strategy for choosing alternatives for a thermal power plant – a boiler is proposed.

**Keywords:** heat power engineering, boiler unit, system analysis, empirical research methods, choice of alternatives.

Основная идея финансового менеджмента заключается в утверждении: “Активы должны приносить прибыль”. С этой целью формируются стратегии инвестирования, позволяющие выбрать наиболее предпочтительный вариант вложения средств. При выборе стратегии инвестирования в процессах реконструкции или модернизации промышленных объектов, возникает проблема выбора альтернатив, где отталкиваться от экономических показателей доходности затруднительно ввиду неопределенности, однако, для финансового анализа возможно представить выборку альтернатив, где качественными критериями оценки выбираются первообразные по отношению к экономическим, показатели эффективности, а присвоение оценок по качествам производится по балльной системе, на основании

эмпирических и экспериментальных данных. Решая проблему модернизации конвективной шахты котельного оборудования, необходимо повысить эффективность процессов теплоотдачи.

Основным этапом данной работы является задание отношения  $R$ , по которому будут характеризоваться связи элементов  $x_i$  и  $x_j$  множества  $X$ , так, предлагается включить в состав работы проблему относительно которой можно выделить отношение, основной задачей работы является интенсификация теплообмена между движущимися средами, можно установить следующее отношение: “первый элемент лучше второго для решения проблемы”, зададим, что  $x_{ij}$  принимает значение “1” в случае если  $x_i$  лучше  $x_j$  хотя бы по двум показателям. Показатели: затраты, эффективность, трудоемкость [1].

Рассматриваемые элементы ( $x_1, x_2 \dots x_n$ ):

- Оребрение поверхности
- Ретардер
- Замена труб круглого сечения на витые
- Использование ультразвука
- Использование вибрации
- Создание искусственной шероховатости

Когда установлено отношение и элементы можно составить матрицу инцидентности, представленную таблицей 1.

Таблица 1

Матрица выбора альтернатив.

Элементы	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$X_1$	0	1	1	1	1	1
$X_2$	0	0	1	0	0	0
$X_3$	0	0	0	0	0	0
$X_4$	0	1	1	0	0	1
$X_5$	0	1	1	1	0	1
$X_6$	0	1	1	0	0	0

Составим вектор-строку:

$$A_0 = (0,4,5,2,1,3)$$

Нули в строке  $A_0$  дают элементы, которые лучше всех остальных по данному отношению. Эти элементы образуют порядковый уровень  $N_0$ .

Заменяем нули на  $x$  и преобразуем вектор-строку, исключая выделенный элемент, получим:

$$A_0 = (x, 3,4,1,0,2)$$

Новый ноль соответствует следующему в иерархии элементу, поскольку дальнейшее решение повторяется рассмотрим результаты.

Уровни порядка:

- $N_0$  – Оребрение поверхности;
- $N_1$  – Ретардер;
- $N_2$  – Использование ультразвука;
- $N_3$  – Создание искусственной шероховатости;
- $N_4$  – Использование вибрации;
- $N_5$  – Замена труб круглого сечения на витые.

Как следует из вышеизложенного, применение оребрения может быть наиболее предпочтительным способом интенсификации теплообмена, обладая значительной эффективностью, он является не самым затратным и трудоемким элементом. Определимся с ключевым качеством относительно которого возможно осуществить выбор из схожих альтернатив и по которому не может исключаться альтернатива с наибольшим его показателем, также это качество должно быть первообразной к экономическому показателю, отражая

повышение эффективности работы самой альтернативы, отражать экономическую целесообразность её внедрения.

Стратегия выбора наиболее подходящего варианта альтернатив как правило сводится не только к выбору определенного технологического решения, но и к варианту исполнения этой технологии, где уже не так значим выбор в отношении качества предпочтения, более важным становится качество, определенное для отрасли как наиболее значимое, в рассматриваемом случае этим качеством может быть эффективность, выражаемая не общим определением, а конкретной количественной характеристикой, коэффициентом теплоотдачи. Для учета всех вариантов составляется дерево альтернатив рис. 1.

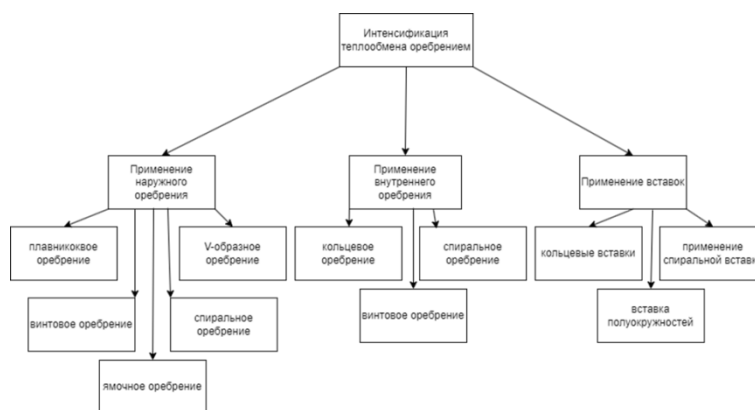


Рисунок 1. Дерево альтернатив.

Общая схема определения ключевого связанного показателя эффективности для проведения анализа со стороны финансового управления и выбора альтернатив по теории системного анализа представлено на рис. 2.

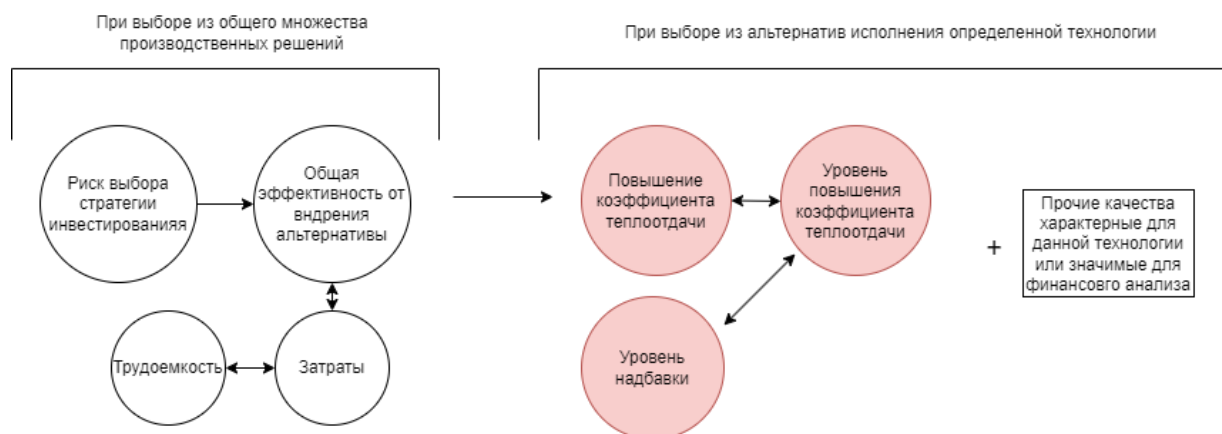


Рисунок 2. Схема выбора ключевого связанного и прочих критериев.

Каждому ветвлению дерева альтернатив вновь присваивается уровень, опорной точке ветвления, интенсификация теплообмена оребрением присваивается уровень N0, последующим трем опорным точкам присваивается уровень N1 и последним ветвям уровень N3. Поскольку выбор конкретной модели на уровне N2 отражается лишь в специфике процессов теплопередачи и их количественной разнице не выше того, что является самым оптимальным для конкретной ситуации, проведем выбор именно на этом уровне, соответственно применение наружного оребрения, применение внутреннего оребрения, применение вставочных или насадочных конструкций оребрения. Выбор производится из специфики решаемой задачи, так, исходя из предположения, что оребрение необходимо по стороне меньшего коэффициента теплоотдачи, выберем именно эту сторону, наружное оребрение, где также нет необходимости

в малометражных конструкциях, что обусловлено местом установки, это конвективный пучок. На уровне N3, используем и оптимизируем для решение задачи финансовую модель выбора альтернатив, выбирая сравнивающую характеристику в отношении технических предметов, необходимо от прямых денежных оценок, переходить к опосредованным качествам, так дальнейшее сравнение может проводиться с использованием бальной системы в отношении этих качественных характеристик. Произведем оценку альтернатив по выбранным элементам на уровне N3.

Варианты:

B1 – оребрение поверхности кольцевым оребрением [2];

B3 – оребрение поверхности спиральной вставкой/насадкой [3];

B4 – винтовое оребрение поверхности [4];

B7 – ямочное оребрение [5].

Критерии:

K1(Ст) – стоимость;

K2(Тд) – трудоемкость;

K3(Нд) – надежность;

K4(Ит) – интенсификация теплообмена;

K5(Р) – ресурс;

K6(Кр) – сопротивление эффекту коррозии;

K7(Вг) – возможность включения по току воды и газа;

K8(Дф) – дефектность, вероятность наличия дефекта при исполнении самого оребрения или его нанесения, или установки на поверхность эксплуатации. Значения функций полезности приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Значения функций полезности.

Альтернативы	Значения критериев							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
оребрение поверхности кольцевым оребрением (B1)	3	3	3	3	4	4	5	3
оребрение поверхности спиральной вставкой/насадкой (B2)	5	5	5	2	3	3	5	4
винтовое оребрение поверхности (B3)	2	2	3	4	5	5	5	3
ямочное оребрение (B4)	3	4	5	4	5	4	3	5

Подсчитаем весовой коэффициент для каждого варианта:

$$K(B_1) = a_1 K_1(B_1) + a_2 K_2(B_1) + \dots + a_n$$

$$K(B_1) = 3 * 0,093 + 3 * 0,023 + 3 * 0,192 + 3 * 0,366 + 4 * 0,173 + 4 * 0,044 + 5 * 0,08 + 3 * 0,029 = 3,177$$

$$K(B_2) = 5 * 0,093 + 5 * 0,023 + 5 * 0,192 + 2 * 0,366 + 3 * 0,173 + 3 * 0,044 + 5 * 0,08 + 4 * 0,029 = 3,439$$

$$K(B_3) = 2 * 0,093 + 2 * 0,023 + 3 * 0,192 + 4 * 0,366 + 5 * 0,173 + 5 * 0,044 + 5 * 0,08 + 3 * 0,029 = 3,844$$

$$K(B_4) = 3 * 0,093 + 4 * 0,023 + 5 * 0,192 + 4 * 0,366 + 5 * 0,173 + 4 * 0,044 + 3 * 0,08 + 5 * 0,029 = 4,212$$

Для заключительного выбора из полученных коэффициентов определим два наилучших варианта, оценим их по тем же критериям методом построения лепестковой диаграммы. На рис. 3 приведено построение лепестковой диаграммы для вариантов В3 и В4.

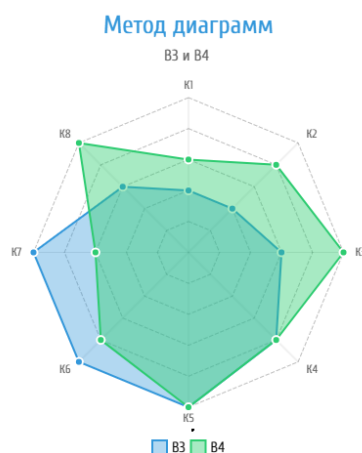


Рисунок 3. Метод диаграмм.

Лучшая альтернатива один из этих вариантов, множество критериев, наличие у каждого из вариантов максимальной оценки по нескольким критериям, указывает на возможность выбора варианта орбрения от предпочтительного качества, наличие у В4 высоких и средних значений критериев, отсутствие не развитых точек диаграммы, позволяет считать этот вариант наиболее оптимальным, что соответствует ямочному орбрению. При оценке по выбранному ключевому качеству эти варианты совпадают, в результате мы получили выборку из альтернатив, имеющих высокие показатели по ключевому качеству, интенсификация теплообмена, выраженная повышением коэффициента теплоотдачи, и имеющих усредненные значения всех прочих характеристик в соответствии с весовыми коэффициентами. При выборе из вариантов, у которых разные значения ключевого параметра, выбирается альтернатива с преобладающим значением этого параметра. В зависимости от производства могут применяться специфические варианты осуществления альтернатив, например, при исполнении орбрения допустимо использование гибридизации [6].

\*\*\*

1. Системный анализ и моделирование теплоэнергетических установок и систем: методические указания к выполнению курсовой работы / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. В.А. Лебедев. – СПб, 2019. – 77 с.
2. Сейедхади Банихашеми, Мохаммадреза Ассари, Сейедмохаммад Джавади, Саид Вахидифар, Тепловые характеристики турбулентного потока в трубе с кольцевой вставкой: экспериментальное и численное исследование // Химическая инженерия и переработка - интенсификация процессов. 2022. Том 172, 108780. <https://doi.org/10.1016/j.cer.2022.108780>.
3. Линь Лю, Те Сун, Ян Цао, Сяолун Ю, Лин Чжан, Цзыюн Цао, Линь Чжан, Вэйган Сюй, Ши Бу, Экспериментальное и численное исследование характеристик потока и теплопередачи в трубе со встроенным внутренним продольным ребром // Международный журнал тепловых наук. 2023. Том. 183, 107857. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2022.107857>.
4. Сомайех Давудабади Фарахани, Мохаммад Фарахани, Давуд Ганбари, Теплопередача от R134a/поток кипящего масла в трубе: внутреннее спиральное орбрение и гибридные наночастицы // Исследования и проектирование в области химической инженерии. 2021. Том 175, стр. 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.08.035>.
5. Цзявэнь Ю, Ран Хо, Хайтао Шэнь, Сяоцзюнь Ли, Цзучао Чжу, Имитационное исследование потока конденсации и характеристик терморегулирования смешанного хладагента в трубке с углублениями // Прикладная теплотехника. 2023. Том 231, 120889. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120889>.
6. Аметистов Е.В., Белосельский Б.С., Емцев Б.Т., Клименко А.С., Комендантов А.С., Круг Г.К., Лабунцов Д.А., Махров В.В., Морозкин В.П., Охотин В.С., Павлов Ю.М., Протопопов В.С., Реутов Б.Ф., Созиев Р.И., Сычев В.В., Тимрот Д.Л., Тоцкий В.Е., Чистяков В.С., Чичков В.В., Шпильрайн Э.Э., Шурыгин А.П., Ягов В.В.: теоретические основы теплотехники теплотехнический эксперимент. – Москва: Изд-во Энергоатомиздат, 1988. – 543 с.

Мукминова И.Р.

## Оценка методов обработки льняной тресты

Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-429

### Аннотация

Статья посвящена оценке методов обработки льняной тресты, используемой в текстильной промышленности. В работе рассматриваются традиционные, механические и химические методы и основные методы обработки льняной тресты: мочение и стланцевая технология, а также их влияние на физико-химические свойства волокна.

**Ключевые слова:** сравнительный анализ, технологическое качество, льняное волокно, моченцовая треста, стланцевая треста, методы обработки, физико-химические свойства.

### Abstract

The article is devoted to the evaluation of methods of processing linen wool, an important raw material for the textile industry. The paper considers traditional, mechanical and chemical methods and the main methods of processing flax fiber: wetting and slanting technology, as well as their effect on the physico-chemical properties of the fiber.

**Keywords:** comparative analysis, technological quality, flax fiber, mochentsovaya tresta, stancevaya tresta, processing methods, physico-chemical properties.

Лен — одно из важнейших текстильных растений, из которого получают высококачественные волокна. Процесс обработки тресты определяет качество льняного волокна. Современные методы обработки льняной тресты варьируются в зависимости от целей производства и характеристик конечного продукта.

Существует несколько методов обработки льняной тресты, каждый из которых имеет свои особенности. В зависимости от используемой технологии обработки, их можно разделить на следующие группы:

Традиционные методы – метод мочения и стланцевый метод.

Механические методы – механическое извлечение волокна при помощи обрабатывающих машин.

Механическая обработка льняной тресты подразумевает использование специализированных машин для разрушения древесины и разделения волокон. Среди наиболее распространенных механизмов можно выделить:

- Мялка – машина, предназначенная для разрушения древесины стебля льна.
- Трепалка – устройство для разделения разрушенной древесины и волокна.
- Щипалка – финальный этап механической обработки, при котором волокно очищается и выравнивается.

Химические методы – использование химических реагентов для ускорения разложения растительных компонентов тресты.

В химических методах обработки льняной тресты применяются различные реагенты, способствующие разложению пектинов и других связующих веществ. Это ускоряет процесс выделения волокна и делает его более управляемым. Наиболее распространенные химические реагенты включают:

- Щелочные растворы, которые помогают разлагать клейкие вещества.
- Ферментативные добавки, ускоряющие биологические процессы разложения.

Ключевыми этапами производства льняного волокна являются процессы подготовки тресты, среди которых наиболее распространены моченцовая и стланцевая технологии. Каждая из этих технологий влияет на конечное качество волокна, и их сравнительный анализ позволяет выбрать оптимальные условия для различных промышленных и текстильных задач.

Цели сравнительного анализа:

1. Определение качества волокна, а именно, какой метод обработки обеспечивает лучшее качество волокна по таким параметрам, как прочность, длина и чистота.
2. Результаты анализа могут быть использованы для оптимизации процессов обработки льна, чтобы улучшить качество конечного продукта и снизить затраты.
3. Возможность оценить экологические аспекты каждого метода, что важно для разработки устойчивых и экологически безопасных технологий.
4. На основе результатов анализа могут быть разработаны новые методы обработки, которые комбинируют преимущества моченцовой и стланцевой тресты.

Моченцовая треста получается в процессе мочения (ферментационного разложения) льняной соломы в воде. Этот процесс проводится в естественных водоемах или специальных баках и требует тщательного контроля температуры и времени обработки. Мочение позволяет эффективно разрушать пектиновые соединения, связывающие волокна с древесной частью стебля.

Основные этапы процесса:

1. Замачивание соломы в воде.
2. Ферментативное разложение пектиновых веществ.
3. Сушка и дальнейшая обработка волокна.

Преимущества моченцовой тресты:

- Высокая прочность волокон.
- Более мягкое и эластичное волокно.
- Однородность получаемого материала.

Недостатки:

- Зависимость от погодных условий при естественном мочении.
- Затратность процесса в контролируемых условиях.
- Высокая потребность в водных ресурсах.

Итак, процесс требует контроля температуры и времени замачивания для достижения оптимальных результатов.

Стланцевая треста формируется путем расстила соломы на полях, где под воздействием атмосферных осадков, солнечного света и микроорганизмов происходит естественное разложение пектинов.

Основные этапы:

1. Расстил соломы на поле.
2. Воздействие осадков и микроорганизмов на пектиновые вещества.
3. Сбор и дальнейшая обработка тресты.

Преимущества стланцевой тресты:

- Минимальные производственные затраты.
- Простота процесса.
- Возможность использования в масштабных производственных объемах.

Недостатки стланцевой тресты:

- Высокая зависимость от погодных условий.
- Низкая однородность качества волокна.
- Меньшая прочность по сравнению с моченцовой трестой.

Итак, этот процесс занимает больше времени, но требует меньше затрат на оборудование.

Если рассматривать сравнительную характеристику данных процессов, то моченцовая треста дает более прочное и мягкое волокно, что делает его более предпочтительным для производства высококачественных тканей, в то время как стланцевая треста имеет более грубое и менее прочное волокно, что ограничивает его применение в текстильной индустрии. При этом, процесс получения моченцовой тресты требует больших водных ресурсов, в то время как стланцевая треста формируется естественным путем, что снижает нагрузку на окружающую среду. Стланцевая технология более дешевая, так как она не требует специального оборудования и значительных затрат на воду и энергоресурсы, однако качество продукта может колебаться в зависимости от погодных условий.

Влияние региона и сорта являются важными факторами при сравнении двух методов приготовления тресты. Свойства почвы влияют на состав микроорганизмов, населяющих растения еще в период вегетации. Региональные факторы определяют состав микроорганизмов и погодные условия, играющие роль в процессе россыпной мочки.

Процесс проведения сравнительного анализа между моченцовой и стланцевой льняной трестой включает несколько ключевых этапов:

1. Сначала собираются образцы льняной тресты, обработанные разными методами (моченцовой и стланцевой).
2. Затем образцы подготавливаются для анализа, что может включать их очистку, сушку и разделение на волокна.
3. Проводятся тесты для определения прочности, длины, чистоты и других характеристик волокна. Это может включать механические испытания, микроскопический анализ и химический анализ.
4. Результаты тестов сравниваются для выявления различий и преимуществ каждого метода обработки.

Оценка качества льноволокна, поступающего на переработку, имеет существенное значение для производства высококачественных текстильных изделий. Государственное сортоиспытание новых сортов льна осуществляется через анализ моченцового волокна, полученного путем россыпной мочки, в которой применяются контролируемые условия. Изучение воздействия биологических факторов, таких как микроорганизмы, на процесс россыпной мочки и водной мочки является важным аспектом. Процессы россыпной мочки и водной мочки обусловлены различиями в характере преобразования стеблей соломы в тресту. Водная мочка происходит в контролируемых условиях и детально изучена в литературе, тогда как россыпная мочка зависит от погодных факторов и места расстила.

Таким образом, выбор между моченцовой и стланцевой технологиями зависит от целей производства и наличных ресурсов. Моченцовая треста обеспечивает высокое качество волокна и подходит для премиального текстиля, тогда как стланцевая треста является более экономичным и экологичным решением, подходящим для массового производства льняных изделий. Для оптимизации производства целесообразно комбинировать оба метода в зависимости от условий и требований к конечной продукции.

\*\*\*

1. Виноградова А. Е., Куликов А. Н., Пашин Е. Л. Соболева Е. В. Приборное обеспечение нового метода оценки качества льняной тресты и волокна. Достижения науки и техники АПК. 2007;(6):40-42.
2. Перов Г.А., Зубанов В.В., Сизов И.В. Инновационный вспушиватель лент льна. Материалы научно-практич. конференции "Инновационные разработки для производства льна". Тверь, 2015. - С. 147-153.
3. Чернушок А.З., Воскресенская Л.Г., Кондратьева Т.А. и др. Исследования биохимических превращений компонентов стебля льна при мочке регенерированной мочильной жидкости // Труды НИИПОЛВ. М.: ЦНИИТЭ Илегрпром, 1983. С. 3-8.

Низомадинова Р.А.

**Цветовое восприятие объектов промышленной архитектуры и строительных материалов**

*Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета им. М. Осими  
(Таджикистан, Худжанд)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-430

**Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы цветового восприятия объектов промышленной архитектуры и строительных материалов. Особенно остро это проявилось в период научно-технического прогресса, когда человеческий фактор значительно возрос под влиянием социального развития. Композиционные изменения, лежащие в основе внешнего и внутреннего формирования промышленных объектов, должны рассматриваться прежде всего с точки зрения человеческого восприятия.

**Ключевые слова:** цветовое восприятие, объекты промышленной архитектуры, строительные материалы, технический прогресс.

**Abstract**

The article dwells on color perception of industrial architecture objects and building materials. This was especially acute during the period of scientific and technological progress, when the human factor increased significantly under the influence of social development. Compositional changes underlying the external and internal formation of industrial objects should be considered primarily from the point of view of human perception.

**Keywords:** color perception, industrial architecture objects, building materials, technological progress.

В нынешнее время промышленные компании и их участки играют ключевую роль в городской структуре, а в некоторых случаях даже формируют сам город. Социально-экономические факторы стали основой для создания промышленных предприятий в городской черте, что, в свою очередь, способствовало развитию архитектурного и художественного облика всего города [1, с.128].

Для архитекторов одной из ключевых причин применения цвета на промышленных объектах является его воздействие на настроение сотрудников. Главная цель разработки для внешнего оформления заключается в том, чтобы связать различные здания и сооружения промышленного комплекса с окружающей городской архитектурой, формируя при этом целостную и гармоничную композицию. Существует множество способов, позволяющих композиционно объединять конструкции. Один из распространенных подходов заключается в сопоставлении цвета нового здания с цветом уже существующего, что формирует ощущение временной связи и воспринимается как прогресс и эволюция пространства [2, с.236].

В городской среде, рассматривая цветовое оформление промышленных объектов, разумно использовать комбинацию оттенков из тонкой палитры. Этот подход помогает сохранить единство и гармонию облика города, избегая конфликтов между зданиями и сооружениями с точки зрения композиции и художественного оформления. При необходимости выделения функциональных зон на строящемся объекте часто применяется цветовое зонирование. Этот подход заключается в том, что фасады зданий или групп сооружений окрашиваются в различные цвета, чтобы визуально передать информацию о пространственном расположении. Цвета фасадов должны соответствовать определённым цветовым законам, которые учитывают их насыщенность и полноту.

Размер и технологические особенности зданий оказывают влияние на выбор цветового оформления в промышленных предприятиях. Габариты и технологические характеристики

сооружения определяют цветовые решения на таких объектах. Комплекс промышленных зданий обычно заметен издали благодаря своим внушительным размерам, что сказывается на архитектурно-пространственном и композиционно-художественном аспектах. С точки зрения цветовых решений промышленных зданий, они воспринимаются как крупные цветные пятна, и лишь на расстоянии можно заметить детали и оттенки. В оформлении фасадов промышленных объектов важную роль играют архитектурно-композиционные приемы, такие как стиль, выразительность пропорций и форм элементов. Такой подход помогает уменьшить однообразие фасада, а добавление цвета в композицию позволяет создать яркую и уникальную структуру [4, с.84].

Технологические процессы на промышленных предприятиях значительно влияют на выбор цветового оформления как внешних, так и внутренних пространств. Как известно, цвет оказывает воздействие на восприятие человека, поэтому для повышения эффективности работы важно уделять внимание качеству отделки стен и разнообразию цветовых решений в помещениях [3, с.51].

В цветовой концепции цеха значительное значение имеют также поверхности производственных машин, станков, механизмов и другого рабочего оборудования. При выборе цветового оформления оборудования следует учитывать общую цветовую палитру цеха, создавая комфортные условия для работы, не отвлекая внимание, но при этом подчеркивая функциональное назначение устройств.

Правильно подобранная цветовая палитра может создать эффект визуального увеличения пространства в узких комнатах, что поможет облегчить восприятие и, возможно, сбалансировать визуально непропорциональные (слишком длинные и узкие) помещения в промышленных зданиях. В таких пространствах рекомендуется использовать не более двух-трех цветов, чтобы снизить избыточную визуальную и психологическую нагрузку во время работы [5, с.296].

Только всесторонняя организация пространства на объемном, планировочном, композиционно-художественном и конструктивном уровнях, а также активное применение цвета, его свойств и яркости, способны создать адекватную, гармоничную и ценную архитектурную композицию для промышленного здания.

Цвет материала не является просто зрительным восприятием, зависящим от спектра света, отраженного от его поверхности. Яркость цвета показывает, к какой области видимого спектра принадлежит цвет данного материала. Она определяется относительной яркостью поверхности, которая рассчитывается через коэффициент отражения, представляющий собой отношение отраженного светового потока к падающему свету. Существует различие в цвете в зависимости от способа обработки материала. Естественный оттенок возникает благодаря традиционным методам работы с такими материалами, как дерево или кирпич. Конвертированный цвет – это результат обработки натуральных материалов или применения особых технологий производства. Оверлей представляет собой цвет декоративного слоя, который полностью скрывает основной материал. Цвет влияет на визуальное восприятие масштаба, размеров и пропорций. Например, предмет одного цвета кажется больше, чем многоцветный. Кроме того, восприятие формы объекта зависит от размеров его выпуклых и вогнутых частей.

Факторы, влияющие на восприятие цвета, зависят от окружающей среды, включая освещение и текстуру поверхности. Внутренние аспекты связаны с функционированием человеческого мозга и глаз, такими как фон, цветовая температура, расстояние между цветами и насыщенность цвета. Свет создает объем у объектов и делает цвет заметным. В открытых пространствах цвет предмета в значительной степени определяется естественным освещением, его направлением и силой, а также погодными условиями и климатом.

Солнечные лучи, попадая на поверхность, создают яркую тень, акцентируя внимание на величине и контуре объекта. Чаще всего наблюдается рассеянный свет, который формирует легкую тень, в результате чего форма становится менее заметной и гармонично сливается с окружающей средой. Человек наиболее эффективно воспринимает цвета, когда солнце находится в среднем положении. При избытке света он может ослепнуть, что затрудняет различение цветов – они выглядят тускло и неярко. В условиях недостатка света различать цвета становится сложно. После заката солнца первыми теряют яркость желтые и красные оттенки, в то время как синий и зеленый остаются наиболее заметными.

Таким образом, можно выделить как положительное, так и отрицательное воздействие цветов на психическое состояние человека. Синий и зеленый цвета обладают расслабляющими и успокаивающими свойствами, что делает их предпочтительными для тех, кто ищет релаксацию и гармонию. Однако продолжительное воздействие этих оттенков может привести к замедлению реакций и даже вызвать чувство уныния, депрессию и печаль. В то же время красный и желтый цвета способствуют активным действиям, стимулируя рецепторы мозга. Эти цвета необходимы спокойным и восстановленным людям, которые нуждаются в проявлении энергии и активности.

Связь между белым и черным напоминает работу нервной системы. Белый цвет активизирует умственную деятельность, в то время как черный символизирует время для отдыха. Белый ассоциируется с энергией, активностью и движением, тогда как черный – с покоем, отдыхом и расслаблением. В дни с пасмурным утром и преобладанием серо-голубых оттенков человеку часто сложно настроиться на продуктивную работу, и он может оказаться в состоянии пассивности и полусна на продолжительное время. С учетом этих данных, предпочтения в цветах у взрослых можно интерпретировать как необходимость нервной системы, стремление к стабильному и гармоничному состоянию, поддержанию баланса и даже уменьшению потребности в активности и развитии, которые более характерны для детей.

При анализе различий цветовых предпочтений в зависимости от возраста и уровня образования становится ясно, что простые, чистые и яркие цвета действуют на человека как мощные стимулы. Они отвечают потребностям здоровых людей с активной нервной системой — детей, подростков, молодежи и работников физического труда, обладающих прямолинейным и открытым характером.

Таким образом, сложные оттенки, пастельные тона и примеси оказывают более успокаивающее, чем возбуждающее, воздействие, вызывая более глубокие эмоции. Они отражают потребности людей с высоким уровнем культуры и чаще нравятся представителям среднего и пожилого возраста, а также тем, кто занят умственным трудом, людям с утомленной нервной системой и тем, кто предпочитает более тонкие организации.

\*\*\*

1. Ким А.А. Промышленная архитектура. 2-е изд. М., 1988. 244 с.
2. Морозова Е.Б. Архитектура промышленных объектов: прошлое, настоящее и будущее. Минск: Технопринт, 2003. 316 с.
3. Сергеев Н. Радиусные фасады - элемент архитектуры будущего. - 9-е изд. М.: Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2012. С.51-52 с.
4. Стасюк Н.Г., Киселева Т.Ю., Орлова И.Г. Основы архитектурной композиции. Учебное пособие. - М.: Изд-во Архитектура-С. 2004. - 96 с.
5. Френсис Д. К. Чинь. Архитектура: форма, пространство, композиция. М.: Астрель, 2010. 432 с.
6. Азизов А.А. Роль интуиции в художественном и техническом творчестве / А.А. Азизов, М.А. Ганиева // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 110-1. С.8-10.
7. Ганиева М.А. Формирование способности студентов к профориентационной работе с учащимися начальных классов / М.А. Ганиева, П.А. Осимова // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 111-1. С.57-60.

Петрова С.Ю.

## Сравнительный анализ нотации BPMN и UML-диаграммы деятельности с дорожками

*Нижегородский государственный инженерно-экономический университет  
(Россия, Княгинино)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-431

### Аннотация

Рассматривается задача сравнения нотации BPMN и нотации UML-диаграммы деятельности с дорожками. Сравнительный анализ осуществлен на основе имеющихся базовых элементов нотаций. Проведен эксперимент по моделированию одного бизнес-процесса с помощью двух нотаций. Сделан вывод о взаимозаменяемости рассматриваемых нотаций.

**Ключевые слова:** моделирование, проектирование, спецификация, бизнес-процесс, нотация, BPMN, UML, диаграмма деятельности, дорожки, сравнительный анализ.

### Abstract

The problem of comparing BPMN notation and UML activity diagram notation with tracks is considered. The comparative analysis is carried out on the basis of the available basic elements of notation. An experiment was conducted to model one business process using two notations. The conclusion is made about the interchangeability of the considered notations.

**Keywords:** modeling, design, specification, business process, notation, BPMN, UML, activity diagram, tracks, comparative analysis.

В статье рассматривается проблема применения средств моделирования бизнес-процессов.

BPMN (Business Process Model and Notation – нотация и модель процессов) – нотация для моделирования процессов, включающая систему условных обозначений и их описание в XML.

Разработчиком нотации BPMN является международная организация BPMI (Business Process Management Initiative). Нотация разрабатывалась на основании практического опыта выстраивания эффективных процессов и управления ими.

Данная нотация очень удобна при проектировании информационных систем, так как позволяет преобразовывать модель процесса в программный код и дорабатывать приложения (информационные системы) одновременно с изменениями в процессе [1, с. 6].

Язык UML (Unified Modeling Language), или унифицированный язык моделирования, предназначен для описания, визуализации, проектирования и документирования объектно-ориентированных систем и бизнес-процессов с ориентацией на их последующую реализацию в виде программного обеспечения. UML – это спецификация, подробное описание системы, которое полностью определяет ее цель и функциональные возможности. UML является средством наглядного представления разрабатываемой системы в виде специальных графических конструкций – диаграмм.

UML – это достаточно мощное средство объектно-ориентированного проектирования для построения моделей сложных систем [2, с. 8 – 9].

Некоторые авторы сравнивают нотации BPMN и UML [3; 4; 5] и делают вывод о том, что данные нотации не являются взаимозаменяемыми нотациями для моделирования. С помощью BPMN реализуется процессно-ориентированный подход, а с помощью UML – объектно-ориентированный. Целевой аудиторией нотации BPMN являются бизнес-аналитики и те, кто связан с моделированием и улучшением бизнес-процессов, а целевой аудиторией нотации UML – разработчики, архитекторы и другие участники, связанные со спецификацией и разработкой систем.

Нотация BPMN предназначена только для моделирования бизнес-процессов, UML – для моделирования информационной системы, причем разные UML-диаграммы описывают разные аспекты.

UML-диаграмма деятельности (activity diagram) служит для моделирования последовательности действий, которые выполняются различными элементами, входящими в состав системы.

Однако для моделирования бизнес-процессов в нотации UML предназначена диаграмма деятельности со специальными конструкциями – дорожками [6, с. 66], поэтому правильное сравнение нотации BPMN не со всей нотацией UML, а только с одной UML-диаграммой.

Цель работы – провести сравнительный анализ нотации BPMN и нотации UML-диаграммы деятельности с дорожками по их базовым элементам.

Сравнительный анализ нотации BPMN и UML-диаграммы деятельности с дорожками по основным элементам представлен в табл. 1.


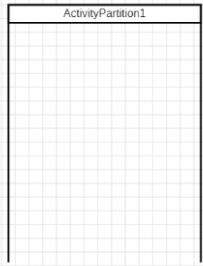

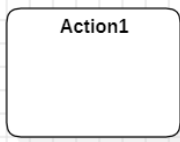




Как видно из таблицы, базовые элементы нотации UML-диаграммы деятельности и BPMN визуально похожи.




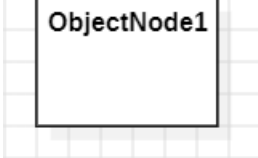


Также базовые элементы соответствуют друг другу и по назначению:

- дорожки показывают исполнителей процесса;
- задачи и состояния действия отражают этапы, подпроцессы, операции внутри процесса;
- события и специальные состояния показывают границы процесса, действий;
- шлюзы и логические операторы моделируют развилки (разветвления и слияния) в цепочке потока управления;
- потоки операций и переходы показывают порядок (последовательность) выполнения действия в процессе;
- объекты данных и объекты показывают информацию, документы, базы данных, которые формируются или используются при выполнении действий;
- текстовые аннотации, примечания используются при необходимости дать уточнения (пояснения) к различным элементам модели.

Таблица 1

Сравнительный анализ нотации BPMN и UML-диаграммы деятельности с дорожками по базовым элементам.

BPMN	UML-диаграмма деятельности с дорожками
<p data-bbox="363 1081 544 1115"><i>Пул и дорожки</i></p> 	<p data-bbox="1054 1048 1169 1081"><i>Дорожки</i></p> 
<p data-bbox="272 1361 632 1395"><i>Задача/действие (разные виды)</i></p> 	<p data-bbox="991 1384 1233 1417"><i>Состояние действия</i></p> 
<p data-bbox="217 1630 691 1697"><i>Стартовое событие, конечное событие, промежуточное событие</i></p> 	<p data-bbox="863 1641 1361 1675"><i>Начальное состояние, конечное состояние</i></p> 
<p data-bbox="331 1843 571 1877"><i>Шлюз (разные виды)</i></p> 	<p data-bbox="799 1821 1430 1888"><i>Ветвление, символ разделения и слияния параллельных вычислений или потоков управления</i></p> 

<p><i>Поток операций</i></p> 	<p><i>Переход</i></p> 
<p><i>Объект данных</i></p> 	<p><i>Объект</i></p> 
<p><i>Текстовая аннотация</i></p> 	<p><i>Примечание</i></p> 

Рассмотрим бизнес-процесс оформления заявки на приобретение техники.

Описание бизнес-процесса следующее:

1. Сотрудник компании заполняет заявку на технику и отправляет ее администратору.
2. Администратор рассматривает заявку и:
  - либо отклоняет ее, указав причину отказа сотруднику, после чего процесс заканчивается;
  - либо просит согласовать заявку директором, директор может:
    - а) отклонить заявку, указав причину отказа, после чего процесс заканчивается.
    - б) согласовать заявку, после чего ставится задача директору на выдачу денег, далее деньги выдаются, и ставится задача на закупку техники администратору.
3. Администратор закупает технику, и далее ставится задача на получение техники сотруднику компании, после того как техника получена сотрудником, процесс заканчивается.

Смоделируем данный бизнес-процесс с помощью нотации BPMN и с помощью UML-диаграммы деятельности с дорожками (рис. 1, 2).

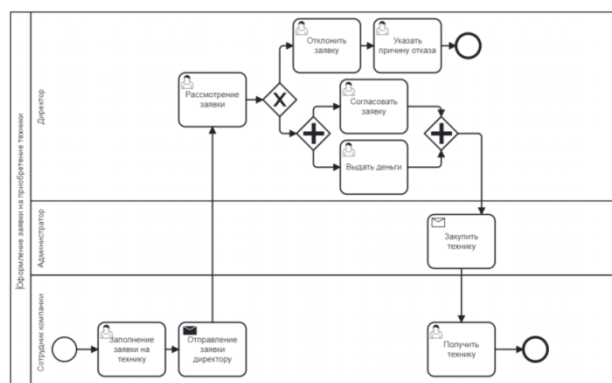


Рисунок 1. Модель бизнес-процесса «Оформление заявки на приобретение техники» в нотации BPMN.

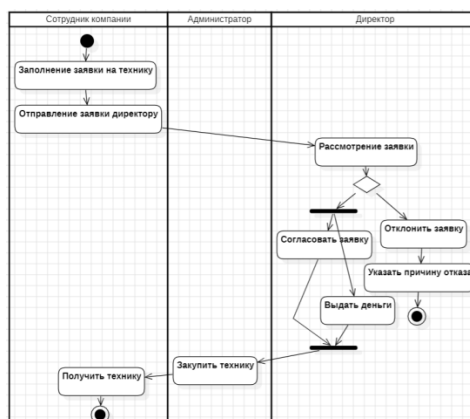


Рисунок 2. Модель бизнес-процесса «Оформление заявки на приобретение техники» в нотации UML.

Модель процесса, построенная с помощью нотации BPMN, и модель процесса, построенная с помощью UML-диаграммы деятельности с дорожками, визуально похожи и одинаково понятны.

Стоит отметить, что в BPMN очень большое разнообразие типов базовых элементов. Например, имеются такие типы событий: сообщения, таймеры, ошибка, сигнал, эскалация, уничтожение и другие.

BPMN также представляет возможность работы с типами задач. Типы задач в BPMN: пользовательские, сервисные, ручные, задачи-скрипты и другие. Типы задач предназначены для моделирования процессов, которые являются технически выполнимыми. На практике типы задач применяются нечасто. Но опыт специалистов говорит о том, что типы задач могут быть особенно полезны при разработке инженерных требований [7].

Среди шлюзов в BPMN имеются: параллельные, встроены, основанные на событиях, инклюзивные и другие.

Нотация BPMN также предлагает построение нескольких видов диаграмм:

- 1) оркестровка;
- 2) диаграмма взаимодействия;
- 3) хореография;
- 4) схема диалога.

Оркестровка и диаграмма взаимодействия – это наиболее распространенные виды BPMN-диаграмм. Оркестровкой является диаграмма, которая содержит один пул с дорожками и потоком управления внутри. Диаграмма взаимодействия – это диаграмма, содержащая несколько пулов (в том числе свернутые), которые связаны между собой потоками сообщений [1, с. 68].

Схема диалога показывает взаимосвязь между разными пулами, в качестве которых могут выступать разные процессы или участники [1, с. 71].

Хореография является отдельным видом диаграмм, которые могут использоваться для моделирования участков процесса, в котором происходит интенсивный обмен сообщениями между участниками в разных пулах. Данный тип диаграмм специфичен и сложен, поэтому используется редко [1, с. 73].

Таким образом, нотация BPMN и нотация UML-диаграммы деятельности с дорожками являются взаимозаменяемыми, но BPMN более специализированная нотация для моделирования бизнес-процессов и здесь больше разных графических элементов для представления подробностей и особенностей бизнес-процесса. Обе нотации можно использовать для моделирования процессов.

\*\*\*

1. Зуева А. Н. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0. Москва: РТУ МИРЭА, 2021. 105 с.
2. Нафикова А. Р. Объектно-ориентированный анализ и проектирование программного обеспечения на языке UML. Уфа: БГПУ имени М. Акмуллы, 2022. 118 с.
3. Супрунчук Д. Д., Павлович Д. Д. BPMN и UML как инструменты моделирования // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы XII Международной научно-практической конференции,

- Междуреченск, 26 апреля 2023 года. Междуреченск: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. С. 454.1-454.5.
4. Барбашина К. С. Анализ и проектирование информационной системы факторингового обслуживания с использованием моделей в нотациях UML и BPMN // Интеллектуальные информационные системы: Теория и практика: Сборник научных статей по материалам III Всероссийской конференции, Курск, 22–23 ноября 2022 года. Курск: Курский государственный университет, 2022. С. 229-239.
  5. Лавров Д. Д., Гадаборшев М. М., Азерников А. Д. Моделирование бизнес-процессов. Обзор нотаций на примере UML и BPMN // МСИ: 10 лет подготовки кадров для международной системы ПОД/ФТ: Материалы IX Международной научно-практической конференции Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ, Москва, 22–24 ноября 2023 года. Москва: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2023. С. 414-423.
  6. Смоленцева Т. Е. Анализ и концептуальное моделирование систем. Практикум. Москва: РТУ МИРЭА, 2022. 87 с.
  7. Справочник по моделированию BPMN - все символы BPMN 2.0 объяснены | Camunda BPM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://camundarus.ru/bpmn/reference/> (дата обращения: 02.04.2024)

**Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б.**

### **Метод SWOT-анализа в стратегии управления охраной труда предприятия**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет»  
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-432

#### **Аннотация**

Создание и обеспечение функционирования системы управления охраной труда на предприятии является одной из важнейших задач стратегического планирования и управления и входит в обязанности каждого руководителя. Для решения этой задачи предлагается и обосновывается применение так называемого SWOT -анализа, представляющего собой один из методов системного анализа, который позволяет выработать стратегию планирования и улучшения охраны труда на предприятии.

**Ключевые слова:** охрана труда, система управления, метод SWOT -анализа.

#### **Abstract**

The creation and maintenance of an occupational safety management system at an enterprise is one of the most important tasks of strategic planning and management and is the responsibility of every manager. To solve this problem, the use of the so-called SWOT analysis is proposed and substantiated, which is one of the methods of system analysis that allows developing a strategy for planning and improving labor protection at the enterprise.

**Keywords:** occupational safety, management system, SWOT- analysis method.

Обеспечение безопасных условий и охраны труда в каждой организации входит в обязанности всех работодателей, которые должны создать и иметь эффективную систему управления охраной труда. Она включает подготовку, принятие и реализацию решений по осуществлению организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и высокой работоспособности человека в процессе труда. Основными элементами управления охраной труда являются политика, организация, планирование и применение, оценка и действия по совершенствованию этой системы. В соответствии с ГОСТ ССБТ 12.0.230.3-2016 «Система управления охраной труда. Оценка результативности и эффективности» создание и обеспечение результативного функционирования системы управления охраной труда (СУОТ) направлено на достижение ее основной цели - предотвращения связанных с работой случаев травматизма и заболеваемости и постоянно требует оперативной оценки их эффективности.

Одними из главных целей оценки результативности и эффективности СУОТ являются:

- оценка общей стратегии (политики) организации в области охраны труда, процедур функционирования системы управления охраной труда по предотвращению связанных с работой травм и заболеваний,
- определение необходимых изменений в процедурах функционирования системы управления охраной труда, включая изменения в Политике и в целевых показателях (индикаторах) результативности и эффективности и другие.

Поэтому задачи стратегического планирования и управления являются одной из главных в создании и функционировании СУОТ.

Чтобы успешно решать вопросы улучшения условий и охраны труда в долгосрочной перспективе, организация должна изучить внешнюю среду, уметь предвидеть то, какие трудности могут возникнуть на ее пути в будущем, и то, какие новые возможности могут открыться для нее, какие угрозы таит в себе внешняя среда. В этом и заключается смысл и цель стратегического управления.

Но для того чтобы успешно справляться с угрозами и действительно использовать возможности, отнюдь не достаточно только одного знания о них. Можно знать об угрозе, но не иметь возможности противостоять ей и тем самым потерпеть поражение. Можно знать об открывающихся новых возможностях, но не обладать потенциалом для их использования и, следовательно, не суметь получить отдачи от них. Сильные и слабые стороны внутренней среды организации в такой же мере, как и угрозы и возможности, определяют условия успешного решения поставленной проблемы. Поэтому в стратегическом управлении при анализе внутренней среды следует выявить, какие сильные и какие слабые стороны имеют отдельные составляющие.

При решении этих задач приходится учитывать достаточно большое количество элементов, факторов, условий, ограничений, составляющих достаточно сложную взаимосвязь, без системного анализа которой невозможно достичь требуемого результата [1]. Важную роль в этом могут иметь методы стратегического планирования и управления [2, 3].

Анализ среды, как он проводится в стратегическом управлении, направлен на выявление угроз и возможностей, которые могут возникнуть во внешней среде по отношению к организации, сильных и слабых сторон, которыми обладает организация. Именно для решения этой задачи и разработаны определенные приемы, методы анализа, которые используются в стратегическом управлении. SWOT-анализ - это один из методов стратегического планирования, который можно использовать для оценки факторов и явлений, влияющих на предприятие в целом или на решение отдельных актуальных задач его деятельности, таких, как функционирование системы управления охраной труда.

Применяемый для анализа среды метод SWOT (слово, образуемое из начальных букв слов английского языка — сила (strength), слабость (weakness), возможности (opportunities) и угрозы (threats)) — является широко признанным подходом, методом стратегического планирования, позволяющим провести совместное изучение внешней и внутренней среды, оценку факторов и явлений, влияющих на предприятие в целом, а также на те или иные основополагающие показатели его деятельности. Применяя метод SWOT, удается установить линии связи между силой и слабостью, которые присущи организации, между внешними угрозами и возможностями. Методология SWOT предполагает сначала выявление сильных и слабых сторон, а также угроз и возможностей, и после этого установление цепочек связей между ними, которые в дальнейшем могут быть использованы для формулирования стратегии организации.

Все факторы системы при этом делятся на четыре категории: strengths (S - сильные стороны), weaknesses (W - слабые стороны), opportunities (O - возможности), threats (T - угрозы).

Метод может включать определение цели проекта по развитию предприятия в целом, или отдельных его структур, выявить внутренние и внешние факторы, способствующие или осложняющие ее достижение. Сильные и слабые стороны являются характеристиками

внутренней среды предприятия, специфичной только для данного предприятия. Возможности и угрозы — это характеристики внешней среды, условия, в которых осуществляется деятельность организации, предприятия. Под этим понимается, что они одинаковы для всех, при этом организация не имеет возможности на них повлиять.

Рассмотрим использование этого метода применительно к решению такой одной из важных проблем, стоящих перед каждым предприятием, как создание стратегии управления и обеспечение функционирования СУОТ на экскаваторном заводе, выпускающим ковшовые экскаваторы среднего класса с полным технологическим циклом механообработки и сборки. Показатели, оценка и порядок оценки результативности и эффективности деятельности в области охраны труда предприятия содержатся в Государственном стандарте [4].

Первым этапом SWOT- анализа является раскрытие и уяснение сильных и слабых сторон внутренней среды, возможностей и угроз внешней среды.

А.А. Томпсон и А. Дж. Стрикланд [5] предложили примерный набор характеристик, который можно принять во внимание при составлении перечня сильных и слабых сторон предприятия, а также его возможностей:

- сильные стороны:
- высокая компетентность персонала, квалификация,
- наличие инновационных способностей, стратегического мышления,
- адекватные финансовые ресурсы,
- владение стратегическим мышлением,
- технология и основные производственные фонды,
- слабые стороны:
- отсутствие ясных стратегических направлений,
- невысокий уровень управленческих способностей,
- отсутствие некоторых типов ключевой квалификации и компетентности кадров,
- неудовлетворительный контроль исполнения норм и правил,
- невозможность финансирования нужных изменений в стратегии.
- возможности:
- подготовка и обучение персонала безопасным приемам работы;
- поиск дополнительных оборотных средств:
- обновление, замена основных производственных фондов, технологий

К этим возможностям можно добавить такие, как:

- автоматизация производственных процессов;
- создание, приобретение современных информационных ресурсов, позволяющих вести непрерывное наблюдение и фиксацию нарушений правил охраны труда на рабочих местах с использованием элементов систем искусственного интеллекта и другие.

Возможности и угрозы целесообразно дополнительно проанализировать на предмет вероятности проявления возможностей и их влияния на организацию, а также вероятности реализации угрозы и возможных последствий для организации.

Вторым этапом является установление цепочек связей между сильными и слабыми сторонами, возможностями и угрозами.

Для этого составляем матрицу анализа стратегического планирования (таблица 1). В левом столбце располагаем блок «Сильные стороны - S» и блок «Слабые стороны - W», где приводится краткая характеристика сильных и слабых сторон, дающих реальную оценку состояния дел в обеспечении производственной безопасности предприятия. В верхних частях матрицы располагаются блоки «Возможности – O» и «Угрозы – T», в которые заносятся все выявленные потенциально реальные возможности предприятия и возможные угрозы.

При этом следует иметь в виду, что сильные и слабые стороны предприятия – это его внутренние черты, ей подконтрольные. Возможности и угрозы связаны также с характеристиками внешними, поэтому в ряде случаев предприятию неподвластны. При оценке следует быть объективными и использовать максимально полную информацию.

Таблица 1

## Матрица SWOT-анализа стратегического планирования системы управления охраной труда предприятия.

	<b>Возможности (О)</b>	<b>Угрозы (Т)</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обновление основных производственных фондов.</li> <li>2. Совершенствование технологических процессов.</li> <li>3. Рост оборотных средств.</li> <li>4. Подготовка персонала.</li> <li>5. Приобретение, создание информационных ресурсов и технологий по охране труда.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неблагоприятная политика правительства.</li> <li>2. Ужесточение норм экологических требований.</li> <li>3. Техногенная авария.</li> <li>4. Природный катаклизм.</li> <li>5. Пандемия.</li> </ol>
<b>Сильные стороны (S)</b> ↓	<b>Мероприятия (S – O)</b> Стратегия ускоренного роста безопасности.	<b>Мероприятия (S – T)</b> Стратегия медленного роста уровня безопасности
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уровень системы менеджмента качества.</li> <li>2. Стабильность реализации выпускаемой продукции на рынке.</li> <li>3. Высокая квалификация персонала.</li> <li>4. Компетентность специалистов, опыт работы.</li> <li>5. Инновационные способности персонала.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Развитие инновационных способностей персонала.</li> <li>2. Введение в практику стратегическое планирование СУОТ.</li> <li>3. Совершенствование технологии производства.</li> <li>4. Обновление основных производственных фондов.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внедрение современных технологий для контроля соблюдения правил ОТ.</li> <li>2. Обучение персонала правилам действий при ЧС, возникновении техногенной аварии, природного катаклизма, пандемии.</li> <li>3. Оснащение средствами противодействия ЧС, пожаротушения.</li> </ol>
<b>Слабые стороны (W)</b> ↓	<b>Мероприятия (W – O)</b> Стратегия депрессивности	<b>Мероприятия (W – T)</b> Стратегия поддержания «на плаву»
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкий уровень автоматизации</li> <li>2. Слабый стратегический менеджмент.</li> <li>2. Отсутствие мотивации персонала.</li> <li>3. Устаревшие основные фонды</li> <li>4. Затягивание сроков обновления производственных фондов.</li> <li>4. Несовершенство информационных ресурсов и технологий.</li> <li>5. Ограниченность собственных оборотных средств.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обучение и поддержание высокого уровня компетентности персонала.</li> <li>3. Разработка, приобретение информационных систем с элементами искусственного интеллекта.</li> <li>4. Поиск, привлечение дополнительных оборотных средств для обновления производства.</li> <li>5. Создание системы стимулирование персонала по соблюдению правил безопасности .</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установление тесных связей с надзорными и контролирующими структурами по ЧС и др.</li> <li>2. Обучение персонала действиям в условиях ЧС.</li> <li>3. Создание системы непрерывного мониторинга соблюдения правил ОТ.</li> <li>4. Установка современных средств предупреждения, предотвращения ЧС.</li> </ol>

Используя содержащиеся в матрице перечни и сочетания слабых и сильных сторон, характеризующих состояние и перспективы повышения уровня безопасности труда, необходимо выработать стратегию действий и в соответствии с ее содержанием создать более детальный план работ (мероприятий) по совершенствованию системы управления охраной труда предприятия.

На полях пересечения полей «Возможности - О» и «Угрозы - Т» с полями «Сильные стороны - S» и «Слабые стороны - W» (в полях S - O, S – T, W – O, W – T) следует расположить парные комбинации возможностей и угроз с характеристиками сильных и слабых сторон, проведя анализ возможных парных комбинаций.

Мероприятия ( S – O ) – (сильные стороны и возможности) – это объекты (факторы) приоритетного, ускоренного развития. Они формируют стратегию ускоренного роста безопасности.

Мероприятия ( S – Т ) – (сильные стороны и угрозы) - объекты (факторы) неопределенности. Это стратегия медленного роста уровня безопасности при сопоставлении сильных сторон и угроз. Здесь следует сформировать план использования сильные стороны для минимизации угроз (потерь), продумать, за счет чего можно минимизировать возможные последствия угроз.

Мероприятия ( W – О ) – (слабые стороны и возможности) – стратегия депрессивности. Здесь фигурируют объекты (факторы) неопределенности, интегрированного роста (усиление слабых сторон за счет использования возможностей внешней среды), стратегические мероприятия при сопоставлении возможностей и слабых сторон, Предлагается, как минимизировать слабые стороны, используя возможности, что может помешать воспользоваться возможностями.

Мероприятия ( W – Т ) –(слабые стороны и угрозы) – стратегия поддержания «на плаву». Здесь проводится анализ влияние угроз на уже имеющиеся слабые стороны, намечаются мероприятия, которые минимизируют слабые стороны для избегания угроз, стратегические мероприятия при сопоставлении слабых сторон и угроз, компенсация слабостей и угроз.

Используя пары, которые были выбраны с поля ( S – О ) («сильные стороны» - «возможности»), разрабатывается стратегия с использованием сильных сторон предприятия, которая даст возможность получить эффект от возможностей, имеющихся во внешней среде.

Для пар поля возможностей и слабых сторон ( W – О ) стратегия должна быть такой, чтобы за счет появившихся возможностей можно сделать попытку преодоления имеющихся на предприятии слабостей.

Для поля ( S – Т ) («сильные стороны» – «угрозы») стратегия должна рассчитывать только на свои силы для устранения угрозы, а для поля ( W – Т ) («слабые стороны» - «угрозы») – позволила бы не только избавиться от слабости, но и попытаться предотвратить потенциально нависающую угрозу.

При выработке стратегии для успешного анализа возможностей и угроз желательно оценивать их с точки зрения степени влияния, важности на стратегию повышения уровня производственной безопасности. Для этого можно использовать метод позиционирования, составив матрицу вероятностей и влияния возможностей и угроз [ 2, 3 ], оценивая вероятность использования возможностей как высокую, среднюю или низкую, а степень их влияния как сильную, умеренную или малую.

Работа по реализации стратегии управления безопасностью труда первоначально относится к сфере административных задач, которая включает в себя такие основные моменты, как:

- создание организационных возможностей для успешного выполнения стратегии;
- управление бюджетом с целью выгодного размещения средств;
- определение политики в масштабе предприятия, обеспечивающей реализацию стратегии;
- мотивацию работников всех уровней для более эффективной работы, от которой зависит безопасность труда; при необходимости видоизменение их обязанностей и характера работы с целью достижения наилучших результатов по реализации стратегии;
- увязывание размеров вознаграждения с достижением намеченных результатов;
- создание благоприятной атмосферы внутри предприятия, коллектива для успешного выполнения намеченной цели;
- создание внутренних условий, обеспечивающих персоналу условия для ежедневного эффективного исполнения своих стратегических ролей;

- использование самого передового опыта для постоянного улучшения условий и безопасности труда;
- обеспечение внутреннего руководства, необходимого для продвижения по пути реализации стратегии и контроля за тем, как стратегия должна выполняться.

Использование предлагаемого метода системного анализа позволит создать эффективную систему управления охраной труда на предприятии и открывает возможности её ежегодного анализа в целях улучшения и совершенствования.

\*\*\*

1. Пузырев Н.М, Мартынов Д.В, Барбашинова Н.Б. Системный анализ в решении задач производственной безопасности. Тверь, ТвГУ, 2024. - 208 с.
2. Виханский О.С. Стратегическое управление: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Гардарики, 1999. — 296 с.
3. Учитель Ю. Г., Учитель М. Ю. SWOT-анализ и синтез - основа формирования стратегии организации, Издательство: Либроком, 2010 . - 328 стр.
4. ГОСТ 12.0.230.3 – 2016.ССБТ «Система управления охраной труда. Оценка результативности и эффективности». - <https://base.garant.ru>.
5. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа: учебное пособие: [пер. с англ.] / А.А. Томпсон-мл., А. Дж. Стрикленд. – 12-е изд. – Москва ; Санкт-Петербург. 2007. – 924 с.

**Рожкова Е.А.**

### **Анализ функциональных характеристик спутниковой системы «Марафон» в контексте навигационных потребностей**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева  
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-433

#### **Аннотация**

Статья представляет анализ системы навигации "Марафон", освещая ее функциональные характеристики и применимость. Обсуждаются преимущества, ограничения и инновационные технологии. Сравняется с другими системами. Рассматриваются варианты выведения.

**Ключевые слова:** спутниковые системы, группировка, навигация, спутник, космический аппарат.

#### **Abstract**

The article presents an analysis of the Marathon navigation system, highlighting its functional characteristics and applicability. Advantages, limitations and innovative technologies are discussed. Compares with other systems. Removal options are being considered.

**Keywords:** satellite systems, constellation, navigation, satellite, spacecraft.

Спутниковые системы навигации становятся неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, обеспечивая точное и надежное определение местоположения в любой точке земного шара. Среди множества существующих систем выделяется Марафон - инновационная разработка, которая привлекает внимание своей высокой точностью и эффективностью.

Спутниковые системы навигации являются интегральной частью нашей ежедневной жизни, обеспечивая прецизионное и надежное определение координат в любой точке планеты. Среди разнообразных систем выделяется "Марафон" - инновационное устройство, привлекающее внимание своей высокой точностью и эффективностью. Мы сосредоточимся на ключевых аспектах функционирования данной системы, ее основных преимуществах и потенциальных ограничениях.

"Марафон" относится к категории негерметичных спутников микрокласса, характеризующихся массой менее 100 кг. Для создания полномасштабной орбитальной группировки предусмотрены групповые запуски по 44 аппарата одной ракетой-носителем.

В компании "Информационные спутниковые системы" имени академика М. Ф. Решетнёва применяются аддитивные технологии для создания элементов космического аппарата. В рамках федерального проекта "Сфера", в составе спутника "Марафон" используются антенно-фидерные устройства, изготовленные с использованием металлических материалов. [1]

Экспериментальный экземпляр "Марафона" станет первым спутником своего класса, на котором будут использованы элементы, изготовленные на предприятии Госкорпорации "Роскосмос" при помощи аддитивных технологий. В рамках проекта предусмотрены пять спутниковых группировок для связи ("Ямал", "Экспресс-РВ", "Экспресс", "Скиф" и "Марафон") и пять спутниковых группировок для дистанционного зондирования Земли ("Беркут-Х", "Беркут-О", "Беркут-ВД", "Беркут-С" и "Смотр").

Полная орбитальная группировка системы «Марафон IoT» (рис.1) будет включать в себя 264 космических аппарата. [2-3]

Система навигации "Марафон" обладает широким спектром возможностей, что делает ее востребованной в различных сферах человеческой деятельности.

В авиации, где точность и надежность навигационных данных критически важны для безопасности полетов, система "Марафон" может обеспечить пилотам высокоточную информацию о местоположении в реальном времени. Это особенно актуально в условиях сложной метеорологической обстановки или в местах, где отсутствуют наземные навигационные ориентиры.

В морской навигации система может использоваться для точного определения местоположения судов и управления ими в открытых морских просторах, где нет доступа к сигналам GPS или других наземных навигационных систем.

В геодезии и картографии "Марафон" может быть использован для создания высокоточных карт, измерения территориальных изменений и мониторинга геодинамических процессов.

Кроме того, система может быть полезна в таких областях, как поисково-спасательные операции, контроль и управление транспортными потоками, сельское хозяйство и геологическое исследование.

Обладая высокой точностью и эффективностью, а также способностью работать в различных условиях, система "Марафон" демонстрирует свой потенциал в различных сценариях навигации, что делает ее важным инструментом для современной технологической инфраструктуры.

Предлагается множество вариантов выведения спутников с помощью ракет-носителей, таких как «Ангара 1.2», «Рокот-М», Союз 2.1а, Союз 2.1б, где можно расположить от 22 до 44 космических аппарата в зависимости от ракеты и способа упаковывания спутников.



Рисунок 1. Марафон IoT.

Система "Марафон" выделяется на фоне других существующих спутниковых систем навигации своей высокой точностью и надежностью в различных условиях эксплуатации. Например, в сравнении с Европейской системой глобальной навигации по сверхдлинным базам (EGNOS), предоставляющей дополнительные службы для улучшения точности сигналов GPS в Европе, система "Марафон" может предложить более стабильное покрытие и высокую точность даже в отдаленных или гористых районах, где сигналы GPS и EGNOS могут быть ослаблены или недоступны.

Система марафон выглядит следующим образом: двести шестьдесят четыре спутника на низкой круговой орбите высотой 750 км. За счет большого количества аппаратов формируется глобальная зона обслуживания и возможность сделать максимально дешевые абонентские устройства, чтобы у всех желающих в любом месте, в любое время была та информация, которая необходима. В первую очередь это информация о состоянии квартиры за счет системы умный дом, состояние электрических приборов, отопления, состояние оплат услуг ЖКХ и коммунальных платежей.

Основные принципы работы системы заключается в следующем: у каждого абонента будет небольшое устройство с антенной, направленной на созвездие спутников, при поступлении информации от датчика сигнал передается на борт космического аппарата, который переадресовывает его на станцию, а там в свою очередь вся информация аккумулируется на сервер сбора данных и уже оттуда уходит к потребителю. Но для человека этот процесс выглядит намного проще.



Рисунок 2. Расположение аппаратов на низкоорбитальной орбите.



Рисунок 3. Варианты выведения «Марафон».

Система "Марафон" представляет собой передовое и инновационное решение в области спутниковой навигации, обладающее высокой точностью и эффективностью. Ее новизна и успешность заключаются в использовании передовых технологий, таких как аддитивные

технологии, а также в разработке функциональных характеристик, которые удовлетворяют современные навигационные потребности. Перспективность "Марафона" проявляется в его способности работать в различных условиях эксплуатации и в широких возможностях применения для повышения эффективности навигации.

\*\*\*

1. Перспективные подходы в создании спутников «Марафон» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iss-reshetnev.ru/media/news/news-260124> (дата обращения: 12.02.2024). Электромеханика в космосе. М., «Знание», 1977. 64 с. Серия «Космонавтика, астрономия».
2. Зимин, И. И. Особенности разработки малого космического аппарата для обеспечения серийного производства / И. И. Зимин, С. И. Меркулов, М. А. Смирнов // Решетневские чтения.
3. Роскосмос: Марафон Спутниковая система [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Роскосмос:\\_Марафон\\_Спутниковая\\_система](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Роскосмос:_Марафон_Спутниковая_система) (дата обращения: 15.02.2024).

**Скок А.С.**

### **Спускоподъемные операции в бурении: от традиций к автоматизации**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-434

#### **Аннотация**

В статье рассматриваются основные аспекты спускоподъемных операций в процессе бурения, а также их эволюция от традиционных методов к современным автоматизированным технологиям. Анализируются преимущества автоматизации, её влияние на эффективность и безопасность буровых работ, а также основные тенденции развития данной области.

**Ключевые слова:** спускоподъемные операции, бурение, автоматизация, эффективность, безопасность, традиционные методы, нетрадиционные методы.

#### **Abstract**

The article discusses the main aspects of downhill operations in the drilling process, as well as their evolution from traditional methods to modern automated technologies. The advantages of automation, its impact on the efficiency and safety of drilling operations, as well as the main trends in the development of this area are analyzed.

**Keywords:** lifting operations, drilling, automation, efficiency, safety, traditional methods, non-traditional methods.

Спускоподъемные операции являются неотъемлемой частью бурового процесса, включающего в себя установку и извлечение бурового инструмента, а также других компонентов, таких как обсадные трубы и защитные экраны. С развитием технологий традиционные буровые установки постепенно уступают место автоматизированным системам, изменяя подходы к организации бурения. Существует две группы методов и технических средств для выполнения спускоподъемных операций при бурении:

1. Традиционные
2. Нетрадиционные

1. Традиционные методы спускоподъемных операций основаны на использовании буровой лебедки и талевой системы. Эти инструменты позволяют эффективно управлять весом бурового инструмента и обеспечивают надежное соединение между буровым оборудованием и подъемной системой, но они также требуют постоянного контроля и обслуживания.

1.1 с полной автоматизацией СПО – этот метод предполагает использование автоматизированных систем для выполнения всех этапов спускоподъемных операций. Полная

автоматизация позволяет минимизировать участие человека, что снижает риск ошибок и повышает эффективность работы.

1.2 с частичной автоматизацией СПО. В данном случае автоматизация применяется только на некоторых этапах спускоподъемных операций. Человеческий фактор все еще имеет роль, но автоматизированные системы помогают облегчить и ускорить процесс.

Достоинства:

- Имеют проверенную временем конструкцию, что обеспечивает высокую степень надежности.
- Операторы могут быстро обучиться работе с традиционными системами, так как они широко используются в отрасли.

Недостатки:

- Использование талевой системы требует значительных физических усилий от операторов;
- В условиях ограниченного пространства или сложного рельефа использование традиционных методов может быть затруднено.

Нетрадиционные методы спускоподъемных операций не используют буровую лебедку и талевую систему. Вместо этого применяются современные технологии, такие как электроника, гидравлика и автоматизация. Например, используя:

2.1 Гидроподъемники для подъема и спуска бурового инструмента.

2.2. Цепной привод представляет собой систему, которая использует цепи для передачи движения и управления буровым инструментом.

2.3. Реечно-зубчатую передачу.

Преимущества:

- Значительно уменьшают физическую нагрузку на операторов, что повышает общую безопасность работы, а также при монтаже и демонтаже узлов и механизмов, включая спускоподъемные операции.
- Возможность автоматического регулирования режимов бурения на протяжении всего рабочего процесса.
- Могут быть адаптированы для работы в сложных условиях, что делает их более универсальными.
- Позволяют значительно ускорить процесс спуска и подъема бурового инструмента, минимизируя время простоя.

Недостатки:

- Требуется значительных финансовых вложений на покупку оборудования и обучение персонала.

К традиционным методам относятся средства с полной или частичной автоматизацией спускоподъемных операций. Еще в 70-х годах были разработаны автоматические комплексы, которые уменьшали время спускоподъемных операций на 40% за счет объединения действий, выполняемых без участия рабочего. Основные механизмы этих комплексов сохранили свою конструкцию и до сих пор используются с электрическим и гидравлическим приводами, но применение автоматизированных комплексов нецелесообразно для мобильных буровых установок из-за большого размера узлов и сложностей монтажа. Поэтому эти устройства производятся для неподвижных буровых установок, предназначенных для работы на больших глубинах.

Традиционные методы по-прежнему широко применяются на многих буровых площадках, особенно в районах с хорошими логистическими возможностями. Например, на открытых месторождениях, где доступ к буровому оборудованию и поддерживающим системам не ограничен, использование буровых лебедок и талей позволяет эффективно выполнять спускоподъемные операции. В таких условиях надежность и проверенные временем технологии оправдывают себя.

Современные буровые установки, использующие автоматизацию, показывают свои преимущества в сложных условиях, таких как глубоководные бурения или работа в условиях

арктического климата. Например, автоматизированные системы спуска и подъема могут использоваться на платформах, где важно минимизировать риски для работников. Системы, основанные на гидравлических и электрических приводах, позволяют точно контролировать процесс, сводя к минимуму вероятность повреждения оборудования или возникновения аварий.

Одним из важных факторов для повышения производительности и безопасности спускоподъемных операций являются системы верхнего привода (СВП), которые включают механизмы, такие как трубные манипуляторы и другие устройства, облегчающие труд рабочих. Для успешной автоматизации спускоподъемных операций необходимо учитывать применение СВП и поддержку эффективного режима бурения с помощью специализированных устройств. Также программируемые логические контроллеры (PLC) и системы управления на базе микроконтроллеров позволяют автоматизировать управление оборудованием, минимизируя человеческий фактор и ошибки.

Автоматизация спускоподъемных операций началась с внедрения новых технологий, которые позволили существенно сократить время выполнения работ и повысить их безопасность. Основные направления автоматизации включают:

1. Использование программного обеспечения для управления спускоподъемными операциями позволяет значительно уменьшить человеческий фактор и повысить точность выполнения операций.
2. Современные технологии позволяют операторам управлять процессами бурения на расстоянии, что уменьшает риск травматизма.
3. Установка датчиков, фиксирующих состояние оборудования и окружающей среды, позволяет своевременно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварии.

Итак, выбор между традиционными и нетрадиционными методами спускоподъемных операций зависит от множества факторов, включая специфику буровых работ, доступный бюджет и квалификацию персонала. Традиционные методы предлагают надежность и простоту, в то время как нетрадиционные технологии открывают новые горизонты в области автоматизации и эффективности.

\*\*\*

1. Зварыгин, В.И. Буровые станки и бурение скважин: учебное пособие / В.И. Зварыгин. - Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011. - 256 с.
2. Бродов Г.С. Технологические измерения и автоматизация процесса бурения / Г.С. Бродов, И.Г. Шелковников, Э.К. Егоров. - СПб.: ФГУ НПП «Геологоразведка», 2004. - 105 с
3. Нескоромных, В.В. Бурение скважин: учебное пособие / В.В. Нескоромных; Сибирский федеральный университет. - Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2014. - 400 с.

**Соколов Н.С.**

**Геотехническая практика строительства в стесненных условиях**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
ООО НПФ «ФОРСТ»  
РОМГГиФ и ISSMGE  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2024-435*

#### **Аннотация**

Краткая аннотация: Проблемы освоения подземного пространства в стесненных условиях существующих производств является сложной геотехнической задачей и требует специфического подхода. При этом наличие слабых инженерно-геологических элементов существенно усугубляет проведение геотехнических работ. Повышения несущей способности основания фундаментов всегда находятся под пристальным вниманием геотехников, проектировщиков и строителей. Использование буроинъекционных свай устраиваемых с

использованием нестандартных физических процессов в большинстве случаев успешно решает многие сложные и нетипичные геотехнические проблемы. Статья является обзорной.

**Ключевые слова:** геотехническое строительство, электрогидравлика, монолитный железобетонный ростверк, буринъекционные сваи ЭРТ, стесненные геотехнические условия.

### Abstract

Brief summary: The problems of developing underground space in the cramped conditions of existing industries is a complex geotechnical task and requires a specific approach. At the same time, the presence of weak engineering-geological elements significantly aggravates the implementation of geotechnical work. Increasing the bearing capacity of foundations is always under the close attention of geotechnicians, designers and builders. The use of drilled injection piles arranged using non-standard physical processes in most cases successfully solves many complex and atypical geotechnical problems. The article is a review.

**Keywords:** geotechnical construction, electrohydraulics, monolithic reinforced concrete grillage, EDT drilled injection piles, constrained geotechnical conditions.

К строительству зданий и сооружений в стесненных условиях инженеры строители, инженеры геотехники, инженеры проектировщики всегда уделяют пристальное внимание [1-5]. Особенно такое строительство вызывает неподдельный интерес при возведении объектов внутри функционирующего технологического процесса как сооружение нового здания дополняющего его [6-10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

В настоящей статье приведен удачно реализованный геотехнический пример вставки объекта. На рис.1 приведен поясняющий поперечный разрез промышленного каркаса с указанием встраиваемых объектов в эксплуатируемое промышленное сооружение. Использование электроразрядной геотехнической технологии при устройстве буринъекционных свай позволяет гармонично устраивать заглубленные железобетонные конструкции в вышеназванных условиях.

По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий площадка строительства относится к III категории сложности грунтовых условий. В геоморфологическом отношении территория изысканий приурочена к северной части Приволжской возвышенности – Чувашскому плато и находится на водораздельной поверхности между безымянными притоками долин р. Мал. Цивиль и р. Ута. Инженерно-геологическое строение площадки строительства до исследованной бурением глубины (18.0 м) представлено мощной толщей четвертичных отложений техногенного (tQh) и элювиально-делювиального генезиса (edQh-p). В гидрогеологическом отношении площадка до исследованной бурением глубины 18,0 м, характери-зуются наличием одного безнапорного водоносного горизонта подземных вод, вскрытого во всех скважинах с и приуроченного к четвертичным насыпным грунтам ИГЭ №1 и кровле трещиноватых элювиально-делювиальных глин ИГЭ №2. Водупором для водоносного горизонта служат, нижележащие более плотные слои глины ИГЭ №№ 2, 3.

Конструктивная схема встраиваемого объекта в существующий эксплуатируемый корпус представляет собой:

1. ФМ-1. Монолитная железобетонная конструкция, состоящая из перекрытия, стенки, колонн, свайных фундаментов, фундаментов под печь.
2. ФМ-2. Монолитный железобетонный фундамент под бункеры. Основание свайное, по верху буринъекционных свай ЭРТ объединены монолитным железобетонным ростверком.
3. Монолитные железобетонные подпорные стенки ПС-1, ПС-2 - уголкового типа на свайном основании.

В качестве заглубленных строительных железобетонных конструкций использованы «микросваи» вертикальные сплошного сечения диаметром бурения 300,0 мм, армированы на всю высоту пространственными арматурными каркасами. Принятая маркировка свай: Ср-13-30 (длина 13,0 м, буровой диаметр 300,0 мм); Ср-15-30 (длина 15,0 м, буровой диаметр 300,0 мм);

Ср-16-30 (длина 16,0 м, буровой диаметр 300,0 мм); Ср-17-30 (длина 17,0 м, буровой диаметр 300,0 мм). Анкеровка (арматурный выпуск из головы сваи) в монолитный железобетонный ростверк (плиту) составляет 400,0 мм, а заделка головы (железобетонный оголовок) сваи в железобетонный ростверк (плиту) – 50,0 мм.

А. Последовательность устройства буроинъекционных свай ЭРТ следующая в нижеприведенных позициях 1-18:

1. Для буроинъекционных свай ЭРТ использовался самоуплотняющиеся мелкозернистые бетонные смеси класса по прочности В25, марка по водонепроницаемости не ниже W4 в соответствии с ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», приготовленным на строительной площадке или на специализированных бетонных заводах.
2. Бетонная смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».
3. Удобноукладываемость бетонной смеси П4...П5, проверяется по конусу АЗНИИ.
4. Водоотделение бетонной смеси не более 2%.
5. Бетонная смесь не должна иметь включений щебня и гравия размером более 10,0 мм.
6. Для бетонных смесей использовать портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500.
7. Заполнителем для бетона служит кварцевый песок. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1,7.
8. При изготовлении буроинъекционных свай допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, ингибиторы коррозии и противоморозные добавки.
9. Вода для бетонной смеси водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10,0 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) от 4,0 до 12,5.
10. Запрещается добавлять в мелкозернистую бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности.
11. Подбор состава бетонной смеси с определением состава и количества добавок выполняется строительной лабораторией.
12. Армирование свай предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных арматурных каркасов. Соединение каркасов между собой выполнять внахлестку с помощью вязальной проволоки.
13. В качестве продольных стержней пространственного арматурного каркаса принята: арматура диаметром 18,0 мм класса А500С; поперечное армирование из арматуры диаметром 10,0 мм класса А240. Защитный слой бетона не менее 30,0 мм.
14. Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб диаметрами по 159 мм с толщиной стенки не менее 4,0 мм.
15. Для обеспечения защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20,0 мм толщиной 4,0 мм в количестве не менее трех в одном поперечном сечении пространственного арматурного каркаса с шагом по длине каркаса не более 2,0 м.
16. Ручная дуговая сварка элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А.
17. Для изготовления сварных пространственных арматурных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.

## Примечания:

1. Анкеровка (арматурный выпуск из головы сваи) в железобетонную плиту 400,0 мм.
2. Заделка головы (железобетонный оголовок) сваи в железобетонную плиту 50,0 мм.
3. Поверхности строительных конструкций, заглубленных в грунт, обмазать битумной мастикой за два раза по праймированному основанию.
4. Бетон тяжелый классов по прочности В20, В25, марка по водонепроницаемости не ниже W4, морозостойкость F100, удобоукладываемость бетонной смеси П4-П5, проверяется осадкой конуса АЗНИИ.
5. Осадка конуса бетонной смеси не менее 21,0 см, крупность заполнителя (гранитный щебень) - не более 40,0 мм.
6. Устройство фундаментов выполнять на подготовке из бетона класса В7,5 толщиной 100,0 мм.
7. Армирование конструкций производится отдельными стержнями или каркасами. Продольная и поперечная арматура класса А500С. В местах стыковки арматурных стержней выполнить нахлест величиной, равной 50 диаметрам арматуры. Защитный слой бетона для рабочей арматуры не менее 40,0 мм
8. На всех остальных пересечениях соединения осуществлять с помощью вязальной проволоки.
9. Ручная дуговая сварка арматуры между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А.

Б. Последовательность устройства монолитных железобетонных ростверков по оголовкам буринъекционных свай ЭРТ следующая:

2. При разработке котлована под монолитные железобетонные конструкции для исключения возможности попадания в него поверхностных вод на основании требований поз. 1.3 СНиП 3.01.01-85 «Организация строительного производства» в составе подготовительных работ необходимо выполнить временный водоотвод со строительной площадки посредством планировки территории площадки, обеспечивающий их быстрый отток с помощью постоянных или временных устройств в соответствии с требованиями СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».
3. Перед бетонированием конструкций горизонтальные поверхности должны быть очищены от мусора, грязи, масел, снега и льда, цементной пленки и др. Непосредственно перед укладкой бетонной смеси очищенные поверхности должны быть промыты водой и просушены струей воздуха.
4. Бетонную смесь следует укладывать горизонтальными слоями без технологических разрывов с направлением в одну сторону.
5. При невозможности непрерывного бетонирования допускается устройство рабочих швов с местоположением их по согласованию с авторами рабочего проекта. Контактные поверхности следует очистить от цементной пленки. Цементную пленку следует удалять, как правило, сразу после окончания схватывания цемента (в жаркую погоду через 6-8 часов после окончания укладки, в прохладную - через 12-24 часа). Очистка бетонной поверхности от цементной пленки должна производиться без повреждения поверхности

бетона, прочность бетона должна быть в пределах 2,0-3,0 кгс/см<sup>2</sup> при обработке воздушной струей и 15,0-25,0 кгс/см<sup>2</sup> при механической обработке металлической щеткой. Для удаления цементной пленки с поверхности бетона запрещается пользоваться ударными инструментами (отбойными молотками, перфораторами, бетоноломами и т.д.). Подготовленную к укладке бетонной смеси поверхность затвердевших рабочих швов непосредственно перед продолжением бетонирования следует обмазать коллоидным клеем М400 (водоцементное отношение не более 0,35) толщиной не более 5,0 мм.

6. Бетонную смесь уплотнять вибраторами до прекращения оседания и появления на поверхности блеска цементного теста.
7. Запрещается использовать бетонную смесь, потерявшую удобоукладываемость. Добавление воды для повышения подвижности не допускается.
8. При уплотнении бетонной смеси не допускается опирание вибраторов на арматуру и закладные изделия, тяжи и другие элементы крепления опалубки. Глубина погружения глубинного вибратора в мелкозернистую бетонную смесь должна обеспечивать углубление его в ранее уложенный слой на 5,0-1,0 см. Шаг перестановки глубинных вибраторов не должен превышать полуторного радиуса их действия, для поверхностных вибраторов должен обеспечивать перекрытие на 100,0 мм площадкой вибратора границы уже провибрированного участка.
9. В начальный период твердения бетон необходимо защищать от попадания атмосферных осадков или потерь влаги, в последующем поддерживать температурно-влажностный режим с созданием условий, обеспечивающих нарастание его прочности.
10. Мероприятия по уходу за бетоном, порядок и сроки их твердения, контроль за их выполнением и сроки распалубки конструкций должны устанавливаться ППР.
11. Движение людей по забетонированным строительным конструкциям и установка опалубки вышележащих строительных конструкций допускается после достижения бетоном прочности не менее 1,5 МПа.
12. Засыпку пазух изготовленных конструкций мерзлым грунтом выполнять не допускается.

Ниже на рисунках 2 и 3 приводятся реально выполненные выпуски (оголовки) буроналивных свай ЭРТ, а также фрагмент монолитного железобетонного ростверка по оголовкам свай ЭРТ.

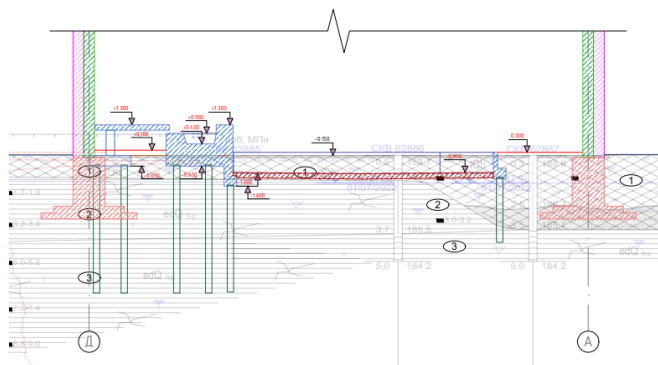


Рисунок 1. Поперечный разрез промышленного железобетонного каркаса с указанием встраиваемых объектов в эксплуатируемое сооружение.



Рисунок 2. Фрагмент выпусков буронаблюдательных свай ЭРТ.



Рисунок 3. Фрагмент готовой монолитной железобетонной конструкции под монтаж надфундаментных конструкций и оборудования.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20. Russian megacities underground space. *Osnovaniya, fundamentey i mekhanika gruntov*. 2012. No. 2, pp. 17–20. (In Russian).
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Plichev V.A., Kononov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. *Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering*, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Plichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. *Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geotechnical Engineering in urban Environments»*. Vol. 2, pp. 581–585.
5. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В. Прогноз изменения температурного состояния основания здания в условиях потепления климата // *Жилищное строительство*. 2021. № 6. С. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-18-24>.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. *tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK*.
7. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. *Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004*, pp. 338–342.
8. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. *Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Prague, 2003.
9. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Анжелло Г.О. Взаимодействие щебеночной сваи с окружающим грунтом и ростверком // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2019. № 3. С. 2–6.
10. Pivar J. Stone columns – determination of the soil improvement factor // *Slovak journal of civil engineering*. 2011. Vol. XIX. No. 3, pp. 17–21.
11. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буронаблюдательных свай с многоместными уширениями // *Жилищное строительство*. 2016. 10. С. 54.
12. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them // *Periodico Tche Quimica*. 2018. T. 15. Special Issue 1. С.1-11.

13. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буринъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 415-420.
14. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буринъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
15. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буринъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
16. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015 опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
17. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
18. Соколов, Н. С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай / Н. С. Соколов // Строительные материалы. – 2018. – № 5. – С. 44-47. – EDN XQONCP.
19. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27. – EDNBOHETL.
20. Никонорова, И. В. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища / И. В. Никонорова, Н. С. Соколов // Управління водними ресурсами в умовах змін клімату: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 21 марта 2017 года. – Киев: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017. – С. 71-72. – EDNZXKNEF.
21. Соколов, Н. С. Определение несущей способности буринъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками" / Н. С. Соколов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции, Чебоксары, 14–15 ноября 2012 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 289-292. – EDN XNCKKT.
22. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте : № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова". – EDN WTSTSX.
23. Соколов, Н. С. Об ошибочном способе устройства буринъекционных свай с использованием электроразрядной технологии / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 20-28. – EDN XCMYPN.

**Соколов Н.С.**

**Использование буринъекционных свай эрт в качестве заглубленных строительных конструкций ограждений котлованов**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
ООО НПФ «ФОРСТ»  
РОМГТиФ и ISSMGE  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2024-436*

**Аннотация**

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. Она приобретает особую важность при строительстве на оползневоопасных склонах. При этом как проектировщики, так и заказчики допускают непоправимые ошибки при разработке проектной документации удерживающих заглубленных конструкций при возведении объектов на таких участках. Все допускаемые огрехи в основном связаны с отсутствием должного контроля техническим заказчиком на производство предпроектных работ, в том числе инженерно-геологических изысканий. В настоящей статье описывается отрицательный случай из геотехнической

практики проектирования и строительства жилого комплекса на оползневом склоне. Статья является обзорной.

**Ключевые слова:** Удерживающие заглубленные конструкции, геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, монолитный железобетонный ростверк.

### Abstract

The problem of increasing the bearing capacity of foundations is always a pressing problem in modern geotechnical construction. It becomes especially important during construction on landslide-prone slopes. At the same time, both designers and customers make irreparable mistakes when developing design documentation for retaining buried structures when constructing objects in such areas. All mistakes made are mainly related to the lack of proper control by the technical customer over the performance of pre-design work, including engineering and geological surveys. This article describes a negative case from geotechnical practice in the design and construction of a residential complex on a landslide slope. The article is a review.

**Keywords:** Retaining buried structures, geotechnical construction, electric discharge technology EDT, drilled injection pile EDT, monolithic reinforced concrete grillage.

Строительство ответственных объектов на пересеченных территориях [1-7] с наличием склонов, оврагов и других неровностях предполагает устройство или заглубленных этажей, или возведение удерживающих строительных конструкций. При этом все технические и технологические решения [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] по обеспечению устойчивости оснований построенных зданий и объектов окружающей застройки должны быть обоснованными геотехническими расчетами. Зачастую в реальной практике строительства [10, 11, 12-16] происходят технические сбои, связанные с надежной эксплуатацией удерживающих конструкций. В таких сложных геотехнических случаях возникает необходимость закрепления уже существующих ограждающих сооружений.

В качестве удерживающих конструкций для таких случаев гармонично подходят буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРТ) изготавливаемые по электроразрядным технологиям [12]. Электроразрядная технология [8, 9, 10, 11, 12, 13-22], обладая рядом технических и технологических преимуществ широко используется в геотехнической практике устройства как свайных полей, так и свай усиления оснований фундаментов, закрепления оснований фундаментов, склонов, при устройстве нагелей и т.д.

В рассматриваемой статье приводится опыт использования буроинъекционных свай ЭРТ с грунтовыми анкерами ЭРТ в комплексе с подпорными стенами.

**Объект №1.** Деформированная уголкообразная монолитная (см. рис. 1) железобетонная подпорная стена поз. 1 в микрорайоне Радужный в г. Чебоксары. Горизонтальное смещение существующей стены достигает 200,0 мм до 1000,0 мм. Дальнейшие деформации грозили безаварийной эксплуатации существующим инженерным сооружениям. Для стабилизации деформации решено устроить дополнительную удерживающую монолитную железобетонную подпорную стену поз. 2, возводимую на оголовки буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРТ). Вновь возведенная подпорная стена дополнительно закреплена монолитными железобетонными контрфорсами поз. 3 и грунтовыми анкерами.



Рисунок 1. Монолитная железобетонная уголкообразная подпорная стена с контрфорсами как удерживающая заглубленная строительная конструкция деформированной подпорной стены: 1 – существующая монолитная железобетонная уголкообразная подпорная стена; 2 – монолитная железобетонная уголкообразная подпорная стена с контрфорсами 3.

**Объект №2.** Деформированная монолитная железобетонная подпорная стена (см. рис. 2) поз. 1 как упор грунта в котловане как упор деформированного ограждения котлована из буронабивных свай поз. 2. Необходимо отметить что буронабивные сваи служили в качестве ограждения котлована для обеспечения устойчивости восьмиэтажного крупнопанельного жилого дома. Для обеспечения устойчивости существующей стены запроектированы и возведены монолитные железобетонные контрфорсы по монолитным железобетонным ростверкам поз. 4. Основанием ростверков служат буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) размещенные под контрфорсами по схеме свайного куста. В настоящее время 15 этажный объект общественного назначения возведен в эксплуатацию.



*Рисунок 2. Монолитные железобетонные контрфорсы на буроинъекционных сваях ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) как упор деформированной подпорной стены в г. Н. Новгород: 1 – существующая монолитная железобетонная подпорная стена как упор деформированного ограждения котлована из буронабивных свай 2; 3 – монолитные железобетонные контрфорсы по монолитным железобетонным ростверкам 4.*

**Объект №3.** Ограждение котлована как удерживающая подпорная стена из двух рядов буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) (см. поз. 2 рис. 3) в г. Нижний Новгород запроектировано и возведено для возведения поликлиники МВД как ограждение котлована и удерживающая конструкция существующего двухэтажного объекта поз. 1. По оголовкам свай ЭРТ возведен монолитный обвязочный железобетонный пояс поз. 3 с арматурными выпусками для дальнейшего возведения наружной стены строящегося здания.



*Рисунок 3. Подпорная стена из двух рядов буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) как ограждение котлована в г. Н. Новгород: 1 – усиливаемый объект; 2 – ограждение котлована из двух рядов буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ); 3 – монолитный железобетонный обвязочный пояс.*

**Объект №4.** Ограждение котлована из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) (см. поз. 1 рис. 4) в г. Нижний Новгород служит конструктивом в качестве наружных стен двухэтажного подвала. Для этой цели по оголовкам свай возведен монолитный железобетонный обвязочный пояс поз. 2 с выпусками арматуры как по верхней так и по нижней

граням пояса, служащие для возведения ограждающих конструкций и обвязки плоского арматурного каркаса с целью обетонирования поверхности по очищенным поверхностям свай РИТ (см. поз. 3).



Рисунок 4. Ограждение котлована из буроналивных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) в г. Новгород: 1 – ограждение котлована из двух рядов буроналивных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ); 2 – монолитный железобетонный обвязочный пояс; 3 – опалубка.

**Объект №5.** Ограждение котлована из буроналивных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) (см. поз. 1 рис. 5) и грунтовых анкеров ЭРТ (см. поз. 2) по стальному анкерному поясу (см. поз. 3) в г. Н. Новгород служит как раскрепленное ограждение котлована. Одновременно она является внутренней стеной двухэтажного подвала. Для этого по верху оголовков буроналивных свай ЭРТ имеется монолитный железобетонный пояс (поз. 4) с выпусками арматуры по верхней и нижней гранями. Выпуски арматуры по нижней грани служат для создания плоского арматурного каркаса с последующим обетонированием поверхности подвального помещения (см. поз. 5). Выпуски по верхней грани служат для возведения наружных стен выше нулевой отметки.



Рисунок 5. Ограждение котлована из буроналивных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ в г. Н. Новгород: 1 – ограждение котлована из буроналивных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ); 2 – грунтовые анкера ЭРТ; 3 – анкерный пояс; 4 – монолитный железобетонный обвязочный пояс; 5 – опалубка.

**Объект №6.** Ограждение котлована с использованием стальных труб поз. 1 и грунтовых анкеров ЭРТ поз 2 по стальному анкерному поясу поз. 3 в г. Чебоксары (рис.6) служит как ограждение котлована и как удерживающая конструкция для обеспечения надежной эксплуатации объектов и сооружений окружающей застройки. Для безопасного производства работ ниже нулевой отметки предусмотрена забирка из досок толщиной 50,0 мм.

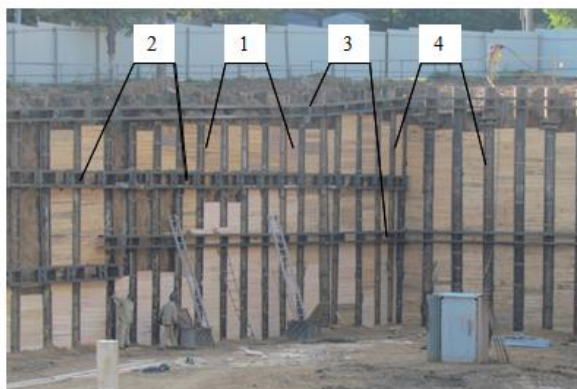


Рисунок 6. Ограждение котлована с использованием стальных труб и грунтовых анкеров ЭРТ в г. Чебоксары: 1 – ограждение котлована из стальных труб; 2 – грунтовые анкера ЭРТ; 3 – анкерный пояс; 4 – забирка из досок толщиной 50,0 мм.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Ilichev V.A., Kononov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Ilichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geo-technical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
5. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
7. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague. 2003.
8. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 415–420.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. №1. С. 20–25.
10. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары // Геотехника. 2016. №1. С. 60–65.
11. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буроинъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9. С. 66–70.
12. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415–420.
13. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16–19.
14. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015 опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное

- государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
15. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
  16. Соколов Н. С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай / Н. С. Соколов // Строительные материалы. – 2018. – № 5. – С. 44-47. – EDN XQONCP.
  17. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27. – EDNBOHETL.
  18. Никонорова, И. В. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища / И. В. Никонорова, Н. С. Соколов // Управління водними ресурсами в умовах змін клімату: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 21 марта 2017 года. – Киев: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017. – С. 71-72. – EDNZXKNEF.
  19. Соколов, Н. С. Определение несущей способности буроинъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками" / Н. С. Соколов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции, Чебоксары, 14–15 ноября 2012 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 289-292. – EDN XNCKKT.
  20. Патент № 2605213 С1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте : № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова". – EDN WTSTSX.
  21. Соколов, Н. С. Об ошибочном способе устройства буроинъекционных свай с использованием электроразрядной технологии / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 20-28. – EDN XCMYPN.

### Соколов Н.С.

#### Строительство в особо стесненных условиях – геотехнический опыт

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
ООО НПФ «ФОРСТ»  
РОМГГиФ и ISSMGE  
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-437

#### Аннотация

Проблемы строительства в стесненных условиях действующих промышленных предприятий является важной геотехнической задачей, требующей от инженеров-строителей, особенно от специалистов геотехников специфического подхода. При этом наличие слабых инженерно-геологических элементов существенно усугубляет проведение геотехнических работ. Любое промышленное предприятие проводит обновление собственного производства, связанное с введением новых технологических линий или возведение дополнительных объектов. Использование буронабивных и буроинъекционных свай с совместным применением грунтовых анкеров устраиваемых с использованием нестандартных физических процессов в большинстве случаев успешно решает многие сложные и нетипичные геотехнические проблемы. Рассматриваемая статья является обзорной.

**Ключевые слова:** геотехническое строительство, электрогидравлика, монолитный железобетонный ростверк, буронабивные сваи, особо стесненные геотехнические условия, грунтовые анкера ЭРТ.

#### Abstract

Problems of construction in cramped conditions of existing industrial enterprises is an important geotechnical task that requires a specific approach from civil engineers, especially geotechnical specialists. At the same time, the presence of weak engineering-geological elements significantly aggravates the implementation of geotechnical work. Any industrial enterprise is updating its own production, associated with the introduction of new technological lines or the construction of additional facilities. The use of bored and drilled piles with the combined use of ground anchors

arranged using non-standard physical processes in most cases successfully solves many complex and atypical geotechnical problems. The article in question is a review.

**Keywords:** geotechnical construction, electrohydraulics, monolithic reinforced concrete grillage, bored piles, especially constrained geotechnical conditions, EDT ground anchors.

Строительство заглубленных объектов в особо стесненных условиях действующего промышленного производства требует от инженеров-геотехников [1-10] специфического подхода, которые должны проявить изобретательность и смекалку в использовании современных геотехнических технологий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию объектов существующей застройки, как во время строительства, так и за время эксплуатации вновь возводимого здания или сооружения [11-15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

Рабочая документация «Комплекс по приему, хранению и отгрузке цемента, выполненный ООО «ПКФ» Технострой в 2016 г. предполагает возведение заглубленного инженерного сооружения глубиной 8,0 м от уровня существующего рельефа в особо стесненных условиях промышленного производства железобетонных конструкций и изделий для объектов капитального строительства. Строительство заглубленного склада осуществляется на территории завода железобетонных конструкций ЖБК-1 по Лапсарскому проезду, 19 в гор. Чебоксары. На рис. 1 приведен план участка строительства, где в непосредственной близости от строительного котлована имеются с надземные силосные башни, цементный склад, существующая железнодорожная ветка, бетоносмесительный узел и другие строения.

В инженерно-геологическом строении исследованного участка в процессе буровых, опытных и лабораторных исследований до разведанной глубины 10,2м выделены (сверху-вниз): почвенно-растительный слой (pQIV), современные образования (tQIV) техногенный грунт, современные делювиальные образования (dQIV), верхнечетвертичные образования проблематичного генезиса (prQIII), среднечетвертичные элювиально-делювиальные отложения (edQII) и коренные отложения пермского возраста (P3t), прикрытые сверху почвенно-растительным слоем мощностью до 0,4м.

На рис. 2 приведен характерный инженерно-геологический разрез участка капитального строительства.

При экстремальных природных ситуациях (обильные дожди, снеготаяние), а также при возможных утечках из водонесущих коммуникаций, возможно повышение уровня грунтовых вод на 1,0-1,5 м (184,17 - 186,44 м) и/или образование верховодки.

По условиям формирования и характеру распространения подземных вод участок изысканий относится к району II – Б1 потенциально подтопьяемые в результате техногенных воздействий (согласно СП 11-105-97 «Часть 1. Инженерно-геологические изыскания», ч. II, приложению «И»).

Учитывая все вышеприведенные обстоятельства, включая инженерно-геологические и гидрогеологические условия, также наличие строений в непосредственной близости от строительного котлована в качестве наиболее оптимального варианта ограждения строительного котлована приняты буронабивные сваи диаметром 630,0 мм раскрепленные грунтовыми анкерами ЭРТ на двух уровнях. При этом буронабивные сваи приняты по схеме бурокасательных, объединенных поверху их монолитным железобетонным обвязочным поясом (см. рис. 3, 4, 5).

Ниже в таблицах 1-6 приведены последовательность армирования буронабивной сваи, этапность выполнения геотехнических работ, конструирование грунтового анкера, технологическая последовательность изготовления грунтового анкера ЭРТ, технология формирования скважины бурением в неустойчивых грунтах.

Таблица 1

Последовательность армирования буронабивной сваи.

1	Сваи вертикальные сплошного сечения диаметром бурения 630,0 мм, выполняется под защитой инвентарных обсадных труб, армированы на всю высоту пространственными арматурными каркасами
2	Принятая маркировка свай: СБН62.166 (длина 16,55 м, буровой диаметр 620,0 мм), СБН62.112 (длина 11,2 м, буровой диаметр 630,0 мм)
3	Анкеровку (арматурный выпуск из оголовка сваи) в монолитный железобетонный ростверк (обвязочный пояс) следует выполнять согласно разработанных рабочих чертежей
4	Заделка оголовка (железобетонный оголовок) сваи в железобетонный ростверк (плиту) 50,0 мм. 1. Для свай использовать бетон тяжелый класса по прочности В30 F200 W8

5	Армирование буронабивных свай предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных каркасов. Соединение каркасов между собой выполнять на сварке
6	В качестве продольных стержней пространственного арматурного каркаса принята арматура диаметром 22,0 мм и 25,0 мм класса А500С. Поперечное армирование свай принято из арматуры диаметром 10,0 мм класса А240. При этом защитный слой бетона составляет не менее 40,0 мм
7	Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб диаметрами по 406,4 мм с толщиной стенки 6,0 мм
8	Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб диаметрами по 406,4 мм с толщиной стенки 6,0 мм
9	Для обеспечения защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20,0 мм толщиной 4,0 мм в количестве не менее 4-х в одном поперечном сечении арматурного каркаса с шагом по длине каркаса не более 1,5 м
10	Ручная дуговая сварка элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А
11	Для изготовления пространственных сварных каркасов следует применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается

В ходе устройства заанкеренной из грунтовых анкеров ЭРТ на двух уровнях подпорной стенки необходимо строго соблюдать нижеследующую этапность выполнения геотехнических работ, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

*Этапность выполнения геотехнических работ.*

1	Подготовка площадки, устройство свай ограждения и обвязочной балки
2	1-й этап разработки грунта предусматривает разработку до отметок, указанных в соответствующих сечениях, после устройства свай ограждения котлована
3	Анкеры первого яруса выполняются после первого этапа разработки грунта
4	Преднапряжение анкеров производится в соответствии с ВСН 506-88 «Проектирование и устройство грунтовых анкеров»
5	Второй этап разработки предусматривает выемку грунта до проектных отметок грунтовых анкеров второго яруса. Порядок работ по устройству грунтовых анкеров аналогичен работам первого этапа
6	Третий этап предусматривает доработку грунта до проектных отметок дна котлована
7	Приступать к разработке грунта следует только при соответствии прочности возведенной конструкции требованиям настоящего проекта
8	В период перед началом устройства шпунтового ограждения и в течение не менее одного года после завершения строительства вести геотехнический мониторинг за окружающей застройкой
9	В процессе возведения конструкций ниже нулевой отметки подпорной стенки не допускается динамических, вибрационных воздействий

Таблица 3

*Конструирование грунтового анкера ЭРТ.*

1	Конструкции анкерного крепления: грунтовые анкера ЭРТ, детали для крепления опоры грунтового анкера
2	Расчетная нагрузка на грунтовый анкер $R_w$
3	Свободная длина грунтового анкера обусловлена призмой обрушения стенки котлована, форма которой определена расчетом общей устойчивости конструкции методом логарифмических спиралей
4	Принятая маркировка грунтовых анкеров: АГ-15/8 (полная длина анкера 15,0 м, длина корня 8,0 м)
5	Буровой диаметр для грунтовых анкеров – 150,0 мм, выполняются под углом 20-30 град. к горизонту (согласно проекта)

Таблица 4

*Конструкция грунтового анкера ЭРТ.*

1	Для грунтовых анкеров применять цементные растворы с водоцементным отношением (по массе) В:Ц=0,5:1
2	Для цементных растворов использовать портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500
3	Не допускается применение пуццолановых, глиноземистых и шлаковых портландцементов

4	Вода для цементных растворов водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10,0 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) от 4,0 до 12,5
5	В качестве анкерной тяги используется стержневая арматура диаметром 36мм класса А500С (в пластмассовой оболочке диаметром не менее 90,0 мм) и винтовая арматура диаметром 25,0 класса Ат800
6	Для центрирования в скважине по всей длине тяги предусмотрены фиксаторы (шаг не более 2,0м) из отрезков пластиковых труб с продольными разрезами по периметру
7	Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается
8	Ручная дуговая сварка элементов анкерного каркаса осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А
9	Детали для крепления опоры грунтового анкера за распределительную пластину (плиту): сферическая, коническая и косая шайбы (Ст45), гайка стопорная (Ст3)

Таблица 5

## Технологическая последовательность изготовления грунтового анкера ЭРТ

1	Технологическая последовательность изготовления буронабивных свай в неустойчивых грунтах включает следующие операции:	
	1.1	Формирование скважины требуемой глубины и диаметра бурением проходными полыми шнеками
	1.2	Цементация скважины цементным раствором с одновременным медленным подъемом шнека и контролем подачи раствора в скважину
	1.3	Электроэрозийная обработка скважины на уровне корня
	1.4	Установка анкерного каркаса в проектное положение
2	Технологическая последовательность изготовления грунтовых анкеров в устойчивых грунтах включает следующие операции:	
	2.1	Формирование скважины требуемой глубины и диаметра шнековым бурением
	2.2	Заполнение до устья скважины цементным раствором
	2.3	Электроэрозийная обработка скважины на уровне корня
	2.4	Установка анкерного каркаса в проектное положение
3	При устройстве грунтовых анкеров ЭРТ последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 1,5 м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными анкерами допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних	
4	Несущая способность каждого анкера должна проверяться до включения его в работу совместно с закрепляемой конструкцией путем проведения контрольных или приемочных испытаний на максимальную испытательную нагрузку	
5	До начала работ должны быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранный зоны, устанавливаемой в соответствии с п.3.22 СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»	
6	В случае обнаружения не указанных в проекте подземных сооружений, коммуникаций или обозначающих их знаков работы должны быть приостановлены, на место работы вызваны представители заказчика и организаций, эксплуатирующих обнаруженные коммуникации, и приняты меры по предохранению обнаруженных подземных устройств от повреждения. Допускается вынос заказчиком существующих коммуникаций из зоны производства работ при наличии письменного разрешения эксплуатирующих организаций	

Таблица 6

## Технология формирования скважины бурением в неустойчивых грунтах (последовательность).

1	Бурение следует выполнять проходными шнеками в соответствии с проектом производства работ. По мере извлечения шнека полость скважины синхронно заполняется бетонной смесью с плотностью большей, чем у грунта, что обеспечивает устойчивость стенок скважины
2	Установка для бурения УБГ-СГ «БЕРКУТ» или аналог
3	Бурение выполняется с рабочих отметок, указанных в проекте
4	Для разворота буровых машин и возможности установки анкерных каркасов ширина грунтовой бермы должна составлять не менее 15,0 м
5	В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины и учтенного в проекте на уровне корня

анкера. При несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот грунт приостановить работы и пригласить представителей проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количества анкеров и т.д.). Работы можно продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, которое должно быть оформлено в Журнале авторского надзора

Ниже на рисунках 1-3 приведены соответственно выкопировка из генплана строительной площадки, инженерно-геологический разрез участка строительства, план расстановки заглубленных удерживающих конструкций строительного котлована, схема вертикальной привязки заглубленных удерживающих конструкций строительного котлована, схема вертикальной привязки заглубленных удерживающих конструкций строительного котлована с указанием размещенного технологического оборудования.

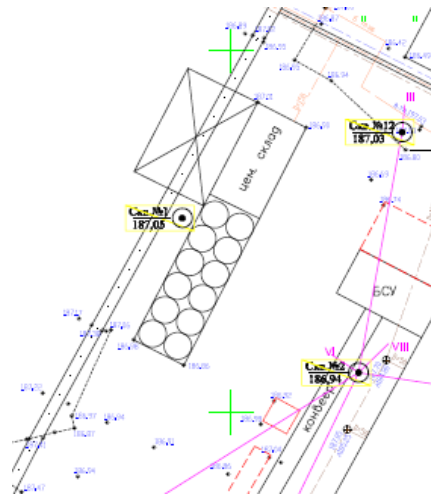


Рисунок 1. Выкопировка из генплана строительства объекта.

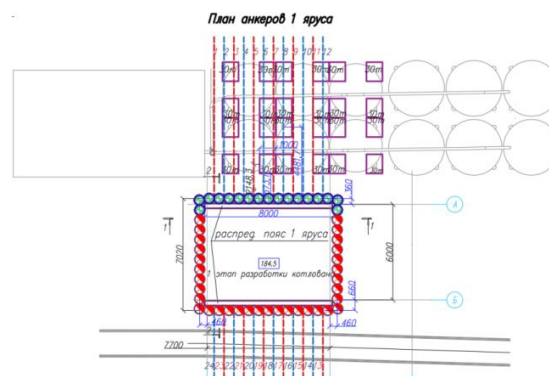


Рисунок 2. План расстановки заглубленных удерживающих конструкций строительного котлована.

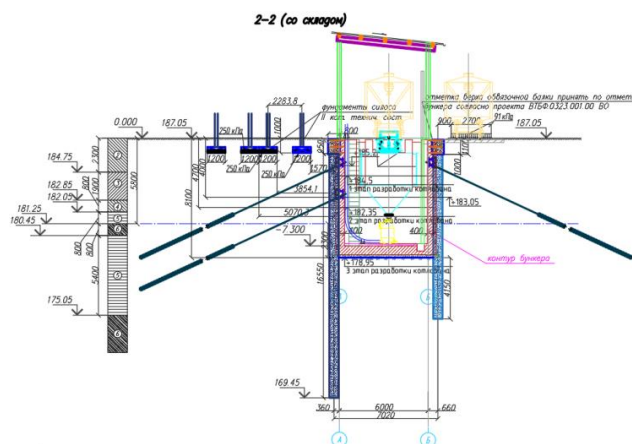


Рисунок 3. Схема вертикальной привязки заглубленных удерживающих конструкций строительного котлована.

Вывод: В общем итоге соблюдение последовательности устройства ограждения строительного котлована с использованием бурокасательных буронабивных свай диаметром 630,0 мм и грунтовых анкеров ЭРТ позволило построить надежную подпорную стенку, обеспечивающую надежную эксплуатацию объектов существующей застройки.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20. Russian megacities underground space. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*. 2012. No. 2, pp. 17–20. (In Russian).
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Plichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. *Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering*, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Plichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. *Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geo-technical Engineering in urban Environments»*. Vol. 2, pp. 581–585.
5. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В. Прогноз изменения температурного состояния основания здания в условиях потепления климата // Жилищное строительство. 2021. № 6. С. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-18-24>.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. *tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK*.
7. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. *Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004*, pp. 338–342.
8. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. *Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague, 2003*.
9. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Анжело Г.О. Взаимодействие щебеночной свай с окружающим грунтом и ростверком // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2019. № 3. С. 2–6.
10. Pivar J. Stone columns – determination of the soil improvement factor // *Slovak journal of civil engineering*. 2011. Vol. XIX. No. 3, pp. 17–21.
11. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
12. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them // *Periodico Tche Quimica*. 2018. T. 15. Special Issue 1. С. 1–11.
13. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 415–420.
14. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Отрицательный опыт геотехнических расчетов и устройства удерживающих заглубленных конструкций // Жилищное строительство. №5. 2023. Стр. 42–46.
15. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Технология устройства монолитного железобетонного ростверка в стесненных условиях функционирующего объекта // Строительные материалы. №7. 2023.
16. Соколов Н. С. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415–420.
17. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16–19.
18. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015 опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

19. Соколов Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
20. Соколов, Н. С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай / Н. С. Соколов // Строительные материалы. – 2018. – № 5. – С. 44-47. – EDN XQONCP.
21. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27. – EDNBOHETL.
22. Никонорова, И. В. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища / И. В. Никонорова, Н. С. Соколов // Управління водними ресурсами в умовах змін клімату: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 21 марта 2017 года. – Киев: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017. – С. 71-72. – EDNZXKNEF.
23. Соколов, Н. С. Определение несущей способности буроинъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками" / Н. С. Соколов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции, Чебоксары, 14–15 ноября 2012 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 289-292. – EDN XNCKKT.
24. Патент № 2605213 С1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте : № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова". – EDN WTSTSX.
25. Соколов, Н. С. Об ошибочном способе устройства буроинъекционных свай с использованием электроразрядной технологии / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 20-28. – EDN XСМYPN.

### Соколов Н.С.

#### Технология ЭРТ строительства инженерных сооружений на структурно неустойчивых склонах

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
ООО НПФ «ФОРСТ»  
РОМГГиФ и ISSMGE  
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-438

#### Аннотация

Возведение и реконструкция зданий и сооружений на проблемных инженерно-геологических и пересеченных территориях с наличием оврагов, неустойчивых склонов является актуальной задачей современного геотехнического строительства. Она еще усугубляется с наличием в основаниях проектируемых объектов перемеживающихся инженерно-геологических элементов со пониженными значениями физико-механических характеристик. Зачастую встречаются линзы, выклинивания слоев слабых грунтов с неустойчивыми физико-механическими свойствами. В статье рассмотрен случай возведения фундаментов с использованием буроинъекционных свай ЭРТ и монолитных железобетонных ростверков под смонтированный напорный трубопровод  $d=1020,0$  мм.

**Ключевые слова:** удерживающие заглубленные конструкции, геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, железобетонный ростверк.

#### Abstract

The construction and reconstruction of buildings and structures in problematic engineering-geological and rugged territories with the presence of ravines and unstable slopes is an urgent task of modern geotechnical construction. It is further aggravated by the presence in the foundations of the designed objects of intermittent engineering-geological elements with reduced values of physical and mechanical characteristics. Often there are lenses, pinching out of layers of soft soils with unstable physical and mechanical properties. The article examines the case of constructing foundations using

EDT drilled injection piles and monolithic reinforced concrete grillages for an installed pressure pipeline  $d=1020.0$  mm.

**Keywords:** Retaining buried structures, geotechnical construction, electric discharge technology EDT, drilled injection pile EDT, reinforced concrete grillage.

Строительство инженерных сооружений на неустойчивых сильно пересеченных склонах [1-7] представляет собой сложную инженерную и геотехническую проблему. В связи с этим возникают сложности связанные с обеспечением прочности оснований [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16], а также необходимости геотехнических расчетов устойчивости заглубленных строительных конструкций [11, 12, 13-22]. Необходимо отметить, что основополагающими нормативными документами в геотехническом строительстве являются своды правил СП 22.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений» и СП 24.13330.2021 Актуализированная редакция СНиП «Свайные фундаменты». Неукоснительное осуществление требований изложенных в них должно являться принципиальным для геотехников и строителей, осуществляющие подобные работы.

Ниже рассматривается один из случаев из геотехнической практики строительства напорных водоводов высокого давления на структурно неустойчивом склоне.

Проектируемый водовод начинается от юго-западного угла дома №22к1 по ул. Короленко г. Чебоксары и протягивается в северо-западном направлении через долину овражно-балочной сети р. Сугутка до угла дома №25А по ул. Набережная реки Сугутки.

В геоморфологическом отношении участок работ расположен в долине овражно-балочной сети р. Сугутка. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 76,80-81,0 м в пределах поймы и до 91,0 – 97,80 м на бровке бортов склонов овражно-балочной сети.

Долина овражно-балочной сети на участке работ имеет корытообразную форму, общей шириной 230,0 – 240,0 м, с четко выраженной поймой и его уступом по правому склону. Левый борт овражно-балочной сети высотой ~ 15,0 - 18,0 м, крутизной 24°.

Бровка правого борта овражно-балочной сети сложена техногенными неоднородными грунтами до глубины 8,50 м и в прибровочной части представлена уступом. Крутизна склона на данном участке 27°, высотой 18,0 – 20,0 м. В настоящее время склон залесен низкоствольными деревьями и кустарником.

Пойма на данном участке четко выраженная с шириной ~ 100,0 м, подтапливаемая в весенний период. Наблюдается водоток от искусственного пруда, расположенного на правой надпойменной террасе, в сторону р. Сугутка.

Инженерно-геологический разрез на исследуемой площадке до глубины бурения 20,0 м в ходе выполнения буровых работ и лабораторных исследований сложен (сверху-вниз): голоценовыми делювиальными (dQh), плейстоценовыми лессовыми отложениями (prQp) проблематичного генезиса, аллювиальными (aQp), пролювиально-делювиальными (dpQp) отложениями подстилаемые верхнепермскими отложениями (P3s+v). Сверху данные отложения перекрыты техногенными грунтами (tQh).

На участке строительства объекта с дневной поверхности в пределах бровки овражно-балочной сети и уступа залегают техногенные отложения, представленные суглинками коричневыми, темно-коричневыми, от полутвердой до тугопластичной консистенции, с включением мелкого строительного и бытового мусора (щебень, бетон, бой кирпича, арматура, полиэтиленовые пленки и т.д.) с погребенным почвенно-растительным слоем. Возраст насыпи более 5 лет. Общая мощность техногенных грунтов составляет от 0,6 м в тальвеге овражно-балочной сети, до 8,5 м на бровке правого склона.

Плейстоценовые делювиальные (dQh) и лессовые отложения (prQp) проблематичного генезиса вскрыты в западной части участка работ, на бровке левого склона. Представлены суглинками легкими пылеватыми, коричневыми, светло-коричневыми, полутвердой консистенции, точно гумусированными, с остатками корней растительности, трещиноватыми, ожелезненными, с белыми известковыми стяжениями, пористыми. Вскрыты отложения на глубине 1,10 м (абс. отм. 92.50 м), мощностью 12,40 м.

Плейстоценовые пролювиально-делювиальные (dpQp) отложения на участке работ представлены: 1. Суглинками коричневыми, темно-коричневыми, красновато-коричневыми, от

тугопластичной до мягкопластичной консистенции, гумусированными, ожеженными, опесчаненными, с включением корней растительных остатков, с гнездами известковистости; 2. Песками коричневыми, табачно-коричневыми, мелкими, ожеженными, глинистыми, от влажных до водонасыщенных, с включением алевритов. Вскрыты на глубине 3,50 – 13,90 м (абс. отм. 79.70 – 89.30 м), мощностью 1,50 – 8,80 м.

Условия залегания литологических разновидностей грунтов представлены на инженерно-геологическом разрезе, а послойное описание грунтов приведено в геолого-литологических колонках.

На основании проведенных полевых и лабораторных исследований в соответствии с существующими нормативными документами на площадке строительства выделены шесть инженерно-геологических элементов (см. рис. 1): ИГЭ № 1. Суглинки легкие пылеватые, полутвердые (tQIV); ИГЭ № 2. Суглинки легкие пылеватые, полутвердые, слабопросадочные (dQh+prQp); ИГЭ №3. Суглинки легкие пылеватые, тугомягкопластичные (dpQp); ИГЭ № 4. Пески мелкие, влажные - водонасыщенные, средней плотности (dpQp); ИГЭ № 5. Суглинки легкие песчанистые, текуче-мягкопластичные (aQp); ИГЭ № 6. Глины легкие пылеватые, полутвердые - твердые (P3s+v).

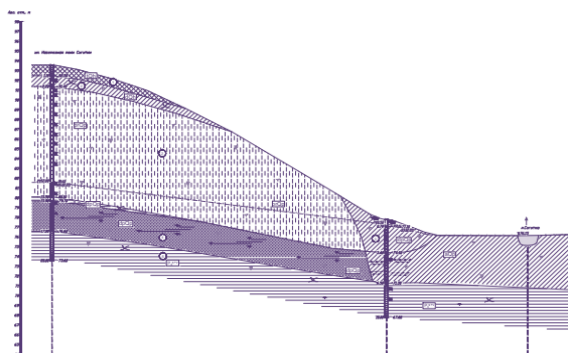


Рисунок 1. Инженерно-геологический разрез.

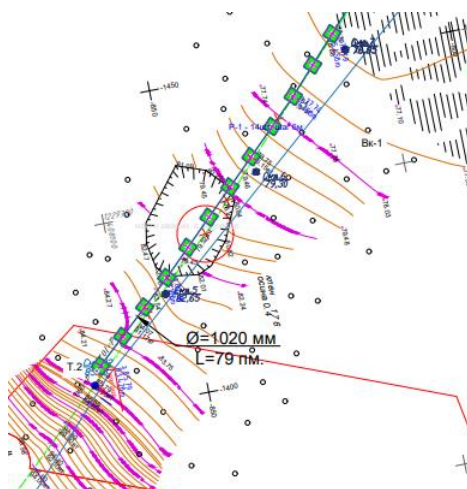


Рисунок 2. План монолитных железобетонных ростверков по напорный трубопровод  $d=1020,0$  мм.

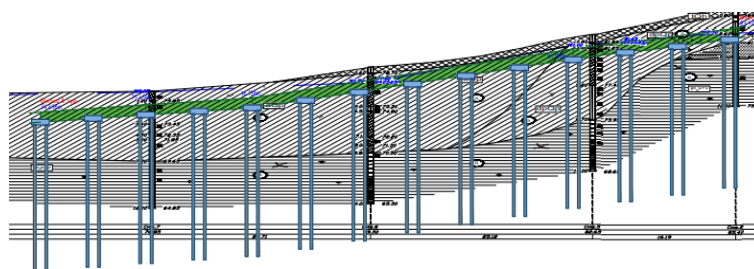


Рисунок 3. Вертикальная привязка буроналивных свай ЭРТ и монолитных железобетонных ростверков по напорный трубопровод  $d=1020,0$  мм.



На рис. 2 приводится схема устройства фундаментов под напорный трубопровод диаметром  $d=1020,0$  мм. При этом труба смонтирована методом прокола. Устройство фундаментов производится уже под выложенную трубу в нижеприведенной последовательности (см. рис. 3 и 4) методом «сверху-вниз». В качестве заглубленных железобетонных конструкций гармонично подходят буроинъекционные сваи [8, 10, 11, 12] изготавливаемые по электроразрядной технологии – сваи ЭРТ и возводимые по обеим сторонам трубы. По оголовкам свай ЭРТ уже устраиваются монолитные железобетонные ростверки, одновременно вовлекая возведенный фундамент с инженерным сооружением.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Plichev V.A., Kononov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Plichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geo-technical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
5. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
7. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague. 2003.
8. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
9. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Несоответствия в надежной эксплуатации объекта культурного наследия – Чувашского драматического театра им К.В. Иванова // Жилищное строительство. №4. 2023. Стр. 70-75.
10. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 415-420.
11. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. №11. С 20-25.
12. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары // Геотехника. 2016. №1. С. 60-65.
13. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
14. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
15. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015 опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

16. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
17. Соколов, Н. С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай / Н. С. Соколов // Строительные материалы. – 2018. – № 5. – С. 44-47. – EDN XQONCP.
18. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27. – EDNBOHETL.
19. Никонорова, И. В. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища / И. В. Никонорова, Н. С. Соколов // Управління водними ресурсами в умовах змін клімату: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 21 марта 2017 года. – Киев: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017. – С. 71-72. – EDNZXKNEF.
20. Соколов, Н. С. Определение несущей способности буроинъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками" / Н. С. Соколов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции, Чебоксары, 14–15 ноября 2012 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 289-292. – EDN XNCKKT.
21. Патент № 2605213 С1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте : № 2015126349/03; заявл. 01.07.2015; опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова". – EDN WTSTSX.
22. Соколов, Н. С. Об ошибочном способе устройства буроинъекционных свай с использованием электроразрядной технологии / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 20-28. – EDN XCMYPN.

Сунь Х.<sup>1</sup>, Чжуан С.<sup>2</sup>, Лу Ц.<sup>2</sup>

### Промышленный Интернет вещей: применение технологий для оптимизации производительности

<sup>1</sup>БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО  
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-439

#### Аннотация

В последние годы Промышленный Интернет вещей (ПИИ) стал ключевым фактором, способствующим оптимизации производственных процессов. Данная работа исследует технологии ПИИ и их влияние на эффективность производительности. Рассматриваются примеры применения, а также основные вызовы и перспективы внедрения. Результаты исследования показывают, что использование ПИИ позволяет значительно сократить затраты, улучшить качество продукции и повысить уровень автоматизации на предприятиях.

**Ключевые слова:** промышленный Интернет вещей, оптимизация производительности, технологии, автоматизация, производственные процессы.

#### Abstract

In recent years, the Industrial Internet of Things (IIoT) has become a key enabler for optimizing manufacturing processes. This paper investigates FDI technologies and their impact on productivity efficiency. Application examples as well as major challenges and implementation prospects are discussed. The results of the study show that the use of FDI can significantly reduce costs, improve product quality and increase the level of automation in enterprises.

**Keywords:** industrial Internet of Things, productivity optimization, technology, automation, manufacturing processes.

### Глава 1: Введение в Промышленный Интернет вещей

#### 1.1 Определение и особенности ПИИ

Промышленный Интернет вещей (ПИИ) представляет собой концепцию, в рамках которой традиционные производственные процессы и оборудование интегрируются с

современными цифровыми технологиями. Он включает в себя использование различных датчиков, устройств и программного обеспечения для сбора и анализа данных в реальном времени. Ключевыми компонентами ПИИ являются датчики, которые устанавливаются на оборудование, а также облачные технологии, обеспечивающие хранение и обработку больших объемов информации. В отличие от традиционного Интернета вещей, который часто фокусируется на потребительских устройствах, таких как умные дома и носимые технологии, ПИИ ориентирован на промышленный сектор, включая автоматизацию производственных процессов и оптимизацию цепочек поставок.

Одной из отличительных особенностей ПИИ является его способность обеспечивать взаимосвязь между различными уровнями производственной системы: от сенсоров на уровне машин до аналитических инструментов на уровне управления предприятием. Эта интеграция позволяет предприятиям оперативно реагировать на изменения в производственной среде и повышать общую эффективность. Важным аспектом является использование больших данных, которые собираются в процессе работы оборудования. Эти данные могут быть использованы для прогнозной аналитики, что позволяет предсказывать возможные неисправности и планировать техническое обслуживание до возникновения проблем.

Таким образом, ПИИ не только трансформирует подход к управлению производственными процессами, но и открывает новые возможности для инноваций, улучшения качества продукции и снижения затрат.

## 1.2 Преимущества внедрения ПИИ

Внедрение технологий ПИИ предоставляет множество преимуществ, которые значительно повышают производственную эффективность. Во-первых, использование датчиков и систем мониторинга в реальном времени позволяет улучшить контроль за производственными процессами. Это означает, что компании могут быстро выявлять и устранять узкие места, оптимизируя использование ресурсов и минимизируя потери.

Во-вторых, ПИИ способствует более точному управлению ресурсами, что включает в себя как материальные ресурсы, так и трудозатраты. С помощью аналитических инструментов предприятия могут более эффективно планировать свои действия, основываясь на данных о текущем состоянии производства и потребностях клиентов. Это также позволяет уменьшить время простоя оборудования, что в свою очередь приводит к увеличению общего времени работы и повышению производственной мощности.

Третьим важным преимуществом является возможность внедрения предиктивной аналитики. С помощью больших данных и машинного обучения компании могут предсказывать возможные сбои в работе оборудования и заранее проводить техническое обслуживание. Это не только снижает затраты на ремонт, но и увеличивает срок службы оборудования.

Кроме того, ПИИ улучшает взаимодействие между различными подразделениями предприятия. Системы, основанные на ПИИ, обеспечивают лучшую координацию и передачу информации между производственными, логистическими и управленческими процессами. Это создает более гибкие и адаптивные производственные системы, способные быстро реагировать на изменения рыночной конъюнктуры.

## Глава 2: Примеры применения технологий ПИИ

### 2.1 Кейсы успешного внедрения ПИИ в производстве

В последние годы многие компании начали активно внедрять технологии Промышленного Интернета вещей, что позволило им значительно повысить производительность и улучшить качество продукции. Рассмотрим несколько успешных примеров.

Первый пример — компания Siemens, которая реализовала проект по цифровизации своих производственных мощностей. В рамках этой инициативы Siemens интегрировала свои устройства с облачными платформами и IoT-решениями, что позволило улучшить мониторинг оборудования в реальном времени. Благодаря использованию датчиков, компания смогла значительно сократить время простоя, а также оптимизировать процесс планирования технического обслуживания. Это не только повысило общую эффективность, но и сократило затраты на обслуживание и ремонт.

Другой интересный случай демонстрирует General Electric (GE), которая создала платформу Predix, предназначенную для анализа данных, собранных с промышленных машин. Платформа позволяет компаниям предсказывать возможные неисправности и автоматически проводить диагностику, что дает возможность принимать проактивные меры. В результате внедрения Predix, GE удалось улучшить производственные показатели на 10-15%, а также значительно увеличить срок службы оборудования.

Также стоит отметить проект Bosch, который разрабатывает решения для управления цепочками поставок на основе IoT. Система, созданная Bosch, использует датчики для отслеживания местоположения и состояния продукции на всех этапах — от производства до доставки. Это позволяет минимизировать потери и улучшить взаимодействие с партнерами по цепочке поставок, что в конечном итоге способствует повышению клиентского удовлетворения.

Каждый из этих кейсов иллюстрирует, как технологии ПИИ не только повышают эффективность производственных процессов, но и создают новые бизнес-модели, открывая возможности для дальнейшего роста и инноваций.

### **Заключение**

В заключении можно сказать, что Промышленный Интернет вещей является одной из самых значительных тенденций в области промышленности и производства. Внедрение технологий ПИИ не только трансформирует подходы к управлению производственными процессами, но и создает условия для устойчивого развития и повышения конкурентоспособности предприятий.

Собранные в ходе исследования данные и примеры успешных внедрений показывают, что ПИИ способен значительно улучшить производственные показатели, снизить затраты и повысить уровень автоматизации. Тем не менее, существуют и определенные вызовы, такие как необходимость в обеспечении кибербезопасности, интеграции новых технологий с устаревшими системами и подготовке кадров.

Таким образом, для полного раскрытия потенциала ПИИ необходимо продолжать исследования и разработки в этой области. Важно сосредоточиться на создании стандартов и протоколов, которые будут способствовать более легкой интеграции различных технологий, а также обучению специалистов, способных эффективно использовать эти новые инструменты. С учетом быстрого развития технологий и меняющихся потребностей рынка, будущее Промышленного Интернета вещей представляется многообещающим, и его влияние на индустрию будет только усиливаться.

\*\*\*

1. Кузнецов А.В. Промышленный Интернет вещей: Новые возможности для производств // В сборнике: Сборник материалов международной конференции «Инновационные технологии в промышленности». Москва, 2019. С. 45-50.
2. Сидоров И.П. Применение IoT-технологий для повышения эффективности производственных процессов // Экономика и управление. 2020. Т. 12. № 5. С. 30-35.
3. Петров М.А. Будущее промышленности: роль Интернета вещей в оптимизации бизнес-процессов // В сборнике: Актуальные вопросы экономики и управления. Санкт-Петербург, 2021. С. 100-105.

Тетерин Н.Н.<sup>1</sup>, Смоленцева В.В.<sup>2</sup>

**К вопросу формализации задачи выявления деструктивного поведения с применением технологий искусственного интеллекта**

<sup>1</sup>РТУ МИРЭА

<sup>2</sup>Российский государственный университет социальных технологий  
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-440

**Аннотация**

В статье рассматриваются аспекты деструктивного поведения, оказывающие влияние на пользователей в интернет-пространстве в контексте взаимодействия подразделений в организационных структурах. Проанализированы инструменты обработки данных, позволяющие выявить скрытые закономерности и прогнозировать возможные варианты взаимодействия пользователей.

**Ключевые слова:** деструктивное поведение, технологии искусственного интеллекта, прогнозирование, интернет-пространство, пользователь.

**Abstract**

The article examines the aspects of destructive behavior that affect users in the Internet space in the context of the interaction of departments in organizational structures. Data processing tools have been analyzed to identify hidden patterns and predict possible options for user interaction.

**Keywords:** destructive behavior, artificial intelligence technologies, forecasting, Internet space, user.

В повседневной жизни, интернет-пространство стало неотъемлемой частью жизни многих людей и предоставляет широкие возможности для общения, получения информации и развлечений. Однако, наряду с позитивными аспектами, возможны проявления деструктивного поведения пользователей.

Деструктивное поведение может оказывать негативное влияние на взаимодействие в контексте структурных подразделений организаций, что приводит к снижению производительности, конфликтным ситуациям между сотрудниками и другим негативным последствиям [1].

В связи с этим возникает потребность в своевременном выявлении деструктивного поведения пользователей на интернет-площадках и прогнозировании результатов за счет применения инструментов и алгоритмов машинного обучения, позволяющих обрабатывать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности в поведении пользователей [2].

Таким образом актуальность обусловлена следующими аспектами:

С ростом числа пользователей интернета увеличивается и количество угроз, связанных с деструктивным поведением.

Деструктивное поведение в сети может приводить к серьезным социальным и экономическим последствиям, включая ущерб репутации организаций, потерю доверия со стороны пользователей и клиентов, а также финансовые потери.

Эффективное управление деструктивным поведением требует комплексного подхода, который включает в себя анализ данных, статистические методы и современные технологии обработки информации.

Современные технологии, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, предоставляют новые возможности для анализа больших объемов данных и прогнозирования поведения пользователей.

В условиях повышения общественного внимания к вопросам безопасности в интернете, необходима разработка эффективных стратегий управления деструктивным поведением в контексте законодательных инициатив и требований по защите прав пользователей [3].

Исследование данной темы также способствует повышению уровня осведомленности пользователей о рисках деструктивного поведения и формированию культуры безопасного поведения в интернет-пространстве.

Деструктивное поведение — это поведение, которое приводит к негативным последствиям для самого человека или для общества в целом, может проявляться в различных формах и иметь разные причины.

Существует несколько подходов к определению видов деструктивного поведения. Один из них основан на выделении форм поведения, которые наносят вред окружающим людям или самому человеку. К таким формам относятся девиантное поведение, агрессивное поведение, кибербуллинг, троллинг и другие.

Девиантное поведение — это поведение, которое отклоняется от общепринятых норм и ценностей. Проявляется в разных формах, таких как правонарушения, употребление психоактивных веществ, суицидальное поведение и другие.

Агрессивное поведение — это поведение, направленное на причинение вреда другому человеку или объекту. Проявляется в физической, вербальной или косвенной форме.

Распространение дезинформации — это форма деструктивного поведения, заключающаяся в распространении ложной информации с целью введения в заблуждение других людей, возможно с различными целями, такими как получение финансовой выгоды, манипуляция общественным мнением, дискредитация конкурентов и т.п.

В таблице 1 приведены формы деструктивного поведения и их влияние на организации.

Таблица 1

*Влияние форм деструктивного поведения на организации.*

	<i>Бизнес-предприятия</i>	<i>Образовательные учреждения</i>	<i>Государственные структуры</i>
<i>Девиантное поведение</i>	<i>Снижение производительности, увеличение затрат на контроль и стимулирование, увеличение количества ошибок и брака.</i>	<i>Снижение успеваемости, эскалация агрессии и насилия в школе, эмоциональные и психологические проблемы.</i>	<i>Снижение эффективности работы государственных органов, увеличение затрат на контроль и стимулирование, рост числа ошибок.</i>
<i>Агрессивное поведение</i>	<i>Увеличение вероятности возникновения конфликтов, снижение уровня доверия в коллективе.</i>	<i>Увеличение конфликтов между учащимися и преподавателями, снижение качества образования.</i>	<i>Повышение вероятности возникновения конфликтов, снижение уровня доверия.</i>
<i>Распространение дезинформации</i>	<i>Снижение имиджа компании, потеря доверия клиентов и партнеров, снижение продаж, юридические риски.</i>	<i>Ухудшение имиджа образовательного учреждения, потеря доверия, снижение качества образования.</i>	<i>Ухудшение имиджа государственных органов, потеря доверия граждан, снижение эффективности работы, юридические риски.</i>

В таблице 1 видно, что представленные формы поведения имеют примерно одинаковые серьезные последствия для пользователей и организаций. Применение технологий искусственного интеллекта (ТИИ) позволит обрабатывать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности в поведении пользователей с прогнозом поведения пользователей.

Машинное обучение (МО) представляет собой область искусственного интеллекта, которая занимается разработкой алгоритмов и моделей для автоматического обучения на больших объемах данных без явного программирования [4].

На рисунке 1 представлены направления (этапы) возможного применения алгоритмов МО в задаче многоклассовой классификации (каждый класс характеризует пользователя с учетом входного признакового пространства).

Анализ вариантов влияния деструктивного поведения пользователей в интернет-пространстве в различных сферах организационных структур показал возможность применения ТИИ. Предложена схема реализации задачи по выявлению деструктивного поведения. Выбор конкретного метода (алгоритма) с последующей интерпретацией результатов зависит от специфики задачи, доступных данных и требований к точности и интерпретируемости результатов [5].

Проведенный в работе анализ и предложенные этапы позволят выявлять скрытые закономерности и прогнозировать возможные сценарии развития событий, что является ключевым фактором в обеспечении будущей безопасности и благополучия как организаций, так и пользователей.



Рисунок 1. Схема этапов применения задачи многоклассовой классификации.

\*\*\*

1. Ибрагимова, Н. И. Опасности в современном мире и методы обучения вопросам безопасности : учебно-методическое пособие / Н. И. Ибрагимова, А. В. Жогаль. — Сургут : СурГУ, 2024. С. 20-25.
2. Носкова, Т. Н. Социальные медиа и образовательные практики: учебно-методическое пособие / Т. Н. Носкова, Т. Б. Павлова, Е. А. Тумалева [и др.]; под редакцией Т. Н. Носковой. — Санкт-Петербург РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. С. 85-87.
3. Романов, В. Г. Социальная инженерия мошенничества: монография / В. Г. Романов, И. В. Романова. — Чита: ЗабГУ, 2021. С. 103-107.
4. Гехт, А. Б. Гуманитарные проблемы искусственного интеллекта и его применения : монография / А. Б. Гехт, Р. В. Душкин, А. В. Неровный [и др.]. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2024. С. 204-212.
5. Москвитин, А. А. Данные, информация, знания: методология, теория, технологии : монография / А. А. Москвитин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. С. 171-174.

Улубаева А.С., Галазова С.С.

### Автоматизация процесса управления персоналом в деятельность компании

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д.Миллионщикова  
(Россия, Грозный)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-441

#### Аннотация

Автор изучает проблему, связанную с технологичностью в сфере HR. Все большая часть компаний приходит к тому, что необходимо переходить от традиционных способов работы с персоналом к инновационным с использованием различных технологий, от работы в одиночку к взаимодействию с подразделением IT для уменьшения количества «бумажной» работы и увеличения эффективности работы HR с помощью автоматизации процессов управления персоналом на разных стадий развития сотрудника: от приема на работу до увольнения. Методы, используемые в процессе написания статьи: метод экспертной оценки, обобщение и анализ. В процессе исследования автор указывает принципы управления персоналом, рассматривает традиционные подходы к управлению персоналом на различных стадиях работы сотрудника в компании: подбор персонала, адаптация, мотивация, оценка, обучение и развитие; отмечается эффективность данных методов. В части современных методов работы с персоналом приводится пример компаний, работающих с искусственным интеллектом, рассмотрены системы по управлению кандидатами, чат-боты, CRM-система, а также H2H-подход, приводится результат опроса HR-director.ru по технологичности работы HR.

**Ключевые слова:** управление персоналом, автоматизация процесса управления кадрами, искусственный интеллект, чат-боты, CRM-система, система по управлению кандидатами, HR-брендинг.

#### Abstract

The author studies the problem of manufacturability in the field of HR. An increasing number of companies are coming to the point that it is necessary to switch from traditional ways of working with personnel to innovative ones using various technologies, from working alone to interacting with the IT department to reduce the amount of paper work and increase HR efficiency by automating management processes personnel at different stages of employee development: from hiring to dismissal. Methods used in the process of writing the article: expert assessment method, generalization and analysis. In the research process, the author indicates the principles of personnel management, considers traditional approaches to personnel management at various stages of an employee's work in the company: staff recruitment, adaptation, motivation, assessment, training and development; The effectiveness of these methods is noted. As part of modern methods of working with personnel, an example of companies working with artificial intelligence is given, candidate management systems, chat bots, a CRM system, as well as the H2H approach are considered, the result of the HR-director.ru survey on HR workability is presented.

**Keywords:** personnel management, automation of the personnel management process, artificial intelligence, chat bots, CRM system, candidate management system, HR branding.

Наиболее сложным объектом управления является персонал организации. Каждый сотрудник компании имеет свои интересы, а также очень чувствителен к управленческим влияниям, и реакцию на них зачастую трудно предсказать. Поэтому современные концепции управления персоналом в основном базируются на признании возрастающей значимости личности сотрудника, а также на изучении его мотиваций, умении правильно их формировать и корректировать в соответствии со стратегическими целями, стоящими перед самой компанией. Несмотря на то, что с точки зрения менеджмента, главной целью для бизнеса остается – прибыль, практика управления персоналом, а также современная теория управления персоналом уделяет значительное внимание персоналу компании, а также необходимости удовлетворения не только материальных, но и социальных потребностей своих сотрудников. С

момента появления первых специалистов по кадровой работе они занимались только вопросами приема и увольнения сотрудников, т.е. «бумажной» работой. По мере развития технологий появляются современные способы работы во всех сферах, не только в HR. Сейчас многие компании говорят о том, что HR-специалист – это специалист, который должен больше время в своей работе уделять человеку, сотруднику, заниматься его сопровождением и развитием в рамках компании, а не тратить большую часть времени на создание и оформление документации. Поэтому стали задумываться о том, что многие процессы в HR, которые возможно, необходимо автоматизировать для того, чтобы освободить время специалиста по человеческим ресурсам на действительно важные проблемы сотрудника, с которыми никакой искусственный интеллект не справится.

Цель статьи: провести обзор современных технологий автоматизации процессов HR, исследовать традиционные и современные подходы к управлению персоналом.

Управление персоналом основано на нескольких важных принципах:

1. Принцип соответствия (порученная работа должна соответствовать возможностям и способностям исполнителя).
2. Принцип преемственности (сочетание опытных и молодых сотрудников в коллективе).
3. Принцип правовой защиты (все кадровые управленческие решения должны приниматься только на основании действующих правовых актов).
4. Принцип повышения квалификации.
5. Принцип совмещения доверия к сотрудникам и проверки исполнения заказов.
6. Принцип подбора персонала по деловым и личностным качествам
7. Принцип автоматической замены отсутствующего сотрудника с учетом должностных инструкций.
8. Принцип открытой конкуренции: компания, заинтересованная в развитии человеческих ресурсов, должна поощрять конкуренцию между сотрудниками, претендующими на руководящие должности.
9. Принцип работы и профессионального роста сотрудников (используется обоснованные критерии оценки их деятельности и обеспечение условий для непрерывного карьерного роста)

Система управления персоналом, основываясь на принципах, описанных выше, должна иметь согласованный подход ко всем направлениям формирования и регулирования кадрового состава компании, таким как подбор, расстановка руководящих кадров, обучение и стажировка, подбор и трудоустройство и проч.

Рассмотрим традиционные подходы к управлению персоналом на каждом из уровней работы персонала. Зачастую современные HR-специалисты используют в своей работе множество различных разработок и методик. Поэтому на каждой стадии работы сотрудника (от прихода на работу и до увольнения) у HR-специалиста есть определенные методики, которые направлены на достижение максимальной эффективности. На этапе подбора персонала может быть применен ряд подходов:

1. «охота за головами» (headhunting) — это привлечение перспективных сотрудников конкурирующих компаний. (Особенно высокий спрос на работников в области строительства, энергетики и машиностроения).
2. HR-брендинг - ориентирован на формирование привлекательного имиджа компании.
3. дистанционный подбор персонала (наем удаленных сотрудников).
4. использование социальных сетей для поиска сотрудников

На этапе адаптации используются следующие методы:

1. наставничество (помощь от опытного сотрудника).
2. семинары и тренинги, предназначенные для развития коммуникативных навыков, а также изучения специфики деятельности предприятия и обучения технологиям поведения в стрессовых ситуациях.

3. специальные ролевые игры, которые призваны объединить команду, а также укрепить ее командный дух.
4. ознакомительные экскурсии по компании, а также знакомство с коллегами и корпоративной культурой.

Одним из важных этапов является мотивация. Мотивация может быть: материальной и нематериальной. В качестве материальной мотивации может быть использована система денежных вознаграждений (например, премии по результатам работы или участие сотрудников в распределении прибыли компании). Нематериальная мотивация может быть выражена в форме самоуважения, а также создания психологического комфорта или формирования у сотрудника гордости за проделанную работу.

Система управления персоналом компании тесно переплетается с бизнес-стратегией компании. В некоторых случаях помощь профессиональных HR-консультантов неопределима.

Из вышесказанного следует, что привлечение профессиональных HR-консультантов вносит важный вклад в развитие компании в целом, обеспечивая современную систему управления персоналом с независимым кадровым аудитом, а также снижая правовые риски.

Существуют традиционные и современные методы работы с персоналом. Автоматизация процесса работы с персоналом существенно улучшают процессы работы с персоналом, помогая HR-менеджерам более эффективно и быстро выполнять свою работу. Автоматизация процесса позволяет уменьшить количество бумажной работы, что позволяет специалистам по персоналу больше времени уделять на работу с людьми, а также быть более продуктивными и эффективными в своих решениях в части формирования конкурентоспособного, профессионального, а также ответственного и сплоченного персонала организации.

\*\*\*

1. Краев В.М., Федотова М.А., Тихонов А.И. Управление персоналом аэрокосмической промышленности. Базовый курс. Учебное пособие / Ставрополь, ЛОГОС. 2020.
2. Михайлов А.А., Федулов В.И. Информационные технологии как элемент управления процессом профессиональной адаптации молодых специалистов на предприятиях аэрокосмического комплекса // Московский экономический журнал. - 2019. - №2. - С. 17.
3. Семина А.П., Гладкая К.В. Использование информационно-коммуникационных и виртуальных технологий в обучении персонала // Московский экономический журнал. - 2019. - №11. - С. 69.
4. Тихонов А.И., Коновалова В.Г. Отношение российских работодателей к автоматизации в сфере управления персоналом: технологии искусственного интеллекта и подбор персонала // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. - 2019. - №2. - С. 79-84.
5. Искусственный интеллект меняет сферу управления персоналом // Business information network URL: <https://bin.ua/news/business/management/203869-iskusstvennyj-intellekt-menyaet-sferu-upravleniya.html> (дата обращения: 02.09.2024).

**Федяев А.А., Санжара А.Е.**

### **Влияние на качество формирования клеевых соединений свойств и характеристик древесины**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-442

#### **Аннотация**

В статье приведен анализ влияния факторов, связанных с качеством формирования клеевых соединений цельной древесины и влиянием на него характеристик древесины. Приведена характеристика влияния породы, влажности, плотности древесины, направления волокон, способов подготовки поверхности, точности и стабильности размеров, шероховатости поверхности.

**Ключевые слова:** клееный брус, клеевые соединения древесины, свойства древесины.

**Abstract**

The article provides an analysis of the influence of factors associated with the quality of solid wood adhesive joints formation and the influence of wood characteristics on it. The characteristics of the influence of wood species, humidity, density, fiber direction, surface preparation methods, dimensional accuracy and stability, and surface roughness are given.

**Keywords:** glued laminated timber, adhesive wood joints, wood properties.

В последнее время с активным развитием техник и технологий, практически во всех областях и сферах жизнедеятельности человека возрастает необходимость использования высокотехнологичных продуктов с повышенными показателями эксплуатации, а существующие современные методы проведения диагностики позволяют проводить не только оценку по показателю качества готового продукта, но и на ранних стадиях производственного цикла выполнять выбор сырья и материалов, который позволит организовать в том числе и диверсифицированный подход к организации производственных процессов.

В последние годы широко пользуются спросом клееные конструкции из древесины (ККД), их классификация в основном зависит от области их применения и назначения. Конструкции из клееной древесины могут быть произведены любой длины, толщины и ширины (также могут быть увеличены до необходимых значений), формы и прочее. Конструкции получаемые путем склеивания древесины обладают высокими показателями стойкости, жесткости, теплоизоляционными свойствами и другое. В процессе производства клееных конструкций вырезаются из пиломатериалов (полуфабрикаты для производства клееных материалов) места с дефектами и пороками, которые связаны с естественным ростом древесины.

Главными конкурентами на строительном рынке являются товары заменители, из недревесных материалов, например, из бетона и металла, в сравнении с несущими элементами из ККД этот тип строительных материалов имеют ряд недостатков: более высокую массу (снижает мобильность при транспортировке и монтаже конструкций); при возникновении стихийных бедствий и нерасчетных форс-мажорных ситуациях (землетрясение, увеличение снежного покрова, оползни, сели, незаконные действия, направленные на разрушение объекта и прочее), конструкции из бетона или металла разрушаются мгновенно, а из ККД идет постепенное разрушение с характерным звуком, которое в случаях с превышением допустимой нагрузки позволит заранее покинуть помещение или предпринять действия, останавливающее повреждение и прочее. При проведении сравнения с материалами заменителями из цельной древесины, в ККД отсутствуют места с дефектами и пороками, также элементы обладают лучшей тепловой защитой за счет минимизации усадки и растрескивания отдельных элементов и прочее.

На рис. 1 представлены факторы составлены на основании требований нормативных документов, в том числе и производителями клеев, результатов проведенных экспериментов, как лабораторных, так и промышленных,

Древесина. ГОСТ 20850 – нормативный документ, который предусматривает применение для изготовления ККД пиломатериалов из сосны или ели по ГОСТ 8486, а размеры регламентируются - ГОСТ 24454. При наличии технических условий допустимо применение пиломатериалов других древесных пород, при этом должна учитываться специфика изготовления и эксплуатации ККД.

Согласно ГОСТ 20850 допустимые показатели влажности пиломатериалов должны составлять от 6 до 15 %. В зависимости от условий эксплуатации ККД разница во влажности при этом допускается до 5%. Предприятия-изготовители клеевых систем при рекомендациях по влажности древесины перед склеиванием немного увеличивают рекомендации ГОСТа и в зависимости от типа и марки клея допускают к склеиванию древесину с влажностью до 18%.

В нормативных документах плотность древесины для производства ККД не регламентируется, и её значение чаще всего принимают средним показателем, например, для древесины сосны 505 кг/м<sup>3</sup>. Необходимо учесть и тот момент, что плотность древесины сосны только в СЗ Федеральном округе нашей страны может варьироваться в достаточно большом пределе от 350 до 650 кг/м<sup>3</sup>. Доказано, что на прочность клеевых соединений существенное влияние оказывает плотность их контактных слоев даже при относительно небольших её колебаниях, от 500 до 520 кг/м<sup>3</sup>. Стоит отметить и такой момент, что в клееной древесине прочность клеевых соединений различна не только в каждом слое, но и по всей длине, это объясняется тем, что различная плотность древесины. Выполненные нами исследования позволили определить, что плотность древесины является одним из основных факторов влияющих на прочность клеевого шва, также этот показатель отвечает за характер разрушения образцов при проведении испытаний.

Направление волокон при склеивании цельной древесины согласно рекомендациям необходимо задавать в противоположные друг от друга стороны. Именно эта особенность повысить звукоизолирующие показатели, что позволяет клееным конструкциям при изменении влажности не изменять своей формы, и при этом компенсировать возможные образования внутренних напряжений внутри материала.

Наиболее распространенным способом подготовки поверхности древесины перед склеиванием является фрезерование, в процессе обработки получается поверхность древесины с шероховатостью от 20 до 60 мкм. В нормативных документах отмечено, что шероховатость поверхности древесины перед склеиванием не должна превышать 100 и 200 мкм, зависит от дальнейшего назначения ККД. В процессе проведения цилиндрического фрезерования поверхности древесины отмечается смятие поверхностных слоев, повышенное трение фрезы о древесину, что приводит к разогреву смолы в древесине и заполнением им клеток древесины, что осложняет проникновение клея в клетки древесины на следующих этапах производства. Фрезерование торцовое, менее распространенный тип обработки поверхности древесины перед склеиванием за счет своей высокой стоимости, но при этом в процессе не сминает поверхностные слои, а «открывает» полости клеток древесины, способствуя проникновению клея в клетки древесины.

На расход клея также непосредственное влияние оказывает точность и стабильность размеров и геометрических форм, также этот показатель оказывает влияние и на прочность клеевых соединений. Выявлено, что даже при отклонении в 0,2 мм от толщины по ширине и при 30 ламелей в прессе, прочность клеевого соединения может снизиться в 1,2 раза, это объясняется недостаточным стандартным давлением прессования для обеспечения полного соприкосновения склеиваемых элементов.

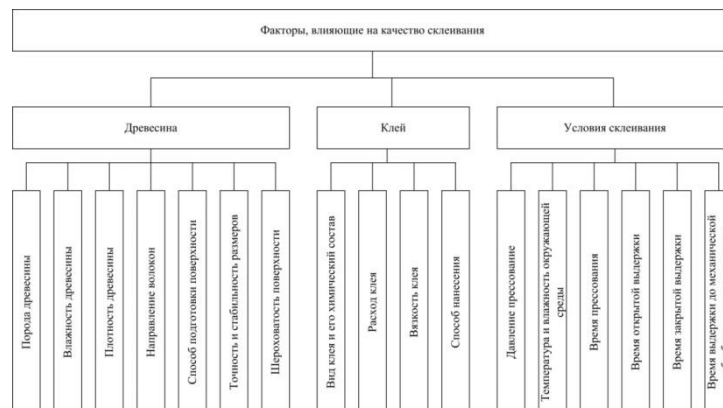


Рисунок 1. Классификация факторов, влияющих на качество склеивания.

Требованиями ГОСТ 7016 «Древесина. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики» регламентируется шероховатость поверхности древесины перед склеиванием. Как говорилось ранее, рациональная шероховатость поверхности древесины перед склеиванием составляет не более 60 мкм, это позволяет поверхности древесины лучше смачиваться клеевыми составами, и при этом обеспечивается расход клея на минимальных рекомендуемых показателях.

\*\*\*

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
2. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНИКА, 2022 г. – 118 с.
3. Чубинский А.Н. Древесина в строительстве: достоинства и недостатки. Леса России: политика, промышленность, наука, образование. СПб.: СПбГЛТУ. 2018 – с.244-246

**Федяев А.А., Санжара А.Е.**

**Влияние характеристик клея и условий склеивания на качество формирования  
клеевых соединений древесины**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-443

**Аннотация**

В статье приведен анализ влияния факторов самого клея для склеивания цельной древесины и условий склеивания на качество клеевых соединений. Приведена характеристика влияния в группе «клей» его вида и химического состава, расхода и вязкости клея, способов нанесения. В группе «условия склеивания» представлены характеристики давления и времени прессования, открытых и закрытых выдержек, температуры и влажности окружающей среды, времени выдержки до механической обработки после склеивания.

**Ключевые слова:** клееный брус, клеевые соединения древесины, свойства клея, условия склеивания.

**Abstract**

The article presents an analysis of the influence of the factors of the glue itself for gluing solid wood and gluing conditions on the quality of adhesive joints. The characteristics of the influence in the "glue" group of its type and chemical composition, consumption and viscosity of the glue, application methods are given. The "gluing conditions" group presents the characteristics of the pressing pressure and time, open and closed holding times, ambient temperature and humidity, holding time before mechanical treatment after gluing.

**Keywords:** glued laminated timber, adhesive joints of wood, glue properties, gluing conditions.

Достаточно широкое распространение клееные деревянные конструкции (КДК) получено при строительстве несущих большепролетных конструкций, например возведении спортивных стадионов, для элементов перекрытий крыш торгово-развлекательных центров, бассейнов, аквапарков, мостов и прочее. Спрос на клееный брус из древесины для строительства малоэтажных индивидуальных домов также возрастает в последние годы, интерес к такому устройственному материалу обусловлен различными государственными программами поддержки строительства, например, снижение ставок по ипотеке для населения.

Производственный цикл по выпуску КДК является достаточно трудоемким и материалоемким процессом, на это влияют различные факторы. Далее представим основную

классификацию факторов, рис. 1, которые оказывают непосредственное влияние при производстве КДК. Клеевой состав, а именно его свойства и условия проведения склеивания непосредственно зависят от химического состава и регламентируются производителями клеев, основные требования к древесине перед склеиванием представлены в ГОСТ, следует отметить, что главным из показателей древесины является ее плотность, которая существенно влияет на прочность клеевого соединения и не регламентируется документами.

Клей. Для производства клееных материалов из древесины используются клеевые составы, применением зависит от функционального назначения ККД.

Применение в качестве клеящего состава на основе резорцино- и феноло-резорциноформаль-дегидных, феноло- и карбамидоформальдегидных клеях изучены достаточно полно, что нашло отражение в статьях различных авторов по соответствующим направлениям.

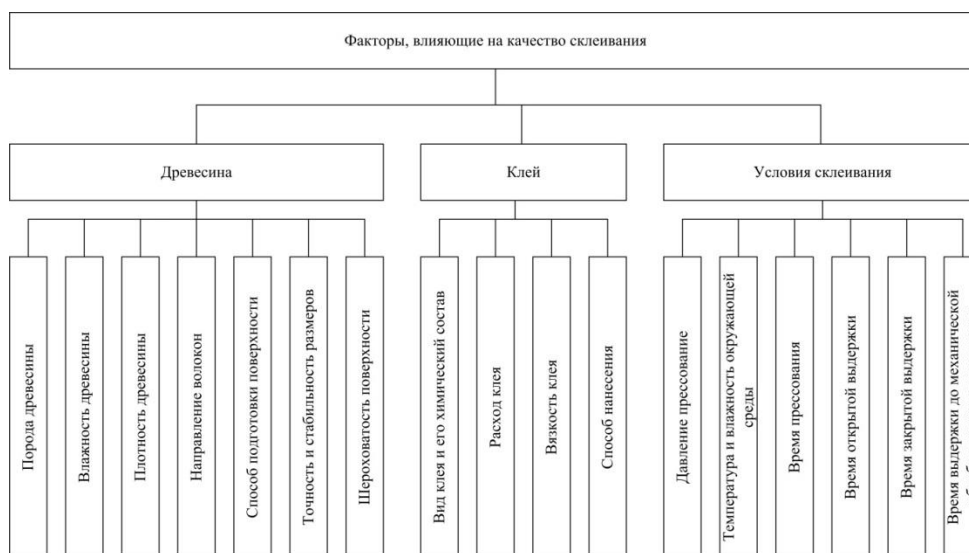


Рисунок 1. Классификация факторов, влияющих на качество склеивания.

В последнее время одним из направлений исследований было изучение влияния поливинилацетатных клеев на качество клееных брусков для оконных блоков. Одним из наиболее распространенных в СЗ Федеральном округе нашей страны клеев этой группы является «Клебит 303.0». Главными отличительными показателями клеевых составов ПВА группы является их эластичность и химическая стойкость, но при этом невысокая теплостойкость и прочее.

Показатель расхода клея устанавливается производителями и устанавливается в достаточно большом диапазоне. Диапазоны расхода клея в основном зависят от таких параметров как: порода древесины, условия склеивания, качество подготовки поверхности и прочее. На основании этого рекомендуется для каждого типа клеевого состава опытным путем на производстве ККД устанавливать расход.

Способ нанесения. В зависимости от типа применяемого клеевого состава разделяют нанесение в виде смеси, что характерно в первую очередь для таких групп клеев как - ФФ, ФРФ, АП, ЭПИ, ПВА; отдельное нанесение компонентов клея – для групп ФРФ и АП; однокомпонентное нанесение – ПУ и ПВА.

Условия склеивания.

Производителями клеев в основном задаются условия склеивания и зависят от типа применяемого клея и его особенностей.

В диапазоне от 0,6 до 1,0 МПа находится давление прессования, такой показатель необходим для обеспечения плотного контакта между склеиваемыми поверхностями. Также следует учесть и то, что рациональное давление зависит от породы древесины, условий

протекания процесса склеивания и прочее, поэтому параметр давление прессования лучше устанавливать опытным путем в конкретных условиях производства.

На скорость отверждения клеевого состава оказывают влияние такие показатели как - условия окружающей среды, температура и влажность воздуха. Так при повышении температуры и влажности воздуха время выдержки ламелей без приложения давления (открытая или закрытая выдержки) уменьшается, а при понижении этих параметров – соответственно увеличивается. На основании нормативной документации, минимальное значение температуры в производственном помещении не ниже 15 °С, влажность воздуха 40 - 75 %. В помещении, где происходит отверждение клеевого слоя температура составляет выше 18 °С, а влажность воздуха не ниже 30 %. Некоторые производители клеевых составов заявляют о возможности их продуктов склеивать цельную древесину при температуре окружающего воздуха 5 °С.

В диапазоне от 20 мин до 6 часов варьируется время прессования или время выдержки пакета ламелей под давлением, этот показатель зависит от химического состава клея, наличием и соотношением отвердителя, условиями окружающей среды и прочее.

Выдержка без приложения давления бывает двух типов - открытой и закрытой. Открытая выдержка это период от момента нанесения клеевого состава на поверхность древесной ламели до её соприкосновения со склеиваемой поверхностью. Закрытая выдержка это период от момента соприкосновения со склеиваемой поверхностью до момента приложения давления прессования. Время открытых и закрытых выдержек отличается, и зависит от типа применяемого клея, наличием отвердителя, его соотношением, способа нанесения клея, особенностей химического состава и прочее. В основном не превышает 30 минут.

Продолжительность выдержки после склеивания древесных слоев до механической обработки материала необходима в первую очередь для достижения прочности клеевых швов, обеспечивающих возможность последующей механической обработки без разрушения. Время выдержки для зубчатых соединений примерно составляет не менее 3 часов, а при склеивании по пласти древесины – не менее 24 часов.

\*\*\*

1. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНИКА, 2022 г. – 118 с.
2. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
3. Чубинский А.Н. Древесина в строительстве: достоинства и недостатки. Леса России: политика, промышленность, наука, образование. СПб.: СПбГЛТУ. 2018 – с.244-246

**Федяев А.А., Санжара А.Е.**

**Методы оценки качества клеевых соединений из древесины**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-444

#### **Аннотация**

В статье приведен анализ возможных методов оценки клеевых соединений из древесины. Представлена классификация и характеристика разрушающих методов контроля (водостойкость, прочность при скалывании и расслаивании, стойкости к циклическим испытаниям и т.д.), а также неразрушающих методов на основе рентгенографии, дефектоскопии на основе ионизирующего излучения, ультразвука.

**Ключевые слова:** разрушающие методы контроля, неразрушающие методы контроля, рентгенография, ионизирующее излучение, ультразвуковая дефектоскопия, клеевые соединения древесины.

### Abstract

The article provides an analysis of possible methods for assessing adhesive joints made of wood. The classification and characteristics of destructive testing methods (water resistance, shear and delamination strength, resistance to cyclic testing, etc.) and non-destructive methods based on radiography, flaw detection based on ionizing radiation, and ultrasound are presented.

**Keywords:** destructive testing methods, non-destructive testing methods, radiography, ionizing radiation, ultrasonic flaw detection, adhesive joints of wood.

К клееным конструкциям из древесины (ККД) в зависимости от их функционального назначения предъявляются различные требования, в частности: по их прочности клеевого соединения, по водостойкости, по атмосферостойкости и прочее. Так например, для ККД с последующим применением в различных столярно-строительных изделиях требования будут более щадящие, чем для ККД, которое применяется для несущих конструкций. ККД для несущих конструкций несут значительные нагрузки в процессе эксплуатации, что определяет необходимость постоянного контроля качества изготовления строительных элементов, оперативного реагирования при выявлении отклонения от технологии, дефектов обработки, обнаружения мест с непроклеенным швом и прочее. Главной актуальной задачей в этой области исследование является возможность прогнозирования прочности клеевых соединений на стадии сортировки сырья перед непосредственным склеиванием древесины. На наш взгляд, методы контроля качества клеевых соединений, условно можно поделить на две группы, рис. 1: разрушающие и неразрушающие методы контроля.



Рисунок 1. Классификация методов контроля качества склеивания.

Распространение и развитие разрушающих методов контроля получило за счет относительной простоты в реализации и невысокие материальные затраты. Такого типа методы позволяют получить статистический набор результатов и оценки свойств клеевых материалов посредством случайной выборки образцов. Использование методов неразрушающего контроля позволит выполнять контроль всех изготавливаемых материалов как на стадии сортировки перед склеиванием, так и готовой продукции, причем в режиме реального времени.

Разрушающие методы контроля качества клеевых соединений. ГОСТы 17005, 15613.1, 25884, 27812 и 17580 – это основные документы, которые регламентируют оценку качества клеевых соединений и проведения испытаний. Стоит отметить, что образцы для испытаний изготавливают из вырезанных из клееных элементов сортиментов, которые в дальнейшем в соответствии с методикой разрушают в специальных установках и приборах. О качестве

готовой продукции судят по характеристикам отдельных образцов, которые могут показывать как более высокие характеристики продукции, так и наоборот от партии.

Производить оценку качества клеевых соединений необходимо на образцах, которые отличаются размерами: малые, средние и крупные. При проведении научно-исследовательских работ чаще всего применяют малые образцы. В такого типа образцах не допустимо наличие видимых пороков или дефектов, они имеют относительно небольшую площадь разрушения, которая, например, при испытании на скалывание имеет размер  $6 \text{ см}^2$ , растяжении  $0,8 \text{ см}^2$  и прочее. Согласно ГОСТ 15613.1 проводят испытания малых образцов. Средние образцы (размер которых равен или приближен к ширине клееного материала) применяют при проведении испытаний в производственных условиях. Такого типа можно изготавливать с допустимыми в ККД пороками и дефектами. Главная задача проведения такого типа испытаний – это проверка заданных параметров процесса производства ККД. Согласно ГОСТ 25884 выполняют испытания средних образцов. Крупные образцы (моделирующие клееные конструкции) применяют для уточнения или контроля данных, полученных на других образцах.

Для приобретения древесиной равномерной влажности образцы перед проведением испытания необходимо выдержать при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и при относительной влажности воздуха  $65 \pm 5 \%$ . Малые и средние образцы можно испытывать по истечению 3 суток, а крупные только через 5 – 7 суток.

Главными преимуществами разрушающих методов контроля являются – минимальные материальные затраты и относительная простота реализации.

Главными недостатками являются - отсутствие возможности проведения испытания (разрушающим методом) в режиме реального времени, все испытания проводятся спустя не менее чем 72 ч. Если в технологическом процессе произойдет сбой или отклонение, то сразу определить это будет невозможно; также нельзя спрогнозировать качество склеивания материалов на стадии сортировки пиломатериалов из древесины. В процессе выполнения испытаний методом разрушающего контроля все образцы отбираются случайной выборкой из партии, без проведения контроля качества продукции сплошным потоком. Места с дефектами могут быть расположены в различных местах, и они могут быть не выявлены при проведении контроля качества продукции. На рис. 2 в качестве наглядного примера представлен срез ККД с дефектами на расстоянии 0,5 м от торца изделия, при этом до раскрытия клееного бруса эти дефекты были не видны.

По внешнему виду изделия места с дефектами не видны, но внутри ККД имеются дефекты, которые в процессе эксплуатации будут приводить к постепенному разрушению продукта и снижению прочностных показателей. На рис. 2 наблюдается и растрескивание древесины, и дефект клеевого соединения. Факторы, которые повлияли на образование дефектов, рис. 2: нарушение технологии гидротермической обработки древесины, условия хранения пиломатериалов перед склеиванием, механическая обработка и прочее. Методами разрушающего контроля выявить место и наличие такого рода дефектов в готовой ККД не представляется возможным.



Рисунок 2. ККД с внутренними невидимыми дефектами.

### Неразрушающие методы контроля качества склеивания

Дефектоскопия методом рентгенографии. Излучение высокой частоты с короткими длинами волн, которые возникают при воздействии на вещество потоком электронов называется излучением рентгеновскими лучами. Данный тип дефектоскопии основан на поглощении рентгеновских лучей, которые непосредственно зависят от плотности среды и атомного номера элементов, которые образуют эту среду. Принцип проведения неразрушающего метода контроля при помощи рентгенографии: заключается в облучении материала рентгеновскими лучами на регистраторе (фотоплёнке), и далее проявления изображения с равномерным фоном распределения плотности облучаемого материала, этот момент свидетельствует о том, что дефекты отсутствуют. Регистратор получает большее количество рентгеновских лучей именно в тех местах, где менее плотный облучаемый материал, и соответственно появление на рентгеновской плёнке более темных пятен говорит о менее плотном материале. Наличие светлых пятен на фотоплёнке свидетельствует о наименьшей энергии, дошедшей до нее, что показывает на более плотный в указанном месте материал. Таким методом определяются места с дефектами в готовой продукции. Этот метод наиболее распространен в медицинской практике и дефектоскопии различных металлов.

Дефектоскопия при помощи ионизирующего излучения. Принцип проведения неразрушающего метода контроля при помощи ионизирующего излучения: основан на регистрации поглощения и рассеивания проходящего через материал ионизирующего излучения. В ходе проведения исследования по такому способу можно обнаружить неоднородность по структуре и составу исследуемого объекта.

Ультразвуковая дефектоскопия. Принцип проведения неразрушающего метода контроля при помощи ультразвуковой дефектоскопии: заключается в поиске дефектных мест в материале при помощи ультразвуковых излучений, а именно путем излучения и принятия ультразвуковых колебаний, с дальнейшим анализом волн: амплитуды, формы, времени прихода и прочее. Если материал однороден по своей структуре, то звуковые волны не изменяют своей траектории движения. Если акустическая волна проходит в среде с различными удельными акустическими сопротивлениями, то волна отражается и возвращается к дефектоскопу.

\*\*\*

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
2. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНИКА, 2022 г. – 118 с.

### Федяев А.А., Семенов Я.Я.

#### Анализ теплопотерь различных видов оконных блоков

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-445

#### Аннотация

В статье приведен анализ возможных источников потерь тепловой энергии светопрозрачных ограждающих конструкций (оконных блоков). Представлены термоснимки различных видов ограждающих конструкций с оценкой и характеристикой зон потери тепловой энергии. Результаты тепловой диагностики могут быть использованы как для определения зон инфильтрации холодного воздуха, так и при проектировании размерно-качественных характеристик ограждающих конструкций.

**Ключевые слова:** оконные блоки, цельная древесина, светопрозрачные ограждающие конструкции, тепловидение, потери тепловой энергии.

#### Abstract

The article presents an analysis of possible sources of heat loss of translucent enclosing structures (window units). Thermal images of various types of enclosing structures with an assessment and characterization of heat loss zones are presented. The results of thermal diagnostics can be used

both to determine cold air infiltration zones and in designing the dimensional and qualitative characteristics of enclosing structures.

**Keywords:** window units, solid wood, translucent enclosing structures, thermal imaging, heat loss.

В последнее время отмечается высокий рост строительства зданий и сооружений административного, муниципального назначения, а также увеличение роста возведения многоквартирных и индивидуальных домов для проживания населения, проведение реконструкций зданий как аварийного типа, так и плановых ремонтов. Все эти моменты требуют не только обоснованного выбора светопрозрачных ограждающих конструкций с экономической точки зрения, но и с учетом энергоэффективности отдельных элементов конструкций и материалов, из которых они выполнены. Согласно существующим требованиям по температурному перепаду между температурой воздуха внутри помещения и на поверхности ограждающей конструкции должна отличаться не более, чем в 4 оС. Наиболее распространенными ограждающими конструкциями, которые применяются на всех объектах жилого и нежилого фондов являются светопрозрачные ограждающие конструкции (оконные блоки). Именно через элементы зданий и сооружений наблюдаются основные тепловые потери энергии. Тепловые потери такого типа могут быть из-за нарушения технологий монтажа элементов светопрозрачных ограждающих конструкций, рис. 1. Также необоснованный выбор толщины элементов оконных блоков может приводить к снижению их энергоэффективности в процессе эксплуатации, это может приводить не только к снижению температуры на поверхности ограждающей конструкции внутри помещения, но и к промерзанию элементов, рис. 2.



Рисунок 1. Примеры нарушений технологий монтажа оконных блоков:  
1, 2 – отсутствие монтажной пены.

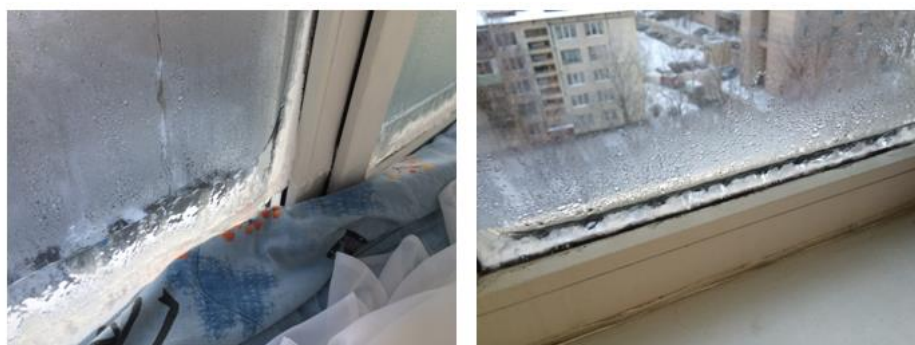


Рисунок 2. Пример промерзания оконных блоков вследствие необоснованного выбора энергоэффективных толщин элементов этих конструкций.

На рынке строительных элементов, в частности оконных блоков в настоящее время существует большой выбор различных типов оконных блоков, которые в свою очередь будут отличаться по виду используемых материалов, эксплуатационным характеристикам, заполнению конструкций прозрачной части оконного элемента, назначению, и др.

Основные материалы из которых могут быть изготовлены створки и коробки оконных блоков - это древесина, поливинилхлорид, алюминиевые сплавы, сталь, стеклопластик, а также используются комбинированные материалы, например, деревоалюминия, деревополивинилхлорида, древесных композиционных материалов и прочее. На практике строительства светопрозрачные ограждающие конструкции устанавливают в основном с толщиной элементов из цельной древесины от 40 мм, для временных сооружений, до 110 мм, для жилых помещений. Заполняют светопрозрачную часть оконного блока чаще всего листовым заполнением, со стеклопакетами различного типа и количества камер, а также комбинированные с листовым заполнением и стеклопакетом.

На основании анализа литературных источников проводили оценку тепловых потерь зданий из различных ограждающих конструкций, использовали также термоснимки различных объектов домов. При выполнении обследования наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений, определяли тепловыделения непосредственно через ограждающие конструкции, угловые стыки, места установки радиаторов, оконные проемы, примеры полученных термоснимков представлены рис. 3.

Из представленных на рисунках термограмм видно, что при температуре наружного воздуха -15 оС и температуре внутри помещений около 23 °С, основные и значительные потери тепловой энергии наблюдаются через светопрозрачные ограждающие конструкции. Следует отметить и то, что также наблюдаются потери тепловой энергии через угловые стыки и дефектные места в стеновых элементах домов, вследствие нарушения технологий изготовления и монтажа ограждающих конструкций зданий и сооружений.

На рис. 4 представлены тепловизионные изображения стен, стыков, оконных рам.

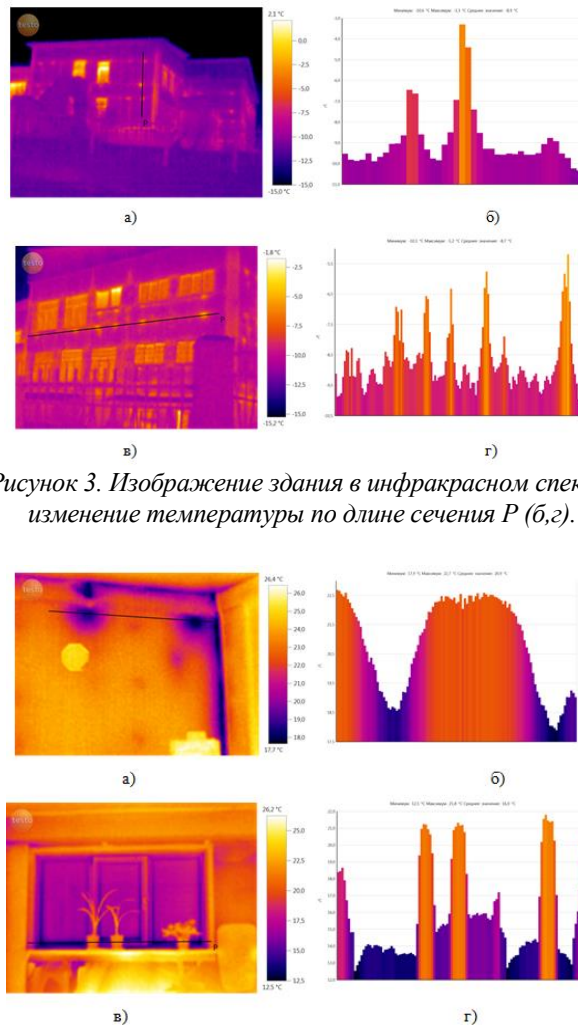


Рисунок 3. Изображение здания в инфракрасном спектре (а, в), изменение температуры по длине сечения Р (б,г).

Рисунок 4. Изображение объектов (а,в) в инфракрасном спектре и изменение температуры по длине сечения Р: б – стена; г – деревянный оконный блок.

Анализируя термограммы внутренних ограждающих стеновых элементов видно, что температура на поверхностях внутренних стеновых элементов опускается ниже  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура внутри помещения не ниже  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В этих условиях температурный перепад составляет больше  $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  по отношению температуры указанных выше участков стен к температуре внутреннего воздуха ( $\Delta t$ ). При более холодных климатических условиях температурный перепад существенно увеличится, и это спровоцирует промерзание стен, углов, стыков стен и потолков и значительно понизит температуру внутреннего воздуха в помещении. Для административных и муниципальных зданий температурный перепад на ограждающей конструкции не должен превышать  $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Отметим и то, что инфильтрация холодного наружного воздуха происходит в основном через деревянные оконные блоки (светопрозрачные ограждающие конструкции) из-за недостаточного изоляционного слоя (монтажной пены) между рамой и оконным блоком (откосы, подоконник) и неправильной регулировки запорной арматуры (через уплотнительную резину).

На внутренней стороне ограждающей конструкций можно увидеть так называемые «мостики холода», рис. 5. При этом температура на концевых радиаторах не превышает  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что свидетельствует о недостаточной циркуляции теплоносителя и пониженной температуре в отапливаемых помещениях.

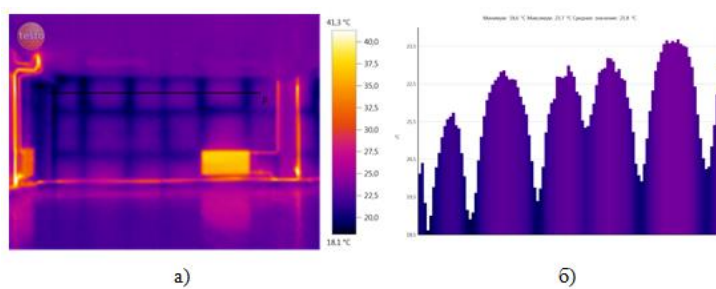


Рисунок 5. Изображение внутреннего помещения в инфракрасном спектре (а) и изменение температуры по длине сечения Р (б).

По результатам выполненного обследования можно сделать следующие выводы.

1. Распределение температурного поля на поверхности наружной ограждающей конструкции здания неравномерное, в отдельных зонах присутствуют существенные утечки тепловой энергии, что может быть связано с частичным нарушением целостности ограждающих конструкций. На концевых стояках приборы отопления имеют пониженную температуру, что вызвано ошибками теплотехнических расчетов системы отопления.
2. Выполненные обследования показали, что ограждающие конструкции в процессе их изготовления, монтажа и эксплуатации могут иметь значительные потери тепловой энергии. Учитывая высокие теплоизоляционные свойства древесины, потери тепловой энергии в зависимости от различных вариантов исполнений ограждающих конструкций могут существенно отличаться от потерь, характерных для других материалов и изделий, соответственно требуются проведения дополнительных исследований в этой области.

\*\*\*

1. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяева Н.Ю. Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212, СПб.: СПбГЛТУ, 2015 – с. 198 – 210.
2. Федяев А.А., Федяева Н.Ю., Федяев А.А. Тепловизионное обследование элементов деревянных домов. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки: 1 т. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016, с. 51 – 53.
3. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНИКА, 2022 г. – 118 с.

Федяев А.А., Семенов Я.Я.

**Выбор энергоэффективных деревянных оконных блоков методом тепловидения**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-446

**Аннотация**

Работа направлена на обоснование выбора энергоэффективных деревянных ограждающих конструкций на основе тепловизионной диагностики. Исследования были проведены для светопрозрачных ограждающих конструкций из цельной древесины сосны для различных климатических условий в диапазоне температур от -25 °С до 5 °С.

**Ключевые слова:** оконные блоки; брус; цельная древесина; стена; деревянные дома заводского изготовления; тепловизор; энергоэффективность; тепловые потери.

**Abstract**

The work is aimed at substantiating the selection of energy-efficient wooden enclosing structures based on thermal imaging diagnostics. The studies were conducted for translucent enclosing structures made of solid pine wood for various climatic conditions in the temperature range from -25 °C to 5 °C.

**Keywords:** window units; timber; solid wood; wall; prefabricated wooden houses; thermal imager; energy efficiency; heat loss.

Решение жилищного вопроса является одной из актуальных задач нашей страны. Высокие объемы аварийного и ветхого жилья, необходимость немедленного возведения жилищных секторов, например, в случаях чрезвычайных ситуаций (ЧС), таких как размещение беженцев, при стихийных бедствиях и др., требуют обоснованного подхода к выбору строительных материалов и конструкционных элементов. Материалы для возведения жилых домов должны быть на основе возобновляемых ресурсов и обладать такими качествами, как прочность, жесткость, невысокая конечная стоимость, тепло- и энергоэффективность и др. Этим требованиям удовлетворяет, в частности, древесина и материалы на ее основе.

Использование древесины при возведении жилых домов возможно как в качестве основного строительного материала для стеновых элементов, так и для светопрозрачных ограждающих конструкций, элементов крыш, полов, декора и т.п. Древесина и материалы на ее основе для изготовления деревянных домов обладают рядом преимуществ по сравнению с недревесными товарами-заменителями, такими как: экологичность; относительно невысокая стоимость их изготовления и монтажа; теплоемкость; шумоизоляция и др.

Существующие расчётные методы оценки энергоэффективности различных видов ограждающих конструкций можно использовать для определения усредненных тепловых свойств различных материалов. Оценка тепловых потерь по стандартным методикам нередко не учитывает особенности изготовления различных конструкций, их монтажа и условий эксплуатации, характеристики материалов. Кроме того, высока вероятность ошибки в оценке энергоэффективности конструкций, выполненной по стандартным методикам с использованием обобщенной справочной информации, не учитывающей реальные тепловые свойства и размеры древесины. Поэтому, обоснование размеров элементов эффективных ограждающих конструкций деревянных домов заводского изготовления с использованием тепловизионной диагностики для снижения потерь энергии через ограждающие конструкции представляется актуальным.

Тепловизионные исследования светопрозрачных ограждающих конструкций из цельной древесины сосны выполнены для жилых помещений. Рекомендации по климатическим условиям эксплуатации жилых помещений принимались на основе СП 131.13330.2012

«Строительная климатология». Плотность древесины сосны с учетом её эксплуатационной влажности при исследованиях была принята на уровне среднего значения.

Для исключения влияния случайных факторов внутреннего строения элементов ограждающих деревянных конструкций потери тепловой энергии определялись в бездефектных зонах. Далее расчет энергоэффективности режимов работы светопрозрачных ограждающих конструкций был выполнен по площади элементов створок с последующим пересчетом на  $1 \text{ м}^2$ , бездефектных зон.

Как показали результаты анализа полученных термограмм - теплоизоляционные характеристики элементов стен, рам и створок ограждающих конструкций во многом не всегда соответствуют известным требованиям нормативных документов по температурному перепаду ( $\Delta t$ ) между температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающих конструкций. Так, в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», отмеченный температурный перепад не должен превышать  $4 \text{ оС}$ .

На основании полученных экспериментальных данных выполнен сравнительный анализ максимально допустимых потерь тепловой энергии через створки деревянных светопрозрачных ограждающих конструкций с фактическими потерями. Для исключения влияния отдельных локальных дефектов, полученных при монтаже конструкций, расчет проводился без учета влияния потерь теплоты, в частности, через монтажный слой между ограждающей стеной и светопрозрачной ограждающей конструкцией. Определение величины тепловых потерь выполнено при условии максимально допустимых отклонений температур внутреннего воздуха и температур поверхностей элементов ограждающих конструкций (регламентированных соответствующими нормативными документами) и фактическими потерями.

На рис. 1. показаны характерные зависимости влияния температуры наружного воздуха на потери тепловой энергии через элементы створок светопрозрачных ограждающих конструкций различных толщин на  $1 \text{ м}^2$  площади, в частности, оконных блоков.

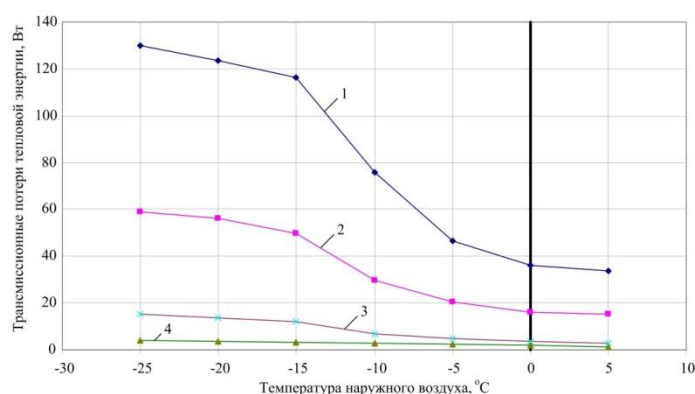


Рисунок 1. Зависимости влияния температуры наружного воздуха на трансмиссионные потери тепловой энергии элементов створок оконных блоков различных толщин на  $1 \text{ м}^2$  их площади при толщине створок: 1 – 40 мм; 2 – 50 мм; 3 – 72 мм; 4 – 110 мм.

По результатам экспериментальных исследований было отмечено, что промерзание оконных блоков при толщине 40 мм наступает в диапазоне температур от  $-15 \text{ оС}$  до  $-10 \text{ оС}$ , а при толщине 50 мм – от  $-20 \text{ оС}$  до  $-15 \text{ оС}$ . Для данных толщин створок фактические потери тепловой энергии выше максимально допустимых при всех исследованных в работе диапазонах температур наружного воздуха. Толщину створок 72 мм целесообразно использовать в тех регионах, где температура наружного воздуха не опускается ниже  $-12,7 \text{ оС}$ . При толщине деталей створки 110 мм, фактические трансмиссионные потери тепловой энергии не превышают их максимально допустимого значения в исследуемом диапазоне температур наружного воздуха.

Зависимость влияния температуры наружного воздуха на величину потерь тепловой энергии от может быть представлена уравнениями (1-4):

$$Q_{40}^{\Phi} = 0,0127 \cdot t_{н.в.}^2 - 3,5509 \cdot t_{н.в.} + 42,23 \quad (1)$$

$$Q_{50}^{\Phi} = 0,0203 \cdot t_{н.в.}^2 - 1,3146 \cdot t_{н.в.} + 18,034 \quad (2)$$

$$Q_{72}^{\Phi} = 0,0052 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,356 \cdot t_{н.в.} + 3,8929 \quad (3)$$

$$Q_{110}^{\Phi} = -0,0857 \cdot t_{н.в.} + 1,9384 \quad (4)$$

где  $Q_{40}^{\Phi}$ ,  $Q_{50}^{\Phi}$ ,  $Q_{72}^{\Phi}$ ,  $Q_{110}^{\Phi}$  – трансмиссионные потери тепловой энергии через элементы створок светопрозрачных ограждающих конструкций на 1 м<sup>2</sup> при их толщине 40, 50, 72 и 110 мм соответственно, Вт;

$t_{н.в.}$  – температура наружного воздуха, °С,  $-25 \leq t_{н.в.} \leq 5$ .

На основании результатов проведенных экспериментов, с учетом максимально допустимых трансмиссионных потерь тепловой энергии можно определить для каждой из исследованных температурных зон толщину, обеспечивающую практическую энергоэффективность конструкции в целом. Зависимость трансмиссионных потерь тепловой энергии от толщины деталей створок оконных блоков при различной температуре наружного воздуха представлена на рис. 2. Анализируя полученные зависимости, можно отметить, что при температуре наружного воздуха  $-15$  °С и ниже использование деталей створок оконных блоков толщиной менее 80 мм не обеспечивает требуемую тепловую защиту помещений, при температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки не ниже  $-10$  °С, рекомендуемое значение толщины элементов оконных блоков не превышает 70 мм.

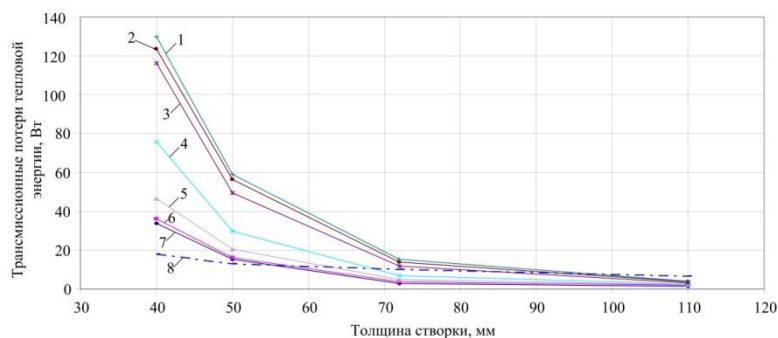


Рисунок 2. Зависимость трансмиссионных потерь тепловой энергии от толщины створок оконных блоков на 1 м<sup>2</sup> их площади при различной температуре наружного воздуха: 1 –  $-25$  °С; 2 –  $-20$  °С; 3 –  $-15$  °С; 4 –  $-10$  °С; 5 –  $-5$  °С; 6 –  $0$  °С; 7 –  $5$  °С; 8 – максимально допустимые трансмиссионные потери тепловой энергии при соответствующей толщине створки.

Таким образом, можно сделать вывод, что толщина створок, обеспечивающая энергоэффективность здания в климатической зоне с температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки от плюс  $5$  °С до минус  $25$  °С, находится в диапазоне от 57 до 97 мм. Для зданий, к примеру, эксплуатируемых в Санкт-Петербурге, рекомендуемая толщина створки должна быть не менее 97 мм.

\*\*\*

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
2. Ермолина А.В., Миронов П.В. Получение и свойства теплоизоляционного материала на основе вторичной волокнистой массы. ИВУЗ. «Лесной журнал». Архангельск, 2011. № 4, с. 109 – 114.
3. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНИКА, 2022 г. – 118 с.

Федяев А.А., Федяева Н.Ю.

Анализ тепловых потерь домов из цельного бруса

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-447

**Аннотация**

В работе представлены результаты оценки теплопотерь деревянных домов. Результаты исследований показывают зависимости потерь теплоэнергии для оконных блоков и стен из цельной древесины различной толщины.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, тепловая защита зданий, цельная древесина, деревянные дома.

**Abstract**

The paper presents the results of estimation of heat losses of wooden houses. The research results show the dependences of heat losses for window blocks and solid wood walls of different thicknesses.

**Keywords:** energy efficiency, thermal protection of buildings, solid wood, wooden houses.

Вопрос об энергосбережении зданий и сооружений с каждым годом становится все более актуальным. Это связано в первую очередь с тем, что достаточно высокие стоимости на энергию, дефицит ресурсов, а также негативное влияние вредных выбросов в окружающую среду от процессов производства и прочее. В нашей стране и в большинстве стран мира основное потребление энергии приходится на сектор ЖКХ. В нашей стране эта область потребляет около половины всех топливных и энергетических ресурсов. Это обусловлено тем, что почти у всех сооружений и зданий, а именно у их ограждающих конструкций нет возможности в полном объеме удерживать тепловую энергию. К таким объектам относятся не только старые малоэтажные и многоэтажные постройки, у которых уровень тепловой защиты минимально допустимый. Такие же проблемы есть и у современных зданий и сооружений, в строительстве которых применяются передовые теплоизоляционные материалы и конструктивные решения. Это в значительной степени связано с отклонениями от стандартных требований строительной документации и наличием конструктивных и технологических дефектов возведения стеновых элементов. К основным источникам теплопотерь относят светопрозрачные ограждающие конструкции (в первую очередь оконные блоки) и стены. В последнее время одним из распространенных исследований на теплопотери стало тепловизионное обследование объектов, в частности их ограждающих конструкций – как стеновых, так и светопрозрачных.

Конструкции домов перед проведением обследования необходимо сфотографировать. Для выполнения термофотографирования используется тепловизор Testo 875 – 2i. В процессе проведения обследования следует соблюдать следующие условия окружающей среды: температура наружного воздуха –  $0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , его относительная влажность –  $60 \pm 5\%$ , скорости движения воздуха –  $1 \pm 0,5$  м/с; температура ( $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ) и влажность ( $55 \pm 5\%$ ) воздуха внутри помещений. Погодные условия в период проведения инструментальной диагностики удовлетворяли требованиям «Методики проведения теплотехнического обследования ограждающих конструкций здания».

На рис. 1 можно увидеть пример наружной съемки дома заводского изготовления из дерева в инфракрасном и натуральном спектрах.

На рис. 2 приведены полученные на основе тепловизионного обследования результаты теплопотерь деревянных ограждающих конструкций на  $1\text{ м}^2$  их площади, когда температура наружного воздуха составляет  $0^\circ\text{C}$ .

Выполненные результаты расчетов показали относительно трансмиссионных потерь теплоэнергии, что когда толщина створок ограждающей светопрозрачной конструкции из древесины составляет 110 мм, фактические потери при температуре воздуха на улице выше  $0^\circ\text{C}$  более чем в 3 раза ниже допустимых. Это значит, что толщина элемента нерациональная – она

значительно превышена. Когда толщина оконной створки увеличивается с учетом климатических условий региона, приходится дополнительно выделять деньги не только на производство данного элемента, но и на дальнейшую оплату энергоносителей.

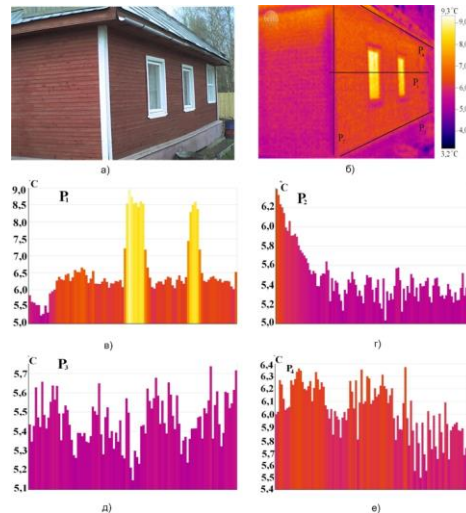


Рисунок 1. Заводской деревянный дом (а – в натуральном спектре, б – в ИК- спектре) и температурные диаграммы по длине соответствующего сечения: в – P1; г – P2; д – P3; е – P4.

Если используются относительно малые толщины оконных рам, не будет обеспечиваться необходимая энергоэффективность всего здания в целом. Стоит отметить, что при толщине створок в 40 и 50 мм допустимые трансмиссионные теплотери превышают нормативы более чем в 2 и 1,25 раза соответственно. Это значит, что на отопление жилого здания требуются дополнительные энергозатраты.

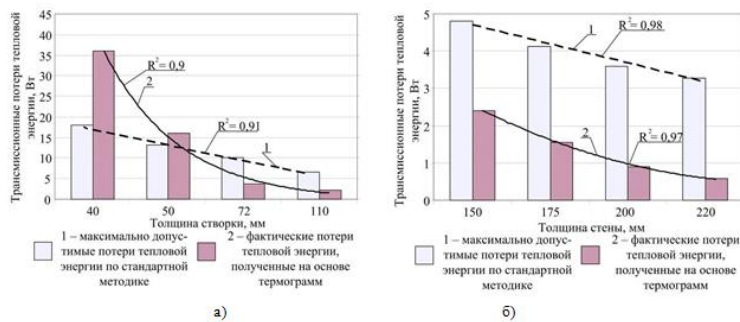


Рисунок 2. Показатели, полученные по итогам расчетов теплотерь деревянных ограждающих конструкций на  $1\text{ м}^2$  их площади: а – элементов створок оконных блоков; б – стеновых элементов.

С помощью уравнений опишем зависимость трансмиссионных теплотерь от толщины деревянных стен и створок оконных рам дома:

$$Q_{CT}^T = -0,145 \cdot h_{CT} + 22,18, \quad (1)$$

$$Q_{CT}^\Phi = 135,03 \cdot e^{-0,0379 \cdot h_{CT}}, \quad (2)$$

$$Q_C^T = -0,0218 \cdot h_C + 8,0051, \quad (3)$$

$$Q_C^\Phi = 0,0002 \cdot h_C^2 - 0,095 \cdot h_C + 12,502, \quad (4)$$

здесь  $Q_{CT}^T$  и  $Q_{CT}^\Phi$  – трансмиссионные теплотери (максимальные и фактические) через створки рам деревянных окон, Вт;  $h_{CT}$  – толщина оконных створок,  $40 \leq h_{CT} \leq 110$  мм; где  $Q_C^T$  и  $Q_C^\Phi$  – трансмиссионные теплотери (максимальные и фактические) через деревянные стены, Вт;  $h_C$  – толщина деревянных стен,  $150 \leq h_C \leq 220$  мм.

Произведенные расчеты относительно трансмиссионных теплотерь для цельнобрусковых стен показывают, что когда температура наружного воздуха держится на отметке выше  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , все фактические потери теплоэнергии через обследуемые стены указанной

толщины не превышают максимально возможных показателей. Это в целом свидетельствует о низких показателях теплопотерь через данные ограждающие элементы постройки. В то же время максимально допустимые теплопотери при толщине стен 150 и 220 мм составляли 2 и 5,74 раза. Это выше допустимых фактически показателей, что указывает на необоснованное увеличение рациональных толщин стеновых конструкций. Также здесь очевиден перерасход материалов для строительства деревянных домов в климатических условиях региона, где строения эксплуатируются при температуре воздуха на улице выше 0°C.

Выполненное обследование показывает, что на энергоэффективность зданий и сооружений влияют не только тип применяемого строительного материала, качество его изготовления, соблюдение технологий сборки стен, но и размерно-качественные характеристики строительного материала. Применять ограждающие конструкции различного вида, толщина которых значительно превышает максимально допустимые показатели, экономически невыгодно с точки зрения перерасхода сырья, энергии и трудовых ресурсов на их производство. В то же время слишком тонкие стены увеличивают расходы на отопление дома. Поэтому следует рационально и обоснованно подходить к расчетам толщины ограждающих конструкций и учитывать климатические условия региона, где будет эксплуатироваться дом. Данная задача в данный момент времени является крайне актуальной еще и потому, что толщины ограждающих конструкций также влияет на общую энергоэффективность здания.

\*\*\*

1. Федяев П.А., Федяев А.А., Федяева Е.С. Инструментальное определение теплопотерь теплотехнологическими установками. Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – Т. 2. – С. 53-58.
2. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяев П.А., Танковская Н.Ю. Обоснование необходимости проведения тепловизионного обследования конструкций и сооружений из древесины. Современные проблемы переработки древесины: материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014, с. 23 – 26.
3. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяева Н.Ю. Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212, СПб.: СПбГЛТУ, 2015 – с. 198 – 210.

**Федяев А.А., Федяева Н.Ю.**

### **Идентификация теплопотерь в местах стыков стен деревянных домов**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-448

#### **Аннотация**

Статья направлена на обоснование оценки тепловых потерь в местах соединения стеновых элементов деревянных домов. Выполненные снимки термофотографирования показывают распределение температурного поля, которое оценивалось с требованиями нормативных строительных документов. Выявлена разница температур воздуха внутри дома и в местах угловых соединений, этот показатель составил более чем 10°C в начальный отопительный период.

**Ключевые слова:** термофотографирование, тепловые потери, угловое соединение стен дома, деревянный дом, энергоэффективность.

#### **Abstract**

The article is aimed at substantiating the assessment of heat losses at the joints of wooden house wall elements. The thermophotography images show the distribution of the temperature field, which was assessed with the requirements of regulatory building documents. The difference in air temperature inside the house and at the corner joints was revealed; this figure was more than 10 °C during the initial heating period.

**Keywords:** thermal photography, heat losses, corner joint of house walls, wooden house, energy efficiency.

В последние годы строительная область начинает все более активно использовать натуральные материалы, такие как древесина и материалы на ее основе. Из древесины изготавливают не только стеновые элементы домов, а также ее используют для производства многих столярно-строительных изделий – дверные и оконные блоки, отделочные материалы, перекрытия полов и прочее. Стеновые элементы дома из древесного материала являются основными источниками потерь тепла, особенное внимание стоит уделить угловым соединениям. В работах /1-3/ представлены исследования, которые направлены на обоснование вида и толщины стенового элемента дома (ограждающей конструкции) на потери тепла. Одной из актуальных задач строительной области в настоящее время является определение показателя потерь тепловой энергии в зависимости от вида и типа углового соединения стен дома, а также влияние толщины стеновой конструкции. В процессе строительства стеновых элементов дома наиболее популярны следующие виды плотницких вязок, а именно: - с потайным косым шипом («ласточкин хвост»); - в лапу; - в чашу; - соединение крестовидное, с прямой накладкой; - с прямой ступенчатой накладкой; - соединение крестовидное в одно «гнездо» и прочее. Стоит отметить наиболее популярные в настоящее время соединения – с потайным косым шипом, в лапу и в чашу. Для определения и выявления всевозможных потерь тепла через стеновые элементы дома, а именно через угловые соединения, выполним исследование в жилом доме из профилированного бруса, который построен в Ленинградской области. Для отделки стен дома внутри использовались декоративные материалы. Угловое соединение стеновых элементов дома выполнено по типу вязки «в лапу». Обследование термофотографированием выполняли внутри дома. На основании проведенного обследования по определению потерь тепла через угловые соединения стен дома было выявлено, что не все элементы соответствуют нормативным требованиям строительной документации.

Обследование, для определения температуры на поверхности угловых соединений стен дома внутри помещения выполняли с использованием термофотографирования всех участков стыков стеновых элементов дома. Термофотографирование или тепловизионную съёмку выполняли последовательно, по ранее намеченным участкам стенового элемента дома. Тепловизионная съемка осуществлена на основании ГОСТ 25380-82 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции». На рис. 1 представлена инфракрасная съемка углового соединения потолка (место с обнаруженным тепловым дефектом). На рис. 2 представлена инфракрасная съемка участка углового соединения пола.

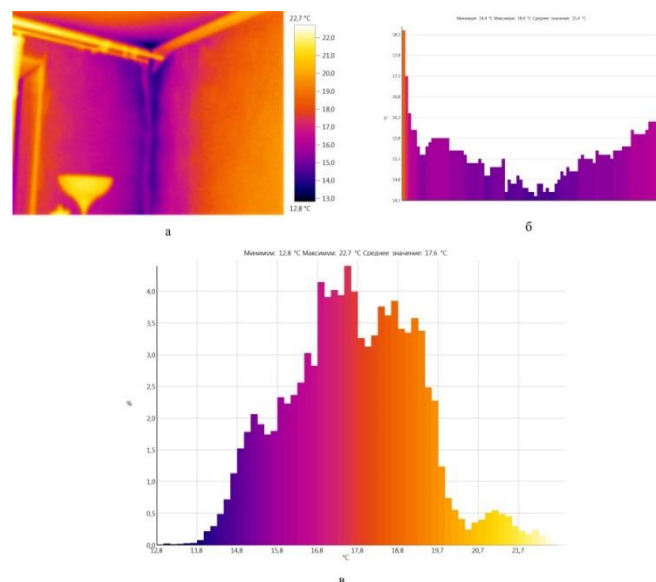


Рисунок 1. Результаты проведения термофотографирования углового соединения потолка:  
 а – инфракрасная съемка; б – распределение температурного профиля по длине соединения стены;  
 в – процентное распределение температурного профиля по всему инфракрасному спектру.

Полученные термограммы, записывались в память тепловизора Testo 875-2i. С целью правильного проведения обследования соблюдали следующие требования: условия окружающей среды температура наружного воздуха --  $0 \pm 0,50^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха --  $60 \pm 5\%$ , скорость движения воздуха --  $1 \pm 0,5$  м/с; температура внутри помещения --  $23 \pm 0,50^{\circ}\text{C}$  и влажность воздуха внутри помещения --  $55 \pm 5\%$ . Компьютерная программа «Testo» использовалась для обработки результатов обследования. Представленная температурная шкала, соответствует цветовой палитре любой отмеченной точке с указанием температур и разрезов по сечениям с полем распределения температур. Для определения и привязки мест, в которых присутствуют дефекты потерь тепла, для выполнения качественного анализа, помимо графиков распределения температурного профиля представлены фотографии самих обследуемых участков.

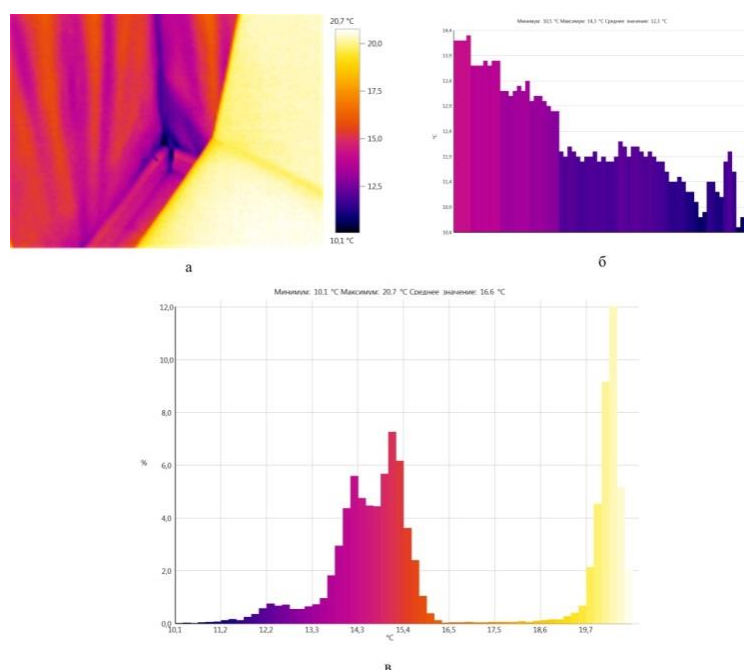


Рисунок 2. Результаты проведения термофотографирования углового соединения пола: а – инфракрасная съемка; б – распределение температурного профиля по длине соединения стены; в – процентное распределение температурного профиля по всему инфракрасному спектру.

На основании выполненного тепловизионного обследования получено, что теплоизоляционные характеристики угловых соединений стеновых элементов жилого дома не соответствуют требуемым нормам строительной документации, относительно перепада температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности стеновой конструкции ( $\Delta t$ ). Согласно нормам строительной документации показатель перепада не должен превышать  $4^{\circ}\text{C}$ . Анализируя снимки, выполненные в работе, температурный перепад в некоторых точках превышает  $10^{\circ}\text{C}$ .

Стоит отметить и тот момент, что в условиях отрицательных температур (зимнее время года), температура наружного воздуха будет намного ниже  $0^{\circ}\text{C}$  и соответственно температурный перепад ( $\Delta t$ ) увеличится намного больше, и, это может привести к понижению температуры воздуха внутри дома, к промерзанию стен в местах угловых соединений дома. Основными причинами, которые приводят к подобному явлению можно отнести: отклонения от формы и размеров бруса, нарушения технологии монтажа и сборки стеновых элементов, коробление соединительных элементов в процессе эксплуатации дома, формирование теплового замка ненадлежащей формы в угловых соединительных элементах. Причин

подобных нарушений может быть достаточно много, поэтому требуются дополнительные обследования, которые будут направлены непосредственно на определение вида, формы, размеров и соединения угловых элементов ограждающих конструкций дома, которые обеспечивают тепловую защиту всего жилого дома в целом.

\*\*\*

1. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяева Н.Ю. Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212, СПб.: СПбГЛТУ, 2015 – с. 198 – 210.
2. Федяева Н.Ю., Федяев А.А., Чубинский А.Н. Анализ тепловых потерь ограждающих элементов из древесины. Современные проблемы биологического и технического лесоведения: сборник I Международной научно-практической конференции (Йошкар-Ола, 20-23 сентября 2016 г.). – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016 г., с. 128 – 130.
3. Федяев А.А., Федяева Н.Ю., Федяев А.А. Тепловизионное обследование элементов деревянных домов. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки: 1 т. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016, с. 51 – 53.

**Федяев А.А., Федяева Н.Ю.**

### **Инфракрасная съемка элементов деревянных домов**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-449

#### **Аннотация**

Статья направлена на проведение оценки потерь тепловой энергии через стеновые элементы деревянных домов. Выполненные снимки термофотографирования показывают распределение температурного поля по всей поверхности стенового элемента, оценку потерь тепловой энергии проводили с учетом строительной документации. Результаты выполненного исследования показывают необходимость проведения теплотехнических расчетов стеновых элементов деревянных домов, а также стоит учитывать и светопрозрачные конструкции дома (оконные блоки).

**Ключевые слова:** потери тепловой энергии, энергоэффективность зданий, термофотографирование, стеновые элементы деревянного дома.

#### **Abstract**

The article is aimed at assessing thermal energy losses through wall elements of wooden houses. The completed thermal photography images show the distribution of the temperature field over the entire surface of the wall element, the assessment of thermal energy losses was carried out taking into account the construction documentation. The results of the study show the need for thermal engineering calculations of wall elements of wooden houses, and it is also worth considering the translucent structures of the house (window blocks).

**Keywords:** thermal energy losses, energy efficiency of buildings, thermal photography, wall elements of a wooden house.

Вопрос относительно энергосбережения зданий и сооружений в последнее время становится все более актуальным. Высокие стоимости на тепловую энергию, ограниченность ресурсов, отрицательное воздействие выбросов в окружающую среду от теплоносителей и прочие факторы являются основными причинами повышения актуальности вопроса об энергосбережении. Основным потребителем тепловой энергии являются жилищно-коммунальные хозяйства, которые потребляют от общего объема всех топливных ресурсов примерно половину. В нашей стране большое количество зданий, домов имеют стеновые

конструкции, которые не способны в полном объеме обеспечивать сохранность тепловой энергии внутри помещения. К этим зданиям и домам относятся не только старые постройки, как малоэтажные, так и многоэтажные, но и новые сооружения и здания, которые не способны удерживать допустимый уровень тепловой защиты. Это связано с тем, что многие современные конструктивные решения и теплоизоляционные материалы, имеют значительные отклонения от стандартных требований, в первую очередь такие нарушения вызваны - наличием конструктивных и технологических дефектов в процессе возведения домов, не соблюдения норм и требований строительной документации.

Известно, что энергоэффективность зданий и сооружений во многом зависит от ряда факторов, к которым относят климатические, морфометрические и ряд других. Энергоэффективность объектов во многом зависит и от свойств материалов, из которых изготовлены элементы ограждающих конструкций. Оценка фактических тепловых потерь через эти элементы с целью выполнения в последующем корректирующих расчётов может повысить не только энергоэффективность зданий и сооружений, но и снизить затраты на энергоносители, используемых в системах отопления.

На рис. 1 и 2 представлены наружные съемки деревянных домов в инфракрасных спектрах термофотографирования.

В начале проведения исследования при помощи тепловизора, необходимо выполнить фотографирование элемента дома, которое подлежит обследованию. В процессе проведения термофотографирования объекта следует придерживаться такие условий окружающей среды, как: температура наружного воздуха --  $0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха --  $60 \pm 5\%$ , скорости движения воздуха --  $1 \pm 0,5$  м/с; температура внутри помещения --  $23 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , влажность внутри помещения --  $55 \pm 5\%$ . Все требования применялись согласно «Методики проведения теплотехнического обследования ограждающих конструкций здания» /1/.

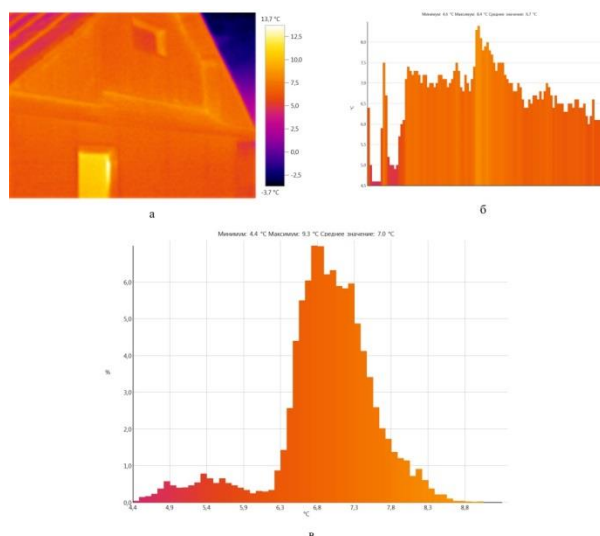


Рисунок 1. Результаты проведения термофотографирования ограждающих элементов деревянного дома: а – инфракрасная съемка; б – распределение температурного профиля по длине соединения стены; в – процентное распределение температурного профиля по всему инфракрасному изображению.

В память тепловизора Testo 875-2 выполнялась покадровая запись термограмм. Термофотографирование выполняли последовательно по намеченным ранее участкам обследуемого объекта. Полученные термограммы, для более наглядного представления распределения температуры на поверхности объекта обрабатывались в палитре 256 цветов, в специализированной компьютерной программе Testo. Показанная шкала температур, соответствует цветовой гамме точки с указанием температур и разрезов по сечениям с полем распределения температур.

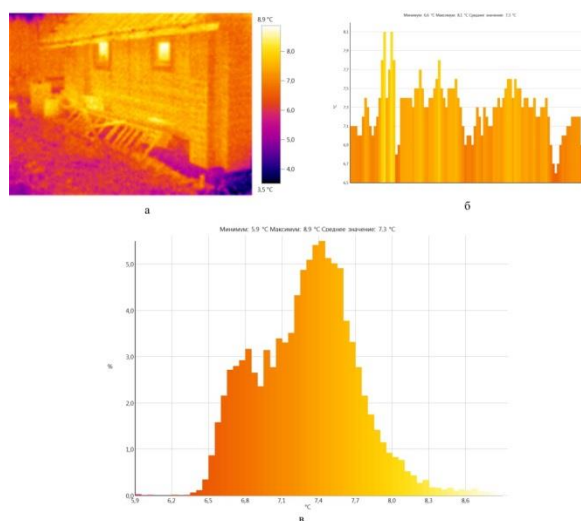


Рисунок 2. Результаты проведения термофотографирования ограждающих элементов деревянного дома: а – инфракрасная съемка; б – распределение температурного профиля по длине соединения стены; в – процентное распределение температурного профиля по всему инфракрасному изображению.

Перечень оборудования для проведения исследований: тепловизор Testo 875-2i, пирометр Testo 845, люксметр Testo 540, анемометр с крыльчаткой Testo 410-2, манометр абсолютного давления Testo 511, измеритель плотности тепловых потоков ИТП-МГ4.03/3 «ПОТОК»; комплект измерительных приборов для определения геометрических размеров с точностью измерения 1 мм.

Тепловизионная съемка осуществлена на основании ГОСТ 25380-82 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции». Перед началом измерений планируется проведение фотографирования участков конструкций, определение температуры, относительной влажности и скорости движения наружного воздуха. Термографирование ограждающих конструкций предполагается проводить с покадровой записью термограмм в память тепловизора Testo 875-2.

На основании проведенного обследования, выполненного по аналогии с /2, 3/ можно отметить, что потери тепловой энергии в большей степени происходят в стеновых элементах дома, а также в светопрозрачных конструкциях (оконные блоки). Перепады температур составляют более  $4^{\circ}\text{C}$ , т.е. отличие температуры на наружной поверхности стенового элемента дома и температуры наружного воздуха. Учитывая нормативные требования строительной документации перепад температур не должен превышать указанный показатель. Отметим и тот момент, что также большие потери тепловой энергии отмечаются в угловых соединениях стен дома, а также через чердачные и половые перекрытия. В холодное время года, а именно в зимние месяцы, через эти источники потерь тепловой энергии будут наблюдаться промерзания стеновых элементов, оконных блоков, чердачных и напольных перекрытий, и соответственно, потребуются дополнительные затраты на тепловые носители.

Проведенное обследование показывает необходимость выполнения различных теплотехнических расчетов стеновых элементов домов, в том числе светопрозрачных конструкций (оконных блоков). Следует учесть и целесообразным при подготовке опытных образцов проводить их реальные испытания с термофотографированием в регионе эксплуатации жилого здания.

\*\*\*

1. ГОСТ Р 54852-2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.
2. Федяев П.А., Федяев А.А., Федяева Е.С. Инструментальное определение тепловых потерь теплотехнологическими установками. Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – Т. 2. – С. 53-58.
3. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяев П.А., Танковская Н.Ю. Обоснование необходимости проведения тепловизионного обследования конструкций и сооружений из древесины. Современные проблемы переработки древесины: материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014, с. 23 – 26.

**Федяев А.А., Федяева Н.Ю.****Тепловизионная идентификация теплопотерь деревянных домов***Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-450

**Аннотация**

В настоящее время энергосбережение является одной из приоритетных задач страны. Снижение затрат энергии в промышленности и в быту может быть достигнуто различными методами, в том числе путём широкого применения в строительстве древесных материалов и конструкций. Результаты проведенных исследований позволили определить рациональные толщины стен для рассмотренных климатических зон, представить рекомендации для различных регионов. В частности, для климатических условий г. Санкт-Петербурга энергетически эффективная толщина стены – 202 мм.

**Ключевые слова:** оконные блоки; брус; цельная древесина; стена; деревянные дома заводского изготовления; тепловидение; энергетическая эффективность; тепловые потери.

**Abstract**

Currently, energy saving is one of the country's priority tasks. Reduction of energy costs in industry and everyday life can be achieved by various methods, including through the widespread use of wood materials and structures in construction. The results of the studies made it possible to determine rational wall thicknesses for the considered climatic zones, and to provide recommendations for various regions. In particular, for the climatic conditions of St. Petersburg, the energy-efficient wall thickness is 202 mm.

**Keywords:** window blocks; timber; solid wood; wall; factory-made wooden houses; thermal imaging; energy efficiency; heat loss.

В настоящее время развитие неразрушающих методов контроля материалов является актуальным. Один из таких методов – тепловизионное обследование. По получаемым изображениям в инфракрасном спектре возможно судить не только о потере тепла, но и идентифицировать скрытые дефектные места [1].

Рост потребления древесины в строительстве обеспечивается в том числе и её уникальными природными свойствами: высокой прочностью; способностью к воспроизводству; низкой энергоёмкостью добычи и обработки и другими [2].

На практике в строительстве толщина стен из цельной древесины в основном находится в диапазоне от 150 до 220 мм и зависит от региона и финансовых возможностей потребителя [3]. Существующие требования к толщине стен на основе нормативной документации, к примеру, СП 50.13330.2012, не представляются обоснованными: при требуемом сопротивлении теплопередаче материалов для г. Санкт-Петербурга 3,08 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, расчетная толщина стен для достижения этого показателя из цельной древесины составит более 277 мм (при коэффициенте теплопроводности для древесины сосны поперек волокон, равном 0,09 Вт/(м·°С) и выше в зависимости от условий эксплуатации). В то же время, для не древесных материалов этот показатель также не является обоснованным, к примеру, толщина стен из газобетона – свыше 600 мм, керамического кирпича – свыше 1600 мм. Следует уточнить, что для достижения требований СП 50.13330.2012 из цельного бруса сосны необходимо исходное сырьё диаметром от 350 до 460 мм, что в свою очередь ограничивает сырьевую базу для изготовления таких сечений бруса или требует использования клееного бруса, что значительно увеличит стоимость готовой продукции. Следует отметить, что использование цельного бруса подобных толщин имеет ряд недостатков: наличие скрытых дефектных мест, неравномерное

распределение влажности древесины после ее сушки, высокая вероятность коробления элементов стен и как следствие нарушение целостности готовой конструкции и т.д.

Тепловизионное исследование стен из древесины сосны выполнены для жилых помещений. При исследовании учитывали требования по климатическим условиям на основе СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Плотность древесины сосны с учетом её эксплуатационной влажности при исследованиях была принята на уровне среднего значения.

Определение толщин стен жилых зданий с учетом потерь тепловой энергии выполнено на основании обширных экспериментальных исследований в диапазоне изменения наружной температуры от +5 до -25оС.

При выполнении экспериментов выполнялись следующие условия:

- минимальное значение температурного диапазона соответствовало величине наиболее холодной пятидневки в году для выбранных регионов России;
- наибольшее значение исследуемого температурного диапазона соответствовало величине наиболее холодной пятидневки в году – для южных регионов, (например, Краснодарский край – город Сочи) с тем же уровнем вероятности.

Очевидно, что применяемая в работе методика исследований по температурным диапазонам в большей степени характерна для Северо-Западной, Центральной и Южной частей России.

На рис. 1 представлены снимки элементов объектов стен в инфракрасном спектре при появлении отрицательных температур наружного воздуха. Как показали результаты анализа полученных термограмм - теплоизоляционные характеристики конструкций не всегда соответствуют известным нормативным документов по температурному перепаду ( $\Delta t$ ) относительно температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающих конструкций. Так, в соответствии с СП 50.13330.2012, температурный перепад  $\Delta t$  не должен превышать 4°С.

На основании полученных экспериментальных данных выполнен сравнительный анализ максимально допустимых потерь тепловой энергии через створки и стены с фактическими потерями. Для исключения влияния отдельных локальных дефектов, полученных при монтаже конструкций, расчет проводился без учета влияния потерь теплоты, в частности, через монтажный слой между ограждающей стеной и оконным блоком. Определение величины тепловых потерь выполнено при условии максимально допустимых отклонений температур внутреннего воздуха и температур поверхностей элементов ограждающих конструкций (регламентированных соответствующими нормативными документами) и фактическими потерями.

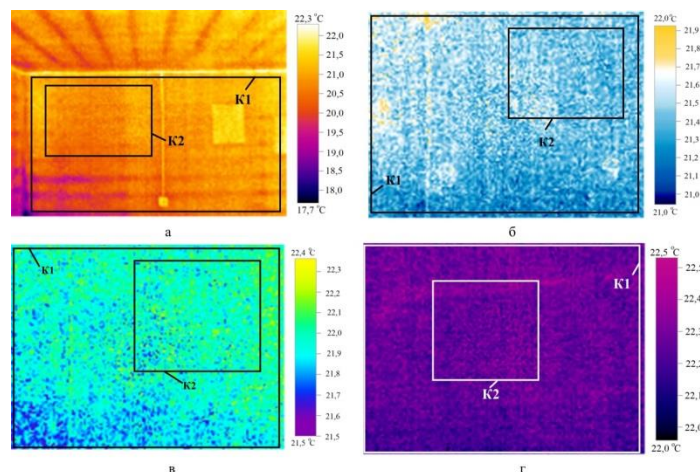


Рисунок 1. Термограммы некоторых стен деревянных домов в инфракрасном спектре («K1» - контур съемки температур; «K2» - расчетный контур): а – толщина стены 150 мм; б – толщина стены 175 мм; в – толщина стены 200 мм; г – толщина стены 220 мм.

Результаты расчетов потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции выполнены на основе закона Ньютона-Рихмана.

На рис. 2 представлен характер распределения температур через стены различных толщин. Из рисунка видно, что фактическое значение потерь тепловой энергии носит нелинейный характер, исключается резкое увеличение потерь тепловой энергии в рамках исследованного диапазона температур. Промерзания стен не выявлено. Положительные результаты достигаются при толщине стен более 150 мм при температуре наружного воздуха не ниже -10 оС, 175 мм – при температуре не ниже -17,3 оС, 200 мм при температуре -23,2 оС. При температуре наружного воздуха -25 оС фактические потери тепловой энергии для деревянной стены 220 мм в 1,49 раза ниже максимально допустимых.

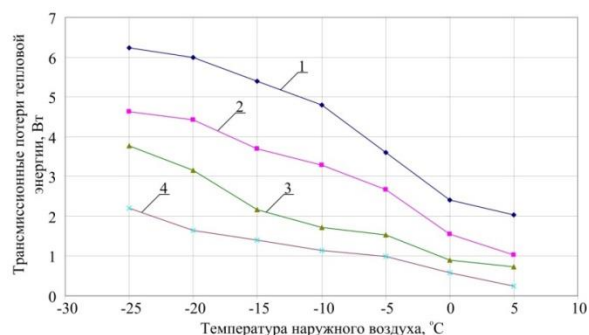


Рисунок 2. Характер влияния на потери тепловой энергии температуры наружного воздуха на 1 м<sup>2</sup> их площади: 1 – при толщине стен 150 мм; 2 – при толщине стен 175 мм; 3 – при толщине стен 200 мм; 4 – при толщине стен 220 мм.

Зависимости, представленные на рис. 2 могут быть описаны уравнениями:

$$Q_{150}^{\Phi} = 0,0003 \cdot t_{н.в.}^3 + 0,0057 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,17 \cdot t_{н.в.} + 2,61, \quad (1)$$

$$Q_{175}^{\Phi} = 0,00007 \cdot t_{н.в.}^3 + 0,00015 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,16 \cdot t_{н.в.} + 1,73, \quad (2)$$

$$Q_{200}^{\Phi} = -0,00004 \cdot t_{н.в.}^3 + 0,001 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,064 \cdot t_{н.в.} + 1, \quad (3)$$

$$Q_{220}^{\Phi} = -0,0001 \cdot t_{н.в.}^3 - 0,003 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,068 \cdot t_{н.в.} + 0,65, \quad (4)$$

где  $Q_{150}^{\Phi}$ ,  $Q_{175}^{\Phi}$ ,  $Q_{200}^{\Phi}$ ,  $Q_{220}^{\Phi}$  – потери тепловой энергии элементов стен деревянных домов на 1 м<sup>2</sup> площади при их толщине 150, 175, 200 и 220 мм, Вт.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Использование тепловидения позволяет не только идентифицировать возможные дефектные места и зоны инфильтрации холодного воздуха, но и обосновать энергетически эффективные размерные характеристики ограждающих элементов для гарантированной энергетической эффективности зданий.
2. Фактические потери тепловой энергии непропорционально увеличиваются с уменьшением толщины детали в отличие от линейной зависимости максимально допустимых потерь тепловой энергии от толщины, рассчитанной по стандартной методике.

\*\*\*

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
2. Чубинский А.Н. Древесина в строительстве: достоинства и недостатки. Леса России: политика, промышленность, наука, образование. СПб.: СПбГЛТУ. 2018 – с.244-246
3. Ермолина А.В., Миронов П.В. Получение и свойства теплоизоляционного материала на основе вторичной волокнистой массы. ИВУЗ. «Лесной журнал». Архангельск, 2011. № 4, с. 109 – 114.

Федяева Н.Ю., Семенов Я.Я.

### Классификация деревянных домов

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-451

#### Аннотация

В работе рассмотрены варианты деревянных домов заводского изготовления с их характеристикой. Представленная классификация определяет деревянные дома заводского изготовления как из цельной древесины; панельные, каркасные и модульные.

**Ключевые слова:** деревянные дома, цельная древесина, брус, клееный брус, CLT-панель, панельный дом, каркасный дом.

#### Abstract

The paper considers variants of factory-made wooden houses with their characteristics. The presented classification defines factory-made wooden houses as solid wood; panel, frame and modular.

**Keywords:** wooden houses, solid wood, timber, glued timber, CLT panel, panel house, frame house.

В последние годы наиболее остро и актуально стоит вопрос о решении задач относительно жилищного фонда нашей страны. Это связано с тем, что достаточно большие объемы аварийного жилья, необходимость строительства жилищных секторов в достаточно короткие сроки (например, в случаях стихийных бедствий, разрушение поселков в случаях чрезвычайных ситуаций) все это требует обоснованного подхода к выбору строительных материалов для возведения жилых домов. Строительные материалы для возведения домов должны обладать такими свойствами как: прочность, жесткость, энерго- и теплоэффективность, относительно невысокие стоимости, возобновляемость ресурсов, небольшие сроки строительства готового жилого дома и прочее. Всеми перечисленными свойствами обладает такой материал как древесина и материалы на ее основе.

Древесину при строительстве жилых домов можно использовать как основной строительный материал для возведения стеновых элементов, также можно применить и для оконных блоков (светопрозрачные ограждающие конструкции), и для элементов крыш, перегородок, полов и других столярно-строительных и отделочных конструкций. В сравнении с недревесными строительными материалами древесина и материалы на ее основе обладают рядом существенных преимуществ, а именно – высокие показатели шумоизоляции, экологичность, относительно невысокая стоимость возведения жилого дома, теплоемкость, достаточно короткие сроки возведения дома и др.

Деревянные жилые дома заводского изготовления обладают рядом преимуществ, в частности: правильные геометрические формы строительного материала, полное отсутствие усадки дома после возведения стеновых элементов, весь цикл производства элементов дома выполняется на предприятии-изготовителе и прочее. В соответствии с этим на строительной площадке выполняют только такие операции как – сборка дома, подведение и прокладка инженерных систем, отделка и после возможно заселение в готовый дом.

Выполнять отделку внутри деревянного дома можно с применением древесных столярно-строительных отделочных материалов, а также с применением недревесных традиционных материалов. Для строительства деревянных домов в нашей стране наиболее распространены хвойные породы древесины сосна, ель, лиственница и прочие. На рис. 1 для сравнительного анализа различных видов домов представим классификацию деревянных домов заводского изготовления по различным признакам.



Рисунок 1. Классификация деревянных домов заводского изготовления.

Брус оцилиндрованный строительный материала, представляющий собой цельное бревно, которое обработано на специальном станке, с приданием древесному материалу правильной цилиндрической формы. Для этапов сборки стеновых элементов дома деревянные бревна оцилиндровывают в один типовой размер, полученный из бревен различных диаметров. После сушки полученные полуфабрикаты сортируют и маркируют для отправки на строительную площадку.

Процесс производства бруса оцилиндрованного типа выполняется в основном двумя способами – позиционным и протяжным (проходным). Главными преимуществами домов, построенных из такого строительного материала являются – экологичность, простота сборки стеновых элементов дома, невысокая стоимость на готовый комплект дома, красивая естественная форма бруса (цилиндрическая) и прочие. К главным недостаткам можно отнести – образование трещин в процессе сушки бруса цилиндрического вида, большой расход древесины при производстве, различная толщина стеновых элементов с учетом геометрических особенностей профиля бруса, коробление в процессе эксплуатации и прочее.

Наиболее из распространенных материалов для строительства деревянных домов заводского изготовления является брус из цельной древесины (профилированный и не профилированный). Основными стадиями производства бруса являются – сортировка древесных бревен, окорка, раскрой бревен с целью получения четырехкантного бруса, сушка, сортировка бруса, формирование соединительных элементов стен, маркировка и упаковка готовой продукции. Процесс производства профилированного бруса включает в себя еще такую технологическую операцию как придание требуемого профиля на четырехстороннем продольно-фрезерном станке. Главным преимуществом профилированного бруса перед непрофилированным является снижение тепловых потерь за счет сформированного профиля и возможность укладки между брусками дополнительного утеплительного слоя. Главными преимуществами домов, построенных из такого строительного материала являются – достаточно простая схема возведения стен домов, относительная малая стоимость, возможность внутренней отделки любыми материалами и т.д. К главным недостаткам можно отнести - брус может иметь внутренние и внешние невидимые дефекты; сушка такого строительного материала достаточно сложный процесс; возможно образование трещин, коробление и др.

Толщина стеновых элементов деревянных домов заводского изготовления из цельной древесины может находиться в диапазоне от 150 до 250 мм, толщина в основном зависит от региона возведения дома и от финансовых возможностей заказчика. Применение стеновых элементов с толщиной менее 150 мм может привести к потере устойчивости конструкции дома в целом. Также стоит отметить и то, что для не древесных материалов этот показатель также не является обоснованным, например, толщина стенового элемента из газобетона должна составлять более 600 мм, керамического кирпича – более 1600 мм. Для достижения требований согласно СП 50.13330.2012 для стеновых элементов из цельного бруса сосны необходимо использовать исходное сырье с диаметром от 350 до 460 мм, что в свою очередь значительно ограничивает сырьевую базу для изготовления таких сечений бруса или возможно использование клееного бруса, а это в свою очередь увеличит стоимость на готовую продукцию

(стенные элементы дома). Стоит отметить и то, что использование цельного бруса толщиной с такими показателями имеет ряд своих недостатков, а именно - наличие скрытых дефектных мест, неравномерное распределение влажности древесины после ее сушки, высокая вероятность коробления элементов стен и соответственно нарушение целостности готовой конструкции и прочее.

Брус клееного вида для изготовления стеновых элементов дома изготавливают на предприятиях требуемой длины, за счет склеивания древесных заготовок на зубчатый шип, а также большего сечения за счет склеивания трех и более ламелей, технологии двойной переклейки. На практике по изготовлению стеновых элементов деревянных домов из бруса клееного типа используют сечение до 270x180 мм и длиной до 12 м, что в свою очередь значительно снижает трудозатраты при монтаже на строительной площадке. Брус клееного типа может выпускать двух типов профилированный и не профилированный. У профилированного бруса главное преимущество это снижение тепловых потерь в процессе эксплуатации дома. Главными преимуществами домов, построенных из такого строительного материала являются - равномерное распределение допустимых естественных пороков древесины по всей длине и сечению готового материала, низкая вероятность коробления, возможность изготовления элементов стен большей ширины, что в свою очередь значительно снижает тепловые потери. К главному недостатку этого строительного материала можно отнести высокую стоимость.

Строительный материал для изготовления стеновых элементов дома CLT-панели – это относительно новый материал на рынке строительства домов заводского изготовления. Панели этого типа изготавливают из цельной древесины способом перекрестного склеивания ламелей, что позволяет обеспечить не только необходимую прочность конструкции, но и жесткость, также в свою очередь снижаются тепловые потери готового дома. CLT-панели изготавливают длиной до 24 м, высотой - до 3,5 м, толщиной - от 70 до 400 мм, количество слоев древесины - от 3 до 7. Главными преимуществами домов, построенных из такого строительного материала являются - простота монтажа стеновых элементов дома обусловлена не только возможными размерами панели, но и формированием необходимых проёмов для ограждающих конструкций (оконные и дверные блоки), инженерных коммуникаций. К главным недостаткам этого строительного материала можно отнести - высокая стоимость; при использовании панелей малой толщины необходимо производить дополнительное утепление; срок службы домов из этого материала в настоящее время сложно спрогнозировать из-за относительной новизны этого строительного материала.

Стенные элементы панельных и каркасных домов заводского изготовления отличаются от стеновых элементов, изготовленных из цельной древесины. Эти два типа домов похожи между собой и представляют из себя композитные материалы. Структура стеновых элементов таких типов домов отличается по виду применяемых теплоизоляционных и ветрозащитных материалов, пароизоляции, а также по виду облицовочных и отделочных материалов.

Каркасные дома представляют собой жесткий сборный каркас, который возводится на строительной площадке, который изготовлен из древесины, и после установки его наполняют различными теплоизоляционными материалами. После возведения стеновых элементов дома начинают облицовку дома, предварительно установив ветрозащиту и теплоизоляцию. В настоящее время на рынке строительства существует большое количество разнообразных вариантов строительства каркасных домов, которые отличаются по типу каркасу, материалам для каркаса, материалами заполнения каркаса. Главными преимуществами домов, построенных из такого строительного материала являются - относительно невысокая стоимость, материалы не дают усадки, отсутствие межвенцовых швов. К главным недостаткам этого строительного материала можно отнести - малая ударная прочность, тепловые потери, необходимость сборки всех элементов стен на строительной площадке.

У домов панельного типа структура стеновых элементов может быть такой же как и у каркасных, но при этом стеновая панель собирается непосредственно на предприятии изготовителе, и уже в готовом виде доставляется на строительную площадку. В предприятии-

изготовителе в деревянный каркас панели укладывают: утеплитель, ветрозащитные мембраны, пароизоляцию, проводят инженерные коммуникации, обшивают плитными материалами, формируют необходимые отверстия для ограждающих конструкций, получая готовый строительный элемент. После установки дома на строительной площадке выполняют внешнюю и внутреннюю отделку. Помимо различия по видам теплоизоляционных и облицовочных материалов, панельные дома классифицируют - по типу соединений между элементами панелей дома: соединение в стык, используя угловую стойку; скобы; соединительные рейки и прочее. Главными преимуществами домов, построенных из такого строительного материала являются - малая себестоимость, простота сборки. К главным недостаткам этого строительного материала можно отнести - необходимость использования крупногабаритной строительной техники для сборки; малая ударная прочность и несущая способность; низкое сопротивление теплопередачи, в том числе за счет наличия соединения между панелями.

\*\*\*

1. Левинский Ю.Б., Онегин В.И., Черных А.Г., Афанасьев М.В., Казаков Ю.Н. Деревянное домостроение. – СПб.: НП «Ассоциация деревянного домостроения», 2008. – 343 с.
2. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНКА, 2022 г. – 118 с.

**Федяева Н.Ю., Семенов Я.Я.**

### **Обоснование выбора толщины стен деревянных домов**

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-452

#### **Аннотация**

Результаты проведенных исследований позволили определить рациональные толщины стен для рассмотренных климатических зон, представить рекомендации для различных регионов. В частности, для климатических условий г. Санкт-Петербурга энергетически эффективная толщина стены – 202 мм.

**Ключевые слова:** брус; цельная древесина; стена; деревянные дома заводского изготовления; тепловизор; энергоэффективность; тепловые потери.

#### **Abstract**

The results of the conducted studies allowed us to determine rational wall thicknesses for the considered climatic zones, and to provide recommendations for various regions. In particular, for the climatic conditions of St. Petersburg, the energy-efficient wall thickness is 202 mm.

**Keywords:** timber; solid wood; wall; factory-made wooden houses; thermal imager; energy efficiency; heat loss.

В настоящее время вопросы энергосбережения являются актуальными с учетом ограниченности природных ресурсов, высокой стоимости энергии, негативным влиянием на окружающую среду процесса ее производства и др. Жилищно-коммунальный сектор России является одним из основных потребителей энергии, который использует примерно 1/3 от общего объема всех топливно-энергетических ресурсов страны. Применяемые ограждающие конструкции зданий и сооружений в должной мере не сохраняют теплоту. К таким зданиям относятся не только старые постройки как индивидуальные, так и многоэтажные, имеющие минимально допустимый уровень теплозащиты, так и современные, в строительстве которых применяют новые теплоизоляционные материалы и конструкционные решения, имеющие зачастую значительные отклонения от стандартных требований, вызванные наличием конструктивных и технологических дефектов. Кроме того, высокие темпы строительства

объектов муниципального и административного назначения, многоквартирных и индивидуальных построек, реконструкция существующих зданий и сооружений, как в плановых, так и в аварийных целях, требуют не только обоснованного выбора конструкций с экономической точки зрения, но и с учетом энергоэффективности отдельных элементов конструкций и материалов, из которых они изготовлены.

Известно, что энергоэффективность зданий и сооружений во многом зависит от ряда факторов, к которым относят климатические, морфометрические и ряд других. Энергоэффективность объектов во многом зависит и от свойств материалов, из которых изготовлены элементы ограждающих конструкций. Оценка фактических тепловых потерь через эти элементы с целью выполнения в последующем корректирующих расчётов может повысить не только энергоэффективность зданий и сооружений, но и снизить затраты на энергоносители, используемых в системах отопления.

На практике толщина стен деревянных домов заводского изготовления из цельной древесины может быть в диапазоне от 150 до 250 мм и зависит от региона эксплуатации и финансовых возможностей потребителя. Применение стен толщиной менее 150 мм может привести к потере устойчивости конструкции. Существующие требования к толщине стен на основе нормативной документации, к примеру, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», не представляются рациональными: при требуемом сопротивлении теплопередаче материалов для г. Санкт-Петербурга 3,08 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, расчетная толщина стен для достижения этого показателя из цельной древесины составит более 277 мм (при коэффициенте теплопроводности для древесины сосны поперек волокон, равном 0,09 Вт/(м·°C) и выше в зависимости от условий эксплуатации). Кроме того, для не древесных материалов этот показатель также не является обоснованным, к примеру, толщина стен из газобетона – свыше 600 мм, керамического кирпича – свыше 1600 мм. Следует уточнить, что для достижения требований СП 50.13330.2012 из цельного бруса сосны необходимо исходное сырье диаметром от 350 до 460 мм, что в свою очередь ограничивает сырьевую базу для изготовления таких сечений бруса или требует использования клееного бруса, что значительно увеличит стоимость готовой продукции. Кроме того, использование цельного бруса подобных толщин имеет ряд недостатков: наличие скрытых дефектных мест, неравномерное распределение влажности древесины после ее сушки, высокая вероятность коробления элементов стен и т.д.

С целью исключения влияния фактора переменных погодных условий в течение суток, термофотографирование при исследованиях проведено при условии постоянства температуры окружающего воздуха на протяжении пяти календарных дней. Для повышения достоверности результатов экспериментов в период съёмки контролировалось отсутствие: внешних осадков; солнечной радиации; света поверхности элементов ограждающих конструкций. С помощью тепловизора Testo 875-2i выполнено определение потерь тепловой энергии (трансмиссионных потерь) через ограждающие деревянные конструкции элементов жилых домов.

Как показали результаты анализа полученных термограмм - теплоизоляционные характеристики элементов стен, рам и створок ограждающих конструкций во многом не всегда соответствуют известным требованиям нормативных документов по температурному перепаду ( $\Delta t$ ) относительно температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающих конструкций. Так, в соответствии с СП 50.13330.2012, отмеченный температурный перепад  $\Delta t$  не должен превышать 4°C.

Характер влияния температуры наружного воздуха на фактические потери тепловой энергии через стены из бруса различной толщины на 1 м<sup>2</sup> площади представлен на рис. 1. Из рисунка видно, что фактическое значение потерь тепловой энергии носит нелинейный характер, исключается резкое увеличение потерь тепловой энергии в рамках исследованного диапазона температур. Промерзания стен не выявлено. Положительные результаты достигаются при толщине стен более 150 мм при температуре наружного воздуха не ниже -10 °C, 175 мм – при температуре не ниже -17,3 °C, 200 мм при температуре -23,2 °C. При

температуре наружного воздуха,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  фактические потери тепловой энергии для деревянной стены 220 мм в 1,49 раза ниже максимально допустимых.

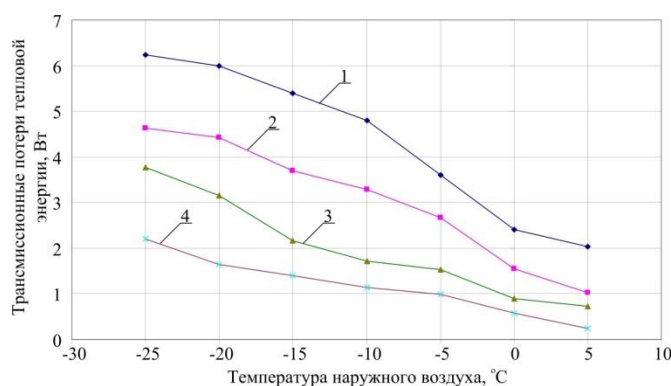


Рисунок 1. Влияние температуры наружного воздуха на фактические потери тепловой энергии элементов стен из бруса различной толщины на  $1\text{ м}^2$  их площади: 1 – при толщине стен 150 мм; 2 – при толщине стен 175 мм; 3 – при толщине стен 200 мм; 4 – при толщине стен 220 мм.

Зависимости потерь тепловой энергии от температуры наружного воздуха через стены различной толщины могут быть описаны уравнениями (1-4):

$$Q_{150}^{\Phi} = 0,0003 \cdot t_{н.в.}^3 + 0,0057 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,17 \cdot t_{н.в.} + 2,61, \quad (1)$$

$$Q_{175}^{\Phi} = 0,00007 \cdot t_{н.в.}^3 + 0,00015 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,16 \cdot t_{н.в.} + 1,73, \quad (2)$$

$$Q_{200}^{\Phi} = -0,00004 \cdot t_{н.в.}^3 + 0,001 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,064 \cdot t_{н.в.} + 1, \quad (3)$$

$$Q_{220}^{\Phi} = -0,0001 \cdot t_{н.в.}^3 - 0,003 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,068 \cdot t_{н.в.} + 0,65, \quad (4)$$

где  $Q_{150}^{\Phi}$ ,  $Q_{175}^{\Phi}$ ,  $Q_{200}^{\Phi}$ ,  $Q_{220}^{\Phi}$  – трансмиссионные потери тепловой энергии элементов стен деревянных ограждающих конструкций на  $1\text{ м}^2$  площади при их толщине 150, 175, 200 и 220 мм, Вт.

Зависимость трансмиссионных потерь тепловой энергии от толщины стен деревянных ограждающих конструкций на  $1\text{ м}^2$  площади при различной температуре наружного воздуха представлена на рис. 2.

Проведенные исследования показывают влияние толщины стен на энергоэффективность эксплуатации деревянных домов. Использование ограждающих конструкций толщиной, не обеспечивающей в должной степени тепловую защиту здания, приводит к увеличению расхода энергии на отопление домов, а применение конструкций с размерами, значительно превышающими рекомендуемые, влечет за собой перерасход сырья и энергии на их изготовление, транспортировку и монтаж.

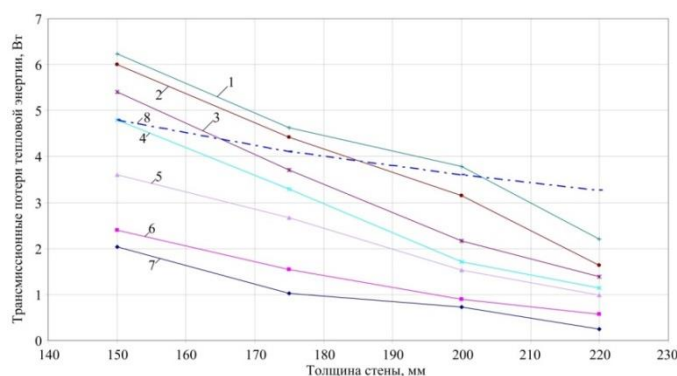


Рисунок 2. Зависимость трансмиссионных потерь тепловой энергии от толщины стен на  $1\text{ м}^2$  их площади при различной температуре наружного воздуха: 1 –  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2 –  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 3 –  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 4 –  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 5 –  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 6 –  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 7 –  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 8 – максимально допустимые трансмиссионные потери тепловой энергии при соответствующей толщине стен.

Рекомендуемая толщина стен деревянных домов, при которой обеспечивается необходимая тепловая защита помещений, составляет от 150 до 202 мм в диапазоне температур наиболее холодной пятидневки от минус 10 °С до минус 25 °С, соответственно.

\*\*\*

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
2. Ермолина А.В., Миронов П.В. Получение и свойства теплоизоляционного материала на основе вторичной волокнистой массы. ИВУЗ. «Лесной журнал». Архангельск, 2011. № 4, с. 109 – 114.
3. Федяев А.А., Чубинский А.Н. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины. СПб.: ГАЛАНИКА, 2022 г. – 118 с.

Халиков Р.М.<sup>1</sup>, Иванова О.В.<sup>1</sup>, Павлов С.Ю.<sup>2</sup>, Глазачев А.О.<sup>1</sup>

### Супрамолекулярные нанодобавки повышающие технологические характеристики бетонов в транспортных сооружениях

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>2</sup>Уфимский университет науки и технологий

(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-453

#### Аннотация

Использование супрамолекулярных 2,5% нанодобавок поликарбоксилатов, которые увеличивают технологические характеристики бетонов в конструировании транспортных сооружений автодорожных мостов, является востребованной разработкой.

**Ключевые слова:** супрамолекулярный карбоксилат, высокопрочный бетон, автодорожный мост.

#### Abstract

The use of supramolecular 2.5% nano-additives of polycarboxylates, which increase the technological characteristics of concrete in the construction of transport structures of road bridges, is a popular advance.

**Keywords:** supramolecular carboxylate, high-strength concrete, road bridge.

В современных нестабильных геополитических условиях необходимо применять инновационные высокотехнологичные материалы, в том числе многофункциональные наномодифицированные добавки для бетонов для обеспечения надежности и долговечности инфраструктурных объектов транспортного строительства [1]. Возрастающие требования проектировщиков и строителей заставляют разработчиков постоянно улучшать технологические характеристики бетонных композиций и конструкций из бетона. Новейшие разработки высокопрочных бетонов, которые соответствующие специальным требованиям конструирования транспортных сооружений, особенно актуальны.

Предоставленная статья нацелена на рассмотрение супрамолекулярных нанодобавок, которые увеличивают технологические характеристики бетонов в транспортных сооружениях.

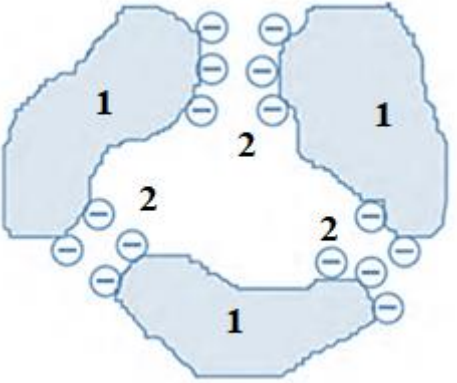
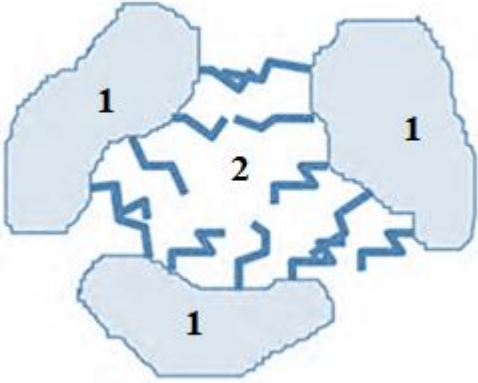
Для опорных конструкций автодорожных мостов требуются бетоны повышенного уровня технологических физико-механических характеристик: водонепроницаемость, трещиностойкость, морозостойкость, усиленная прочность на сжатие и изгиб. Наиболее заметное влияние на развитие инновационных технологий производства высокопрочных бетонов оказали, несомненно, супрамолекулярные химические добавки на базе природоподобной литификации [2]. В настоящее время надмакромолекулярные суперпластификаторы для бетонов – наиболее быстро развивающихся направлений строительного материаловедения.

Бетонные композиции с нанодобавками супрамолекулярных пластификаторов обеспечивают быстрый набор прочности, высокую плотность растворов и бетонов, коррозионную защиту от воздействия агрессивных сред. Модифицированные бетоны, средства для пропитки, добавки – ингибиторы коррозии и аналогичные нанодобавки имеют ключевое значение в ремонте и защите от коррозии бетонных конструкций автодорожных мостов.

Часто используемыми модификаторами консистенцию контролируемого усиления подвижности высокопрочных бетонов являются супрамолекулярные нанодобавки, вводимые в бетонную смесь в количестве 2,5% массы цемента. Надмакромолекулярные суперпластификаторы пластифицируют консистенцию бетонной композиции прежде всего за счет электростатического эффекта: за счет появления одноименных электрических зарядов (отрицательных или положительных) на поверхности гидратированных цементных микрочастиц, которые препятствуют быстрому слипанию. В случае добавления поликарбоксилатных суперпластификаторов основную роль в разжижении бетонной смеси приобретают стерические факторы: длинные цепочки супрамолекулярных поликарбоксилатов защищают от преждевременной коалесценции микрогранул цемента (таблица 1).

Таблица 1

Основные механизмы контролируемого усиления подвижности бетонной смеси супрамолекулярными добавками: электростатический (а) и стерический (б).

10	Обозначения
 <p style="text-align: right;">а</p>	<p style="text-align: center;">1 – цементные микрочастицы; 2 – фрактальные кластеры электростатических микроагрегатов</p>
 <p style="text-align: right;">б</p>	<p style="text-align: center;">1 – цементные микрочастицы; 2 – адсорбированные супрамолекулярные поликарбоксилаты</p>

Результативность действия усиления подвижности бетонной композиции высокопрочных бетонов класса В70 суперпластификаторами зависит в значительной мере от геометрической микроструктуры макромолекул. Супрамолекулярные поликарбоксилаты [3] имеют гребенчатую структуру, т. е. они состоят из основной цепи, обеспечивающей адсорбцию суперпластификатора на цементной микрочастице, а также боковых коротких цепочек, функциональная задача которых стерическое противодействие слипанию цементных микрогранул.

Цифровые компьютерные моделирования показали, что наилучший результат усиления подвижности бетонной композиции высокопрочных бетонов класса В70 обеспечивается в случае супрамолекулярных поликарбосилатов с относительно разреженными, но относительно длинными боковыми цепочками [4]. Основным препятствием широкого использования супрамолекулярных поликарбосилатов является стоимость импортных нанодобавок, а ускоренное развитие нанотехнологических методов в России позволяет реализацию национальных проектов импортозамещения и достижения технологического суверенитета.

В настоящее время для увеличения прочности бетона при строительстве опор автодорожных мостов, снижения энергозатрат и трудоемкости в состав бетона и др. стройматериалов вводят пластификаторы на основе сульфированных меламина- и нафталинформальдегидных полимеров. Тем не менее, пластифицирующий эффект от употребления этих пластификаторов узок во времени вследствие их быстрой адсорбции. Поэтому в состав пластификаторов дополнительно вводят регуляторы технологических свойств, в частности замедлители схватывания для сохранения реологии (вязкости, тиксотропии) модифицированных бетонных смесей. При этом появляется иное несовершенство: использование комплексных пластификаторов на основе сульфированных меламина- и нафталинформальдегидных полимеров с регуляторами схватывания замедляет увеличение набора прочности бетона, увеличивает период оборачиваемости опалубки и т.д.

Использование модифицирующих добавок при производстве вяжущих стройматериалов при строительстве автодорожных мостов является одним из наиболее эффективных способов управления технологическими параметрами (удобоукладываемость и др.) с помощью регулирования реологических характеристик. Пластифицирующие добавки повышают водоудерживающую способность строительных композиций, что ведет к устойчивости дисперсных наносистем. Для производства самоуплотняющихся композитов применяются высокоэффективные суперпластификаторы на базе гребнеобразных поликарбосилатных эфиров, использование которых позволяет значительно увеличить время сохранения консистенции бетонных композиций.

В последние годы впечатляющие достижения в технологии высокопрочных бетонов для автодорожных мостов транспортных сооружений связаны разработкой супрамолекулярных нанодобавок, регулирующих вязкость и процессы структурообразования [5, 6]. Инновационные супрамолекулярные нанодобавки вначале были предназначены для предотвращения размывания цементного раствора в экстремальных условиях подводного бетонирования. В области использования минеральных наполнителей (заполнителей) в составе высокоэффективных бетонов интенсивные работы связаны с потребностью утилизации возрастающих объемов многотоннажных техногенных отходов в качестве компонентов бетонных композиций [7-9]. Комплементарные требования взаимодополняющего соответствия транспортного строительства целям устойчивого развития цивилизации настоятельно диктуют необходимость рационального использования промышленных отходов.

В заключение можно сделать вывод о том, что использование супрамолекулярных нанодобавок поликарбосилатов, которые увеличивают технологические характеристики высокопрочных бетонов в транспортных сооружениях автодорожных мостов, является рациональным подходом.

Работа выполнена в рамках реализации программы академического стратегического лидерства «Приоритет 2030» Евразийского научно-образовательного центра.

\*\*\*

1. Пухаренко, Ю.В. Наномодифицированные добавки в бетоны для транспортного строительства / Ю.В. Пухаренко, В.Д. Староверов, Д.И. Рыжов // Транспорт Рос. Федер. 2014. №5(54). С.26-30. EDN SYAARF.
2. Стенина, Н.Г. Природный ресурс инновационного развития строительного материаловедения / Н.Г. Стенина // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30, №4. С.308-315. EDN TYTOWH.
3. Богданов, Р.Р. Влияние пластифицирующих добавок на основе эфира поликарбосилата и полиарила на физико-технические свойства цементных композиций / Р.Р. Богданов, А.В. Пашаев, М.В. Журавлев // Вестник Технолог. ун-та. 2018. Т.21, №11. С.45-49. EDN YUNIWL.
4. Журавлева, М.И. Управление технологическими характеристиками вяжущих материалов поликарбосилатными суперпластификаторами / М.И. Журавлева, О.В. Иванова, Р.М. Халиков // Актуальные проблемы науки и техники – 2019. Уфа: УГНТУ, 2019. С.111-113. EDN VGJRFY.

5. Khalikov, R.M. Supramolecular impact mechanism of polycarboxylate superplasticizers on controlled hardening building nanocomposites / R.M. Khalikov, O.V. Ivanova, L.N. Korotkova, D.A. Sinitsin // *Nanotechnologies in Construction*. 2020. V.12. No.5. P.250–255. EDN IYCCOO.
6. Халиков, Р.М. Инновационные технологии в строительстве участка Дюртюли-Ачит федеральной автодороги М-12 / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, С.Ю. Павлов, А.О. Глазачев // *Тенденции развития науки и образования*. 2024. №108-13. С.62-65. EDN SKRIKH.
7. Гусев, Б.В. Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация / Б.В. Гусев // *Нанотехнологии в строительстве*. 2019. Т.11, №4. С.384-393. EDN HNVQNI.
8. Халиков, Р.М. Эффективное укрепление оснований дорожного полотна автодорог известково-шлаковыми вяжущими на базе многотоннажных отходов / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, С.Ю. Павлов и др. // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. №103-7. С.116-119. EDN WSOPAU.
9. Глазачев, А.О. Ресурсосберегающие способы укрепления слабых грунтов оснований дорожного полотна автомобильных дорог / А.О. Глазачев, С.Ю. Павлов, И.Р. Шайхуллин, Р.М. Халиков // *Тенденции развития науки и образования*. 2024. №105-13. С.10-13. EDN NZOMXA.

Халиков Р.М.<sup>1</sup>, Иванова О.В.<sup>1</sup>, Зайнуллин С.С.<sup>2</sup>

**Рациональные технологии конструирования защитных покрытий водопроводных инженерных сетей**

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>2</sup>Уфимский топливно-энергетический колледж

(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-454

**Аннотация**

Для эффективной защиты от коррозионного разрушения водопроводных сантехнических устройств предложена бестраншейная реновация стальных труб технологичным покрытием эластичными полимерами.

**Ключевые слова:** водопроводная труба, коррозионное разрушение, защитное покрытие.

**Abstract**

Trenchless renovation of steel pipes with technological coating with elastic polymers is proposed for effective protection against corrosion damage of plumbing fixtures.

**Keywords:** water pipe, corrosion damage, protective coating.

Бесперебойную подачу воды потребителям, а также отвод и очистку сточных вод обеспечивают современные инженерные системы водоснабжения, водоотведения и санитарная техника. На процессы возникновения и протекания коррозии водопроводных стальных труб оказывает влияние множество факторов, поэтому при выборе наиболее эффективных технологий антикоррозионной защиты трубопроводов необходимо учитывать особенности не только структурообразующего материала водопроводных сетей, но также условия эксплуатации [1]. Разработка новых антикоррозионных защитных покрытий с оптимальным комплексом характеристик, обладающих высоким сопротивлением агрессивным средам и обеспечивающих длительную надежную эксплуатацию внешних и внутренних сантехнических водопроводных устройств, остается актуальной задачей.

Данная статья нацелена на рассмотрение перспективных технических решений в сфере антикоррозионной защиты водопроводных стальных труб.

Масштабная интенсивность внутренней коррозии трубопроводов в системах коммунального водоснабжения в последние годы значительно возросла. Первопричинами таких деструктивных тенденций является усиление коррозионной активности воды в источниках водоснабжения, а также на водоочистных станциях. Физико-химические процессы внутренней коррозии стальных трубопроводов весьма сложны, поскольку на эксплуатационное состояние водопроводных труб оказывают воздействие значительное число взаимосвязанных, а часто разнонаправленных факторов.

Преждевременная коррозия водопроводных труб причиняет не только большой экономический ущерб вследствие уменьшения срока эксплуатации, но вызывает «вторичное» загрязнение транспортируемой воды. В настоящее время имеется большое количество методов и технологий значительного снижения коррозии водопроводных труб [2]. Следует отметить, что, однако, широкое применение антикоррозионных технологий ограничивает следующие обстоятельства: не существует одновременно универсального метода, с помощью которого возможно защитить поверхность водопроводных труб от коррозии с высокой степенью эффективности; ряд применяемых методов не обладают достаточной безопасностью для окружающей среды, здоровья людей и т.п. Значительная изношенность водопроводных инженерных сетей в свою очередь вызывают сложности аварийного (запланированного) проведения реконструктивных мероприятий.

Трубопроводные системы холодной и горячей воды должны выполняться из труб (полимерные, стальные, чугунные, композиционные материалы и др.) и соединительных деталей, срок службы которых при температуре воды 20°C и нормативном давлении составляет не менее 50 лет. Традиционными достоинствами стальных водопроводных труб являются высокая прочность, большой диапазон типоразмеров длин и диаметров, высокие рабочие давления, возможность монтажной сварки и др. К недостаткам водопроводных стальных труб следует отнести низкую долговечность; прочностные характеристики водопровода из стальных труб используются всего на  $\approx 4\%$ . Срок эксплуатационной службы стальных водопроводных труб составляет всего около 8-10 лет; на 7-9 годы эксплуатации расход электроэнергии на перекачку воды электронасосами увеличивается приблизительно 2-3 раза за счет зарастания внутренней поверхности трубопроводов продуктами коррозионных разрушений и отложениями солей жесткости.

Защитные покрытия водопроводных сантехнических устройств являются наиболее действенным способом снижения коррозионных разрушений и аварийных ситуаций. Из металлических покрытий для водопроводных труб используют в основном цинковые, из неметаллических: цементные, лакокрасочные. Реновационное восстановление сантехнических устройств предполагает проведение ремонтных работ на всем протяжении поврежденного участка водопроводного трубопровода, а санация – проведение пространственно ограниченных работ на отдельных участках водопроводов, которые включают и арматуру на водопроводной сети (колодцы, задвижки и т.п.). В результате санации бестраншейной реновации реконструированному участку водопровода придается требуемая механическая прочность, отсутствие дефектов по длине стальных труб и в местах стыковок, а также восстанавливается проектная гидравлическая пропускная способность [3].

Проектное решение о необходимости восстановления (санации) или обновления конкретного участка трубопровода водоснабжения и водоотведения должно приниматься на основании оценки технической и экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации участка трубопровода. Выбор характерных для городских мегаполисов первоочередных объектов восстановления (санации) протяженной водопроводной сети в условиях эксплуатации, которые исчерпали нормативный срок службы и имеют высокий риск возникновения аварий, является сложной многофакторной задачей; поэтому для решения может использоваться математический аппарат (теории графов) и цифровое моделирование.

Стабильное водоснабжение мегаполисов, в частности города Уфы, имеющих разветвленную сеть водопроводных и канализационных сетей, например, в системе «Уфаводоканал» более 2850 км, требует конструирования защитных покрытий водопроводных инженерных сетей. При строительстве водопроводных сетей г. Уфы с 2003 года прекращена укладка стальных труб без внутреннего цементно-песчаного покрытия [4]. Следует отметить, что в производстве успешно используется низкзатратная санация водопроводных трубопроводов нанесением внутреннего цементно-песчаного покрытия.

Уже два десятка лет 21 века в ходе проектирования и конструирования водоводов г. Уфы используются полиэтиленовые трубы марки «Упонор» с увеличенным сроком эксплуатации. «Упонор» – водопроводная (предварительно теплоизолированная эластичная) труба в особой защитной оболочке, которая позволяет переносить воздействие больших нагрузок под землей. Отметим технико-экономические преимущества водопроводных трубопроводов «Упонор»: можно добиться удобного радиуса изгибов за счет повышенной

эластичности; нет необходимости использования особых инструментов, а также не требуется сварка для выполнения монтажных работ.

Технологическое использование гидроизолирующих полимерных композиционных материалов дает возможность управлять их многообразными характеристиками подбором соответствующих компонентов и различных модифицирующих нанодобавок, а также путем изменения микроструктуры полимерной матрицы [5]. Введение и закрепление бесшовного эластичного покрытия ремонтуемому участку стального водопровода между двумя колодцами осуществляется по схеме (рисунок 1) с последующим прижатием спецоборудованием в форме баллона.

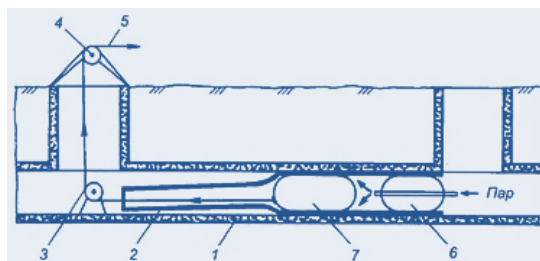


Рисунок 1. Схема формирования антикоррозионного внутреннего покрытия из эластичных полимеров (1 – восстанавливаемый участок водопровода; 2 – защитное макромолекулярное покрытие; 3 – адресующий ролик; 4 – лебедка; 5 – канат; 6 – резервуар горячего воздуха; 7 – спецоборудование)

Интеллектуальные системы мониторинга водопроводных сетей (датчики и сенсоры), установленные в системе водоснабжения, позволяют в реальном времени отслеживать качество питьевой воды, давление и т.п.; эти данные позволяют быстро реагировать на любые отклонения и при необходимости корректировать управление водопроводными инженерными сетями. Слаженное функционирование звеньев водоснабжения увеличивает эффективность и надежность водопроводной системы, уменьшает расход электроэнергии и улучшает органолептические характеристики воды [6-8].

В заключение можно сделать вывод, что защитные покрытия обеспечивают эффективную изоляцию стальных водопроводных труб от агрессивных агентов, обеспечивают нормальное функционирование сантехнических устройств в течение всего срока службы инженерных сетей водоснабжения и водоотведения.

\*\*\*

1. Рябичева, Л.А. Анализ влияния внутренней коррозии на эксплуатацию трубопроводов / Л.А. Рябичева, В.В. Засько, В.А. Сорокин // Вестник ЛГУ им. Владимира Даля. 2021. №12(54). С.96-100. EDN LYIUYM.
2. Гиннэ, С.В. К вопросу о противокоррозионной защите водопроводных труб / С.В. Гиннэ // Эпоха науки. 2018. №15. С.89-95. EDN IKIQYF.
3. Орлов, В.А. Реновация трубопроводов как средство энергосбережения при реализации бестраншейных технологий / В.А. Орлов, Д.И. Шлычков, Е.В. Коблова // Вестник МГСУ. 2011. №6. С.590-595. EDN OWFTDV.
4. Гордиенко, В.С. Приоритеты и перспективы развития МУП «Уфаводоканал» / В.С. Гордиенко // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №4-2. С.2-4. EDN HSDICB.
5. Иванова, О.В. Управление качеством нанесения защитных макромолекулярных покрытий на трубопроводном оборудовании / О.В. Иванова, Л.Н. Короткова, Р.М. Халиков // Современные материалы, техника и технологии. 2019. № 3(24). С.43-46. EDN RDYDNI.
6. Важаев, К.В. Управление качеством функционирования технологической линии водоснабжения с использованием современных датчиков / К.В. Важаев, О.В. Иванова, Р.М. Халиков и др. // Строительство и техногенная безопасность. 2018. №13(65). С.127-132. EDN SOLZBP.
7. Korotkova L.N. Rational approaches to reducing the impact of polluting technogenic factors / L.N. Korotkova, O.V. Ivanova, R.M. Khalikov et al // Сб. X Международ. конф. «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». Уфа: ЦИТО, 2021. Р.58-64. EDN JFIJNU.
8. Иванова, О.В. Антикоррозионные полимерные защитные покрытия металлических труб водопроводных сетей / О.В. Иванова, Л.Н. Короткова, Р.М. Халиков // Современные инновации в науке и технике: сб. 9-й Всерос. конф. Курск: ЮЗГУ, 2019. С.129-132. EDN ZQXFTN.

Чжан Ц.

Текущее состояние и перспективы применения мехатронных систем в автоматизированных производственных линиях

ЮУрГУ  
(Россия, Челябинске)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-455

**Аннотация**

В данной статье рассматривается текущая ситуация и перспективы развития мехатронных систем в автоматизированных производственных линиях, а также обобщаются их основные достижения в повышении эффективности производства и реализации интеллектуальных преобразований. В статье освещаются широкие перспективы развития мехатронных систем в будущем в области интеллекта, Интернета вещей и экологизации, а также выдвигаются предложения и прогнозы для соответствующих предприятий и исследовательских институтов отрасли.

**Ключевые слова:** автоматизированная производственная линия, мехатронная система, интеллект, технология Iot, экологичное производство.

**Abstract**

This paper reviews the current situation and development prospects of mechatronic systems in automated production lines, and summarizes their major achievements in improving production efficiency and realizing intelligent transformation. The article highlights the broad future development prospects of mechatronic systems in the fields of intelligence, Internet of Things and greening, and puts forward suggestions and forecasts for relevant enterprises and research institutes in the industry.

**Keywords:** automated production line, mechatronic system, intelligence, Iot technology, green manufacturing.

**Введение**

Автоматизированная производственная линия, как основной компонент современного промышленного производства, реализует непрерывность, высокую эффективность и интеллектуальность производственного процесса путем интеграции различных передовых технологий. Мехатронная система, как ключевая техническая поддержка автоматизированной производственной линии, объединяет механические, электронные, автоматические системы управления, обработки информации и компьютерные технологии, что обеспечивает прочную основу для стабильной работы и повышения производительности производственной линии.

В условиях все более жесткой глобальной промышленной конкуренции значение автоматизированной производственной линии в современной промышленности становится все более заметным. Она не только значительно повышает эффективность производства и качество продукции, но и существенно снижает трудозатраты и энергопотребление, а также способствует трансформации обрабатывающей промышленности в направлении интеллектуализации и экологизации.[1] Поэтому углубленное изучение текущей ситуации и перспектив развития мехатронных систем в автоматизированных производственных линиях имеет большое значение для содействия технологическому прогрессу в промышленности и повышения ее конкурентоспособности.

В данной статье всесторонне анализируется текущее состояние применения мехатронных систем в автоматизированных производственных линиях, обсуждаются технические проблемы и узкие места, с которыми приходится сталкиваться при разработке, а также рассматриваются направления и перспективы будущего развития на основе современных технологических тенденций и рыночного спроса. Структура статьи будет сфокусирована на

нескольких аспектах, таких как определение, анализ текущей ситуации, проблемы, перспективы, выводы и т.д., чтобы предоставить ценные ссылки и идеи для исследователей и практиков в смежных областях.

Анализ текущей ситуации с мехатронной системой в автоматизированной производственной линии

Мехатронная система, являясь ядром автоматизированной производственной линии, имеет сложный и точный состав, который в основном включает в себя механическую систему, электрическую систему управления, а также части технологии обработки информации и связи.[2] Механическая система отвечает за выполнение физических действий для обеспечения бесперебойного хода производственного процесса; электрическая система управления осуществляет точный контроль механического движения с помощью датчиков, исполнительных механизмов и других компонентов; а часть информационной обработки и коммуникационных технологий отвечает за сбор, обработку и передачу данных, что обеспечивает информационную поддержку для интеллектуальной работы всей системы. Применение мехатронных систем в автоматизированных производственных линиях весьма обширно. Если взять в качестве примера автомобильную промышленность, то высокоавтоматизированные производственные линии в сочетании с передовыми мехатронными технологиями обеспечили полную автоматизацию от штамповки, сварки до покраски и окончательной сборки, что значительно повысило эффективность производства и качество продукции. Промышленность по производству электроники также получила значительные преимущества, а сложная мехатронная система обеспечивает высокоточное производство и сборку электронных компонентов.[3] Кроме того, в пищевой и упаковочной промышленности применение мехатронных технологий позволило значительно повысить гигиенические стандарты и уровень автоматизации производственной линии.

В настоящее время мехатронные системы демонстрируют такие значительные преимущества, как высокая эффективность, точность, гибкость, масштабируемость, интеллектуальность и возможность удаленного мониторинга. Эти преимущества не только отвечают высоким требованиям современной промышленности к эффективности производства и качеству продукции, но и обеспечивают мощную поддержку цифровой трансформации и интеллектуальной модернизации предприятий. В условиях постоянного прогресса технологий и изменения рыночного спроса мехатронные системы будут и в будущем играть важную роль в продвижении автоматизированных производственных линий на более высокий уровень развития.

Проблемы и задачи, стоящие перед мехатронными системами в автоматизированных производственных линиях

Несмотря на то, что мехатронные системы в автоматизированных производственных линиях обладают большим потенциалом и преимуществами, путь к их развитию был нелегким, и они по-прежнему сталкиваются с множеством проблем и вызовов. Скорость и стоимость технологических инноваций и модернизации становятся все более заметными. С быстрым развитием науки и техники появляются новые технологии, но из-за высокой стоимости исследований и разработок, длительного цикла обновления предприятия часто не успевают за темпами итерации технологий.

Не следует игнорировать вопросы системной интеграции и совместимости. В сложных автоматизированных производственных линиях бесшовная интеграция и эффективное взаимодействие между различными устройствами и системами имеют решающее значение.[4] Однако на рынке представлено множество брендов и моделей с различными техническими стандартами и спецификациями интерфейсов, что приводит к трудностям в интеграции систем

и частым проблемам совместимости, влияющим на общую производительность и стабильность производственной линии. Трудности, связанные с обеспечением безопасности и стабильности, также требуют срочного решения. Как только автоматизированная производственная линия выйдет из строя или произойдет авария, это не только приведет к огромным экономическим потерям, но и может поставить под угрозу безопасность персонала. Поэтому вопрос о том, как гарантировать мехатронной системе в условиях высокоинтенсивной, высоконагруженной эксплуатации безопасность и стабильность работы предприятия, должен стать важным.

Не следует игнорировать срочную необходимость подготовки талантов и повышения квалификации. С непрерывным развитием мехатронных технологий растет и спрос на специалистов. Однако в настоящее время на рынке наблюдается нехватка специалистов, а существующий уровень квалификации с трудом отвечает стремительному развитию технологических потребностей. Поэтому усиление подготовки кадров и повышение квалификации стало ключом к устойчивому развитию мехатронной системы.

Перспективы развития мехатронной системы в автоматизированной производственной линии

В будущем мехатронная система в автоматизированной производственной линии будет способствовать глубокому слиянию интеллекта и технологии Интернета вещей для достижения комплексного восприятия, интеллектуального анализа и автономного принятия решений в производственном процессе с помощью больших данных, облачных вычислений и других передовых технологий. Предиктивное обслуживание и интеллектуальная диагностика неисправностей станут нормой, что значительно сократит время простоя и повысит эффективность производства.[5] В то же время автономное принятие решений и дистанционное оптимальное управление еще больше повысят гибкость и оперативность производственной линии, позволят регулировать и оптимизировать производственный процесс в режиме реального времени. Тенденция гибкого и индивидуального производства подтолкнет мехатронные системы к более высокому уровню развития, а способность быстро и гибко менять линии станет ключевой. Система может быстро настраивать производственную схему в соответствии с рыночным спросом, добиваться индивидуальной настройки и производства по требованию, чтобы удовлетворить разнообразные потребности рынка.[6] Кроме того, применение экологических и энергосберегающих технологий также станет важным направлением развития, благодаря оптимизации системы управления энергопотреблением, продвижению экологически чистых материалов и процессов, снижению энергопотребления и выбросов в процессе производства для достижения устойчивого развития. Развитие стандартизации и модульной конструкции повысит универсальность и ремонтпригодность системы, а также снизит затраты на проектирование и производство. Эта тенденция не только способствует быстрой популяризации и продвижению технологий, но и обеспечивает мощную поддержку цифровой трансформации и интеллектуальной модернизации предприятий. Таким образом, мехатронная система в будущей автоматизированной производственной линии достигнет значительного прогресса в области интеллекта, гибкости, экологичности и других аспектов, придав новый импульс трансформации и модернизации обрабатывающей промышленности.

#### Заключение

Таким образом, мехатронная система в автоматизированной производственной линии достигла значительных успехов, что не только повышает эффективность производства и качество продукции, но и способствует интеллектуальной трансформации обрабатывающей промышленности. Ее высокая эффективность, точность, гибкость и другие характеристики обеспечивают мощную техническую поддержку современного промышленного производства. В перспективе развитие мехатронных систем является многообещающим и крайне важным, а такие тенденции, как интеллект, Интернет вещей и экологизация, выведут его на более высокий уровень.

Поэтому предприятиям и исследовательским институтам, связанным с этой отраслью, следует продолжать увеличивать инвестиции в НИОКР, идти в ногу с технологическим фронтиром, продвигать технологические инновации и модернизацию. В то же время следует усилить подготовку кадров и повышение квалификации, чтобы обеспечить достаточное количество специалистов для поддержки развития отрасли. Кроме того, следует обращать внимание на изменения рыночного спроса, продвигать гибкое и индивидуальное производство, чтобы удовлетворить диверсифицированные потребности рынка. Благодаря этим усилиям мы будем совместно способствовать устойчивому развитию мехатронных систем и внесем вклад в процветание обрабатывающей промышленности.

\*\*\*

1. Шалобаев, Е. В., Антонович, Т. Р. Т. Современное состояние и перспективы развития основных понятий в области мехатроники // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2014. - № 1(89). - С. 156-164.
2. Бахвалов, Ю. А., Птах, Г. К. Современное состояние и перспективы развития новочеркасской научно-педагогической школы электротехников // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. - 2010. - № 5. - С. 3-16.
3. Власкин, Г. А., Доржиева, В. В., Иванов, А. Е. Цифровизация производства: состояние и перспективы использования цифровых технологий в промышленности // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2019. - № 9(12-1). - С. 57-65.
4. Махутов, Н. А., Петров, В. П., Куксова, В. И., Москвитин, Г. В. Современные тенденции развития научных исследований по проблемам машиноведения и машиностроения // Проблемы машиностроения и автоматизации. - 2008. - № 3. - С. 16-37.
5. Фадин, А. А., Аvezова, Я. Э. SIEM-решения по управлению и консолидации средств защиты информации // Автоматика. - 2015. - № 1. - С. 27.
6. Бабичев, В., Игнатов, А. В., Александров, Е. В. Теория автоматического регулирования-история, современное состояние и перспективы развития // Известия Тульского государственного университета Технические науки. - 2021 - № 2. - С. 446-459.

Чжуан С.<sup>1</sup>, Сунь Х.<sup>2</sup>, Лу Ц.<sup>1</sup>

### Применение технологий Интернета вещей в управлении библиотеками

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО

<sup>2</sup>БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-456

#### Аннотация

Компьютерные технологии Интернета вещей, как новая информационная технология, постепенно проникают в различные отрасли, и управление библиотеками является одним из важных направлений их применения. С помощью технологий Интернета вещей библиотеки могут осуществлять интеллектуальное управление книгами, что повышает эффективность управления и улучшает пользовательский опыт. Статья начинается с определения технологий Интернета вещей и ключевых технологий, анализирует текущее состояние и потребности управления библиотеками, обсуждает конкретные модели применения технологий Интернета вещей в управлении библиотеками и прогнозирует их будущее развитие и потенциальное влияние.

**Ключевые слова:** технологии Интернета вещей, управление библиотеками, технологии RFID.

#### Abstract

As an emerging information technology, computer Internet of Things (IoT) has gradually permeated various industries, and library management is one of its significant applications. Through IoT technology, libraries can achieve intelligent management of books, enhancing both management

efficiency and user experience. In the U.S., many libraries have adopted IoT to streamline their operations, such as using RFID systems for real-time tracking of books, automatic book check-ins, and user data analytics to improve services. This trend is becoming more prevalent, especially in larger metropolitan areas. The article begins with the definition of Internet of Things (IoT) technology and its key technologies, analyzes the current situation and needs of library management, explores the specific application models of IoT technology in library management, and looks ahead to its future development trends and potential impacts.

**Keywords:** internet of Things (IoT) technology, library management, RFID technology.

### Определение и основы Интернета вещей (IoT)

Интернет вещей (IoT) стал одним из самых перспективных направлений в современном информационном мире. Это находит отражение в активном развитии российских компаний в области радиоэлектронной промышленности, а также в значительном спросе на IoT в промышленном секторе экономики.

Технологии Интернета вещей находят широкое применение в различных областях, включая умный дом, интеллектуальный транспорт, промышленную автоматизацию и здравоохранение. В управлении библиотеками технологии Интернета вещей могут обеспечить интеллектуальное управление книгами, повысить эффективность управления, оптимизировать пользовательский опыт и способствовать современному развитию библиотек.

### Ключевые технологии для Интернета вещей

Реализация технологий Интернета вещей зависит от множества ключевых технологий, которые совместно составляют основу Интернета вещей.

Прежде всего, сенсорные технологии являются основным компонентом уровня восприятия Интернета вещей. Они позволяют обнаруживать различные физические параметры окружающей среды, такие как температура, влажность и освещенность, и преобразовывать их в электрические сигналы, что служит основой для сбора данных. Технология радиочастотной идентификации (RFID) — это бесконтактная автоматическая идентификация, которая использует радиосигналы для распознавания объектов и обмена данными. Она широко применяется в библиотеках для управления выдачей и возвратом книг, инвентаризации и о

Во-вторых, технологии встроенных систем предполагают интеграцию специализированных компьютерных систем в определённые приложения для обеспечения сбора, обработки и передачи данных, что гарантирует реальное время и надёжность системы.

Коммуникационные технологии являются одними из ключевых компонентов Интернета вещей. Близкие технологии связи, такие как Wi-Fi, Bluetooth и Zigbee, используются для передачи данных на короткие расстояния между устройствами; в то время как дальние технологии, такие как сотовые сети (4G/5G) и LoRa, предназначены для передачи данных на большие расстояния и подключения устройств.

Что касается сетевых протоколов, то из-за огромного количества устройств Интернета вещей и объёма передаваемых данных требуется эффективный и надёжный сетевой протокол для обеспечения качества передачи данных. Распространённые сетевые протоколы Интернета вещей, такие как MQTT, CoAP и HTTP, играют важную роль в передаче данных и управлении устройствами.

Технологии обработки и анализа данных являются ключевыми в системах Интернета вещей. Перед лицом огромных объёмов данных необходимы эффективные методы обработки и анализа для извлечения ценной информации. Технологии больших данных, добычи данных и распознавания образов широко используются в обработке и анализе данных Интернета вещей.

Наконец, технологии облачных вычислений предоставляют мощные возможности для хранения и обработки данных, поддерживая масштабную обработку и анализ данных систем

Интернета вещей. С помощью облачных платформ можно осуществлять оперативную обработку и интеллектуальный анализ данных Интернета вещей, предоставляя поддержку для принятия решений в различных приложениях. Эти ключевые технологии взаимодополняют друг друга, создавая полную систему технологий Интернета вещей и способствуя их широкому применению и развитию в различных областях.

Технология RFID находит конкретное применение в библиотеке на нескольких этапах, включая управление выдачей и возвратом книг, инвентаризацию, локализацию книг и противоугонный мониторинг.

В управлении выдачей и возвратом книг RFID значительно упрощает процесс. На входе в библиотеку и в терминалах самообслуживания устанавливаются RFID-ридеры. Когда читатели берут или возвращают книги, им просто нужно разместить книги рядом с ридером, и устройство автоматически считывает информацию с RFID-меток книг и читателей, завершив регистрацию операции. Этот процесс занимает всего несколько секунд, что значительно повышает эффективность выдачи и возврата книг, сокращая время ожидания для читателей.

Что касается инвентаризации, применение технологии RFID позволяет библиотекам быстро и точно проводить учёт книг. Библиотекари оснащены мобильными RFID-ридерами, которые просто необходимо перемещать между полками, чтобы устройство автоматически сканировало и записывало информацию с RFID-меток каждой книги. Сканируемая информация в режиме реального времени передаётся в основную систему, которая автоматически генерирует отчёты об инвентаризации, помечая недостающие книги или неверно размещённые экземпляры. Это не только значительно сокращает время и трудозатраты на инвентаризацию, но и повышает точность и актуальность данных.

В области локализации и отслеживания книг RFID также предоставляет большие преимущества. Каждая книга имеет уникальный идентификационный код на своей RFID-метке, что позволяет библиотечному управленческому программному обеспечению в режиме реального времени обновлять информацию о местоположении книг. Если читатель ищет определённую книгу, система может быстро указать её точное местоположение, и читатель просто следует предоставленным системе указаниям. Кроме того, технология RFID помогает администраторам своевременно разрабатывать стандарты внедрения технологий

В процессе внедрения технологии IoT в библиотеках разработка стандартов технической реализации является ключевым шагом в обеспечении эффективности и надёжности функционирования системы. Внедрение технологии IoT предполагает интеграцию различных технических средств и устройств, таких как RFID-метки, датчики, считыватели, сетевые устройства передачи данных и т.д. Необходимо обеспечить совместимость и взаимодополняемость этих устройств и технологий. Для обеспечения совместимости и интероперабельности этих устройств и технологий библиотекам необходимо разработать единые стандарты реализации технологий. Эти стандарты должны включать технические спецификации на аппаратные устройства, стандарты разработки программных систем, протоколы передачи данных, стандарты интерфейсов и т.д. В частности, библиотеки должны определить технические параметры и требования к производительности различных типов оборудования, такие как расстояние чтения/записи RFID-меток, точность и чувствительность датчиков и т.д., чтобы обеспечить стабильность и надёжность оборудования в практическом применении; в отношении программной системы сформулировать единый стандарт разработки и спецификации интерфейса данных, чтобы обеспечить бесперебойный и беспрепятственный обмен данными между различными системами; в отношении передачи данных принять При передаче данных используются стандартизированные протоколы передачи данных и технологии шифрования для обеспечения безопасности данных в процессе передачи.

Применение технологии Интернета вещей (IoT) в управлении библиотеками позволяет автоматизировать и улучшить управление через такие средства, как RFID, системы мониторинга среды и персонализированные сервисы. IoT повышает эффективность операций с книгами, оптимизирует контроль окружающей среды и улучшает пользовательский опыт. Сочетание с анализом больших данных улучшает обслуживание и принятие решений библиотеками. Однако существуют проблемы с безопасностью данных, разработкой стандартов и другими вопросами, требующими исследований. В будущем IoT будет играть ключевую роль в развитии библиотек, повышая их интеллектуальность и эффективность.

\*\*\*

1. О компании ООО «Вега-Абсолют. - URL: <https://vega-absolute.ru/manufacture/> (дата обращения: 16.10.2023). Пригожин, А. И. Инноваторы как социальная категория // Методы активизации инновационных процессов. М., 1998. С. 4-12.
2. Pipe Insulation Monitoring система дистанционного контроля состояния изоляции ПИ-труб TELEOFIS. - URL: [https://iice.by/solutions\\_products/pi\\_monitoring/](https://iice.by/solutions_products/pi_monitoring/) (дата обращения: 16.10.2023).
3. Васильев И. Спутниковый IoT для нефтегазовой промышленности // технологии и средства связи. - 2020. - № s1. - с. 84-85. - edn: cdcipx.

**Чкалов Р.В., Кочуев Д.А., Чкалова Д.Г.**

**Генерация второй гармоники как критерий оценки результатов ГИП-обработки  
сульфида цинка**

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ)  
(Россия, Владимир)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-457

**Аннотация**

В работе представлен метод оценки эффективности рекристаллизации структуры сульфида цинка на основании оценки способности к генерации второй гармоники. Рассмотрен эксперимент по воздействию наносекундного лазерного излучения на образцы ZnS. Показаны спектры излучения материала до и после ГИП-обработки, генерируемые под воздействием лазерного излучения.

**Ключевые слова:** ГИП-обработка, сульфид цинка, наносекундное лазерное излучение, генерация второй гармоники.

**Abstract**

The paper describes a method for assessing the efficiency of zinc sulfide structure recrystallization based on assessing the ability to second harmonic generation. An experiment on the effect of nanosecond laser radiation on ZnS samples is considered. The emission spectra of ZnS before and after HIP-processing, generated under the influence of laser radiation, are shown.

**Keywords:** HIP-processing, zinc sulfide, nanosecond laser radiation, second harmonic generation.

Основным методом получения оптического сульфида цинка мультиспектрального качества является CVD-синтез ZnS с последующей обработкой заготовок посредством горячего изостатического прессования [1]. Использование горячего изостатического прессования для редуцирования напряженного состояния в структуре материала является достаточно универсальным методом, использование которого распространено, в частности, в направлениях улучшения свойств оптической керамики лазерного качества [2]. Одним из критериев оценки

эффективности рекристаллизации структуры сульфида цинка в результате ГИП-обработки является снижение способности оптического материала к генерации второй гармоники.

Было проведено исследование образцов ZnS до и после горячей изостатической обработки. В качестве источника излучения использовался наносекундный волоконный лазер с длиной волны 1064 нм, длительностью импульса 100 нс, средней мощностью до 20 Вт. Регистрировалось рассеянное излучение для предотвращения повреждения чувствительных элементов оптики. Для проведения спектральных измерений использовались цилиндрические образцы ZnS толщиной 5 мм, диаметром 25 мм, с плоской боковой гранью, через которую осуществлялась регистрация люминесценции. Плоские поверхности были полированы до оптического качества.

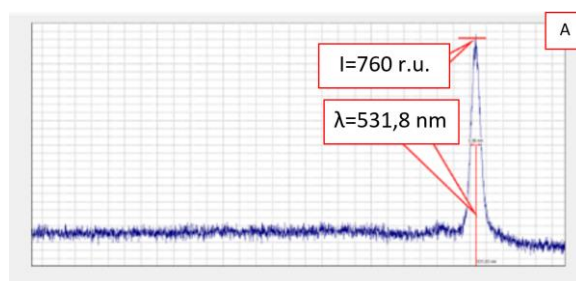


Рисунок 1. Спектр излучения ZnS CVD до ГИП-обработки.

На рисунке 1 представлен спектр излучения ZnS CVD. Зарегистрировано излучение на длине волны 531,8 нм, с интенсивностью 760 относительных единиц. Согласно литературным данным, широкие межкристаллитные и межзеренные границы содержат высокую плотность неравновесных дефектов, имеют разупорядоченную структуру.

Проблема напряженного состояния границ дислокаций рассматривалась в работе [3]. При изучении поглощения лазерного излучения рассматривалась проблема поглощения на дефектах кристаллической решетки, обеспечивающих основное поглощение лазерного излучения. Согласно литературным данным, описанным в работе [4], на основе результатов рентгеноструктурного анализа и кинетики травления авторы установили, что широкие межкристаллитные и межзеренные границы содержат высокую плотность неравновесных дефектов: точечные дефекты и их комплексы, дислокации, нанопоры в тройных стыках и другая совокупность установленных фактов позволяет судить, что межкристаллитные границы имеют разупорядоченную структуру и повышенную энергию [5]. Согласно данным, представленным в работе [6], в соединениях АПВVI существуют дислокации с ненасыщенными оборванными связями в ядре. Эти оборванные связи и являются основной причиной электрической активности дислокаций и наличия на них заряда. В работах [7-9], посвященных исследованию люминесцентных свойств наночастиц ZnS, отмечалось использование легирующих элементов для получения оптического отклика.

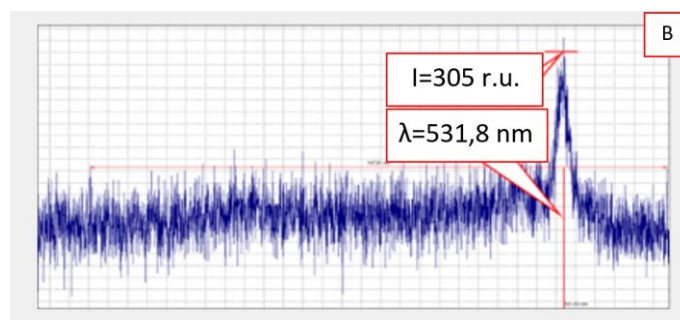


Рисунок 2. Спектр излучения ZnS CVD после ГИП-обработки.

На рисунке 2 представлен спектр излучения ZnS после ГИП-обработки. Зарегистрировано излучение на длине волны, аналогичной предыдущему, интенсивность сигнала составила 305 относительных единиц. Для образцов до ГИП интенсивность излучения значительно превосходит интенсивность излучения образцов после обработки. Стоит также отметить значительный разогрев необработанных образцов в процессе проведения экспериментов.

На основании представленных экспериментальных и литературных данных можно предположить, что наличие дефектов кристаллической решетки ZnS позволяет поглощать падающее импульсное излучение и генерировать излучение второй гармоники в результате процессов релаксации. Данный механизм реализуется в отсутствии каких-либо примесей, способствующих процессам преобразования энергии и светоиспускания.

Использование горячего изостатического прессования для редуцирования напряженного состояния в структуре является достаточно универсальным методом, тем не менее, не все дефекты могут быть устранены в результате обработки (см. рисунок 3). Причиной тому служит отсутствие материала в области дефекта, окончание рекристаллизационных процессов, из-за чего диффузионные процессы залечивания структурной анизотропии невозможны.

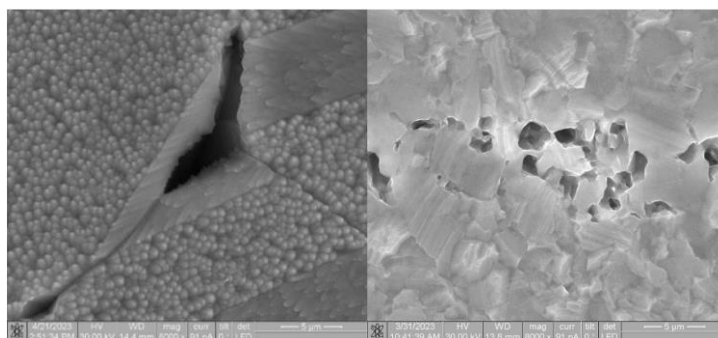


Рисунок 3. РЭМ-изображение дефектов структуры ZnS, не устранимых в процессе ГИП-обработки.

Таким образом, снижение интенсивности генерируемого излучения второй гармоники может быть использовано как критерий оценки снижения количества дефектов кристаллической решетки ZnS в результате ГИП-обработки.

\*\*\*

1. Chkalov R. V., Gerke M. N., Kochuev D. A., Chkalova D. G. Obtaining the multispectral grade of ZnS by hot isostatic pressing // 2022 International Conference Laser Optics (ICLO). – IEEE, 2022.
2. Balashov V. V. et al. Synthesis and spectral-luminescent properties of optical ceramics based on Er<sup>3+</sup>-doped Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2022. – Vol. 86. – № 6. – Pp. 738-742.
3. Осипов В. В., Лисенков В. В., Платонов В. В., Тихонов, Е. В. Процессы взаимодействия лазерного излучения с пористыми прозрачными материалами при их абляции // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48. – № 3. – С. 235-243.
4. Шеваренков Д. Н., Щуров А. Ф. Диэлектрические свойства поликристаллического ZnS // Физика и техника полупроводников. – 2006. – Т. 40. – № 1. – С. 35.
5. Щуров А. Ф. и др. Структура и механические свойства поликристаллического сульфида цинка // Неорганические материалы. – 2004. – Т. 40. – № 2. – С. 138-143.
6. Осипьян Ю.А., Петренко В.Ф. Физика соединений A<sub>2</sub>B<sub>6</sub>, под ред. А.Н. Георгобиани, М.К. Шейнкмана. – М.: Наука. – 1986.
7. Chalana S. R., Vinodkumar R., Navas I., Ganesan V., Pillai V. M. Influence of argon ambience on the structural, morphological and optical properties of pulsed laser ablated zinc sulfide thin films // Journal of luminescence. – 2012. Vol. 132. – № 4. – Pp. 944-952.
8. Bhattacharjee B., Lu C. H. Multicolor luminescence of undoped zinc sulfide nanocrystalline thin films at room temperature // Thin Solid Films. – 2006. – Vol. 514. – № 1-2. – Pp. 132-137.
9. Shamsipur M., Rajabi H. R. Pure zinc sulfide quantum dot as highly selective luminescent probe for determination of hazardous cyanide ion // Materials Science and Engineering: C. – 2014. – Vol. 36. – Pp. 139-145.

Чкалов Р.В., Кочуев Д.А., Чкалова Д.Г.

## Исследование ZnS методом послышной регистрации рассеяния лазерного излучения

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ)  
(Россия, Владимир)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-458

## Аннотация

В рамках работы проведено исследование рассеяния лазерного излучения на дефектах структуры образца поликристаллического CVD ZnS. Предполагается, что поры, содержащиеся в структуре материала, меньше либо сопоставимы с длиной волны видимого излучения. Для получения рассеяния использованы источники лазерного излучения видимого спектрального диапазона и детектор с соответствующей спектральной чувствительностью.

**Ключевые слова:** метод CVD, сульфид цинка, рассеяние лазерного излучения.

## Abstract

The work included a research of laser radiation scattering on structural defects of a polycrystalline CVD ZnS sample. It is assumed that the pores contained in the material structure are smaller than or comparable to the wavelength of visible radiation. To obtain scattering, sources of laser radiation in the visible spectral range and a detector with the corresponding spectral sensitivity were used.

**Keywords:** CVD method, zinc sulfide, laser radiation scattering.

В рамках исследования были поставлены две задачи:

1. Выявить оптимальную длину волны источника лазерного излучения для регистрации рассеяния на оптических неоднородностях, структурной анизотропии, позволяющую получать контрастные изображения на максимально возможной глубине относительно поверхности материала.
2. Выявить оптимальное разрешение и расстояние Z-сканирования для получения представления о характере распределения дефектов, их размерах, проценте содержания порового пространства в структуре образца.

Выявления дефектов в объеме образцов сульфида цинка, полученных методом CVD, осуществлялось путем регистрации рассеяния лазерного излучения на структурных неоднородностях и анизотропии [1-5]. Исследование проводилось в спектральном диапазоне 400-800 нм и 1100 нм, что обусловлено спектральной чувствительностью используемого приемника излучения (квантовая эффективность которых представлена на рисунке 1).

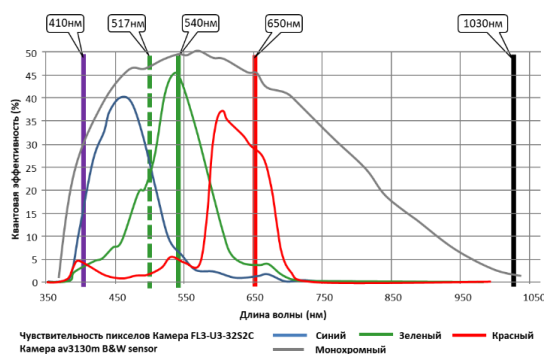


Рисунок 1. Квантовая эффективность матрицы CCD камеры с обозначением полос регистрируемого излучения.

Для получения графика рассеяния были использованы диодные источники непрерывного лазерного излучения видимого спектрального диапазона и источник фемтосекундного лазерного излучения, – для возбуждения люминесценции на дефектах структуры образца. Лазерное излучение направлялось на полированный торец образца под

углом, близким к нормали, согласно схеме, представленной на рисунке 2. Образец перемещался по вертикальной оси с использованием прецизионного линейного транслятора. Регистрация изображения рассеяния осуществлялась для каждого положения образца.

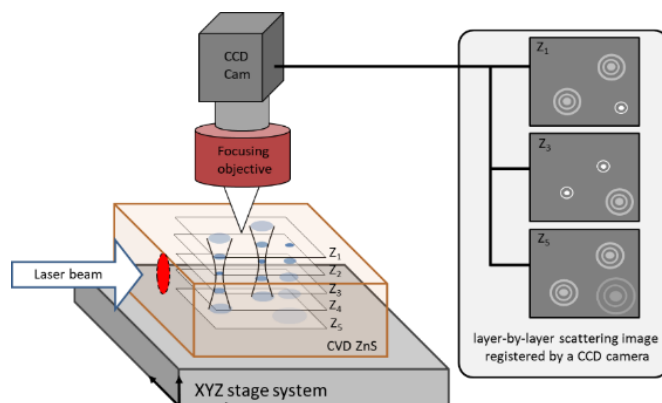


Рисунок 2. Схема эксперимента послойной регистрации структурных неоднородностей в объеме оптического материала.

Образец помещался на X-Y-Z платформу, включающую в себя X-Y транслятор AEROTECH ANT130XY и вертикальную ось на базе STANDA 8MT167-25. Торец исследуемого образца облучался с использованием непрерывных диодных источников и импульсного фемтосекундного лазера. Длины волн непрерывных источников лазерного излучения – 410, 540, 650 нм, средней мощностью 100 мВт. Диаметр пучка на поверхности образца составлял 2 мм. Кроме этого, было проведено исследование с использованием фемтосекундного лазерного излучения с длиной волны 1030 нм, длительностью импульса 280 фс, энергией в импульсе 150 мкДж. Лазерное излучение направлялось на вертикальную грань рядом с верхним ребром.

С помощью камеры, установленной на портално-перископическую оптическую систему, было зарегистрировано рассеяние на дефектах структуры материала, на которые попадал луч лазера. Пучок лазерного излучения, направленный на плоскую грань торца образца, входил в нее под небольшим углом, позволяющим эффективно подсвечивать как структурные дефекты, так и дефекты на поверхности образца, обращенной к системе регистрации изображений.

Дефекты структуры CVD сульфида цинка распределены по объему образца случайным образом. Локализовать зоны распределения дефектов крайне затруднительно, что связано с мелкозернистой структурой материала. Структурные неоднородности могут выступать в виде разупорядоченной поликристаллической структуры по границе зерна, наличия порового пространства.

Эксперимент был проведен на одном и том же участке образца. Исследование происходило с изменением положения образца относительно плоскости фокусировки объектива. Были сделаны снимки разных слоёв образца, отличающиеся расстоянием от поверхности до фокальной плоскости фокусировки объектива. Всего зарегистрировано 30 снимков для каждого лазера. Положение образца на каждом снимке отличается на 5 мкм. Начальной точкой съёмки являлась поверхность образца.

После завершения сканирования все сохранённые изображения были проанализированы для выявления оптимальной высоты регистрации рассеяния для каждой длины волны. Результаты качественной оценки отражены в таблице 1. На рисунке 3 представлена группа изображений, содержащая распределение рассеяния, позволяющее получить данные о структуре образца. Показан пример паразитных проекций рассеяния, препятствующих правильной интерпретации результатов регистрации.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что для исследования рассеяния лазерного излучения на дефектах предпочтительнее использовать лазер с длиной волны 1030 нм, поскольку пропускание в длинноволновой части спектра у CVD сульфида

цинка выше, и составляет величину порядка 30%. Люминесценция, полученная при воздействии фемтосекундного лазерного излучения, регистрируемая на длине волны 515-517 нм, является генерацией второй гармоники [6].

Таблица 1

Глубина регистрируемого рассеяния в зависимости от используемого источника лазерного излучения.

Глубина регистрации (мкм)	Возможность регистрации рассеяния на длине волны				
	410 нм	517 нм	540 нм	650 нм	1030 нм
30	да	да	да	да	да
40	да	да	да	да	да
50	да	да	да	да	да
60	да	да	да	да	да
70	нет	да	да	да	да
80	нет	да	да	да	да
90	нет	да	да	да	да
100	нет	да	да	да	да
110	нет	да	да	да	да
120	нет	да	да	да	да
130	нет	да	да	да	да
140	нет	да	да	да	да
150	нет	да	да	да	да
160	нет	да	да	да	да
170	нет	нет	да	да	да
180	нет	нет	да	да	да
190	нет	нет	да	да	да
200	нет	нет	да	да	да
210	нет	нет	да	да	да
220	нет	нет	да	да	да
230	нет	нет	нет	да	да
240	нет	нет	нет	да	да
250	нет	нет	нет	да	да
260	нет	нет	нет	да	да
270	нет	нет	нет	нет	да
280-675	нет	нет	нет	нет	да
≥ 680	нет	нет	нет	нет	нет

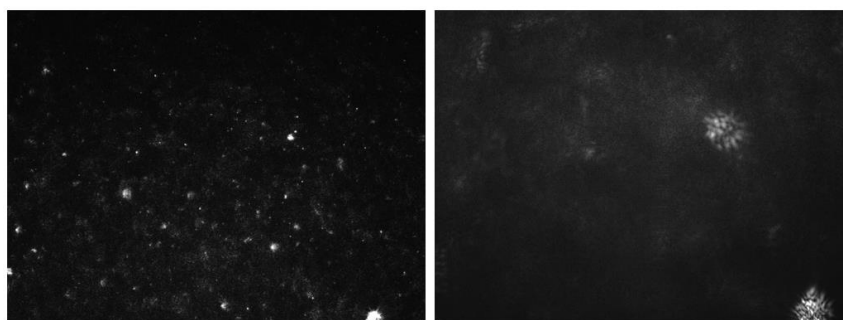


Рисунок 3. Пример изображений в градациях серого, полученных с разной глубины образца: пригодного для анализа распределения дефектов (слева), содержащего непригодные для анализа материалы (справа).

\*\*\*

1. Щуров А. Ф. и др. Структура и механические свойства поликристаллического сульфида цинка // Неорганические материалы. – 2004. – Т. 40. – № 2. – С. 138-143.
2. Bhattacharjee B., Lu C.H. Multicolor luminescence of undoped zinc sulfide nanocrystalline thin films at room temperature // Thin Solid Films. – 2006. – Vol. 514. – № 1-2. – Pp. 132-137.
3. Shamsipur M., Rajabi H.R. Pure zinc sulfide quantum dot as highly selective luminescent probe for determination of hazardous cyanide ion // Materials Science and Engineering: C. – 2014. – Vol. 36. – Pp. 139-145.

4. Ashwini K., Pandurangappa C., Avinash K., Srinivasan S., Stefanakos E. Synthesis, characterization and photoluminescence studies of samarium doped zinc sulfide nanophosphors // Journal of Luminescence. – 2020. – Vol. 221. – 117097.
5. Qasem A., Xiong P., Ma Z., Peng M., Yang Z. Recent advances in mechanoluminescence of doped zinc sulfides // Laser & Photonics Reviews. – 2020. – Vol. 15, № 12. – 2100276.
6. Zhang F., Wang H., Zhou X., Zhao Y. Second harmonic generation in zinc sulfide by femtosecond laser irradiation // Optics & Laser Technology. – 2020. Vol. 127. – 106145.

**Чкалов Р.В., Кочуев Д.А., Чкалова Д.Г.**

### Исследование микротвердости образцов ZnS до и после ГИП-обработки

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ)  
(Россия, Владимир)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-459

#### Аннотация

В работе рассматривается задача регистрации изменений микроструктуры сульфида цинка, вызываемых обработкой материала методом горячего изостатического прессования. Представлена методика измерения микротвердости образцов сульфида цинка. Показаны микрофотографии поверхности материала, а также результаты измерений твердости до и после ГИП-обработки.

**Ключевые слова:** горячее изостатическое прессование, сульфид цинка, измерение микротвердости.

#### Abstract

The paper considers the problem of register changes in the microstructure of zinc sulfide caused by processing the material by hot isostatic pressing. A method for measuring the microhardness of zinc sulfide samples is presented. Microphotographs of the material surface are shown, as well as the results of hardness measurements before and after HIP-processing.

**Keywords:** hot isostatic pressing, zinc sulfide, measuring the microhardness.

Исследование микроструктуры сульфида цинка – обширная и достаточно емкая задача. CVD ZnS [1] является поликристаллическим материалом, его кристаллиты имеют различную ориентацию в матрице, также установлено содержание значительных дефектных структур в межзерновом пространстве, которые оказывают существенное влияние на оптические и физико-механические свойства. Установить объективный стандарт, – некоторый регламентирующий документ о характеристике микроструктуры данного материала, достаточно сложно, так как использование стандартов, ориентированных на металлы или стекла, не отражает структурных особенностей сульфида цинка.

В данной работе представлены результаты измерения микротвердости образцов сульфида цинка до и после ГИП-обработки [2]. Кратко опишем основные положения разработанной методики проведения таких измерений, особенности данной операции применительно к используемому оборудованию и образцам материала, основанные на ГОСТ:

1. Зона воздействия индентора не должна приходиться на края кристалла, так как возможно выкраивание кромки кристалла из структуры образца, при этом невозможно осуществить измерение диагоналей отпечатка: значения не соответствуют действительности. Такие результаты недопустимы, необходимо правильно выбрать место отпечатка наконечника.
2. Необходимо выполнить пометку, прикладывая изображение отпечатка к протоколу, – в случае размера кристаллитов менее или близкими по размеру отпечатка индентора. Это необходимо из-за возможного неправильного толкования результатов измерения ввиду вышеописанных особенностей исследуемого материала.
3. При выявлении выкраивания части отпечатка результат не учитывается, необходимо выбрать другое место, избегая кромок микрокристаллов, стыков

- зерен, кромки границы зерна, выполнить измерение повторно с использованием данных рекомендаций.
4. Расстояние между отпечатками должно быть не менее 3-5 диагоналей отпечатка. Данная рекомендация применима при высокой хрупкости структуры исследуемого материала, когда в процессе измерений наблюдается выкрашивание измеряемого материала. При получении отпечатков с ровным контуром и контрастными кромками данное требование не является строгим.
  5. Необходимо выполнение не менее 10 измерений для получения усредненного значения, так как при каждом измерении микротвердости существуют отклонения результатов измерений, обусловленные нарушением формы отпечатка, погрешностью измерений области отпечатка, плавностью спуска индентора на поверхность образца, анизотропией структуры образца, не контролируемой при осмотре поверхности.
  6. Необходимо отступить от края образца не менее 1 мм, – это условие получено опытным путем и связано со структурными дефектами, вызванными механическими напряжениями в результате геометрии и/или механической обработки кромки заготовки.
  7. Поверхность, подверженная воздействию индентора, не должна иметь сколов, повреждений, загрязнений, глубоких царапин. Данное требование полностью определяет качество результатов измерений. Наличие дефектов поверхности также приводит к искажению формы отпечатка.

Измерения микротвердости осуществлялись с использованием микротвердомера. Оптическая система микротвердомера состояла из объектива с числовой апертурой 0,65 окуляра 15X с микрометром, оснащенным визирной сеткой, а также окулярной камерой, подключенной к персональному компьютеру. Алмазные наконечники – четырехгранная пирамида с квадратным основанием (Виккерс). Подробное описание соотношений пересчета диагоналей отпечатка индентора, перевод в значение Кнуп (значение твердости, соответствующее данному сульфиду цинка из литературных данных) выполнен с использованием таблиц перевода значений микротвердости.

Стоит отметить, что значение микротвердости отличается для образцов с различным размером зерна. В результате проведенных работ установлена тенденция к снижению значения микротвердости с увеличением размера зерна. Данная особенность описывается законом Холла-Петча, который даёт количественное описание увеличения предела текучести поликристаллического материала с уменьшением размера зерна. Закон основывается на описании дислокационных механизмов пластической деформации и утверждает, что границы зёрен тормозят движение дислокаций [3,4].

В результате значения микротвердости мелкозернистой структуры превосходят результаты измерений микротвердости монокристаллов или зерен, размер которых сопоставим или превосходит размеры отпечатка индентора микротвердомера. Некоторые результаты измерения микротвердости образцов ZnS представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения микротвердости.

Твёрдость по Виккерсу	Серия 1	Серия 2
HV <sub>до</sub> ГИП	173,83	133,72
HV После ГИП	143,59	160,71

Серия образцов 1 (рисунок 1-А) – образцы, имеющие исходно низкое пропускание в видимой части оптического спектра. В результате ГИП-обработки для них был достигнут практически теоретический предел оптического пропускания. Таким образом, регистрируется повышение локальной твердости кристаллита в результате большей сплошности структуры. Результаты измерения микротвердости после ГИП-обработки этой серии образцов соответствуют литературным данным.

Серия образцов 2 (рисунок 1-Б) – образцы, также имеющие исходно низкое пропускание в видимой части спектра. В результате ГИП-обработки зарегистрировано незначительное улучшение характеристик пропускания, одновременно наблюдалось увеличение размеров зерна, что является обычным для данного вида обработки. Серия образцов 2

продемонстрировала увеличение микротвердости после обработки. Наблюдаемые изменения с литературными данными расходятся [5,6].

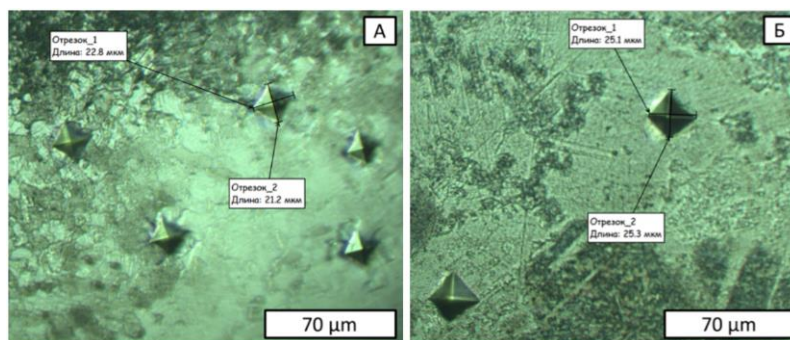


Рисунок 1. Изображение отпечатка индентора на поверхности ZnS. А – образец из серии 1 до ГИП-обработки, Б – образец из серии 2 после ГИП-обработки.

Расхождения в значениях твердости исходных образцов двух серий могут свидетельствовать об отличии методик проведения измерения микротвердости, так при попадании в грань кристаллита индентором наблюдается увеличение значения микротвердости на величину до 15%. В свою очередь, аномалия измерения значений микротвердости при сравнении данных образцов до и после ГИП-обработки объясняется значительным содержанием распределенных дефектов в структуре образцов, которые в процессе ГИП-обработки неоднородно выходят на границу зерна.

\*\*\*

1. Яшина Э. В. Получение и свойства поликристаллического ZnS для ИК-оптики // Неорганические материалы. – 2003. – Т. 39. – № 7. – С. 786-792.
2. Щуров А. Ф. и др. Структура и механические свойства поликристаллического сульфида цинка // Неорганические материалы. – 2004. – Т. 40. – № 2. – С. 400-403.
3. Николаева Е.П. Точечные дефекты в кристаллах: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 134 с.
4. Асабина Е. А. Дефекты в твердых телах и их влияние на свойства функциональных материалов: Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 65 с.
5. Караксина Э. В. Получение и свойства поликристаллического сульфида цинка для ИК оптики: дис. – Н. Новгород: [Ин-т химии высокочистых веществ Рос. акад. наук], 2004.
6. Li C., Xie T., Dai J., Kou H., Pan Y., Li J. Hot-pressing of zinc sulfide infrared transparent ceramics from nanopowders synthesized by the solvothermal method // Ceramics International. – 2018. – Vol. 44. – №1. – Pp. 747-752.

Uliankina I.V.

### Application of AI for enhancing climate resilience: technological solutions and their effectiveness

*Moscow State Institute of International Relations  
(Russia, Moscow)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-460

#### Abstract

The article examines the application of artificial intelligence (AI) to enhance the resilience of ecosystems to climate change. It explores how AI technologies improve modeling accuracy, enabling better predictions of extreme weather events. The role of AI in optimizing energy consumption, facilitating decarbonization, and improving environmental monitoring is highlighted. The effectiveness of AI-driven systems across various sectors is discussed. The article analyzes ways to address data access and ethical issues to ensure the effective implementation of AI in climate strategies.

**Keywords:** artificial intelligence (AI), climate resilience, decarbonization, climate modeling, environmental monitoring, energy optimization, climate adaptation.

### Аннотация

В статье рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) для повышения устойчивости экосистем к изменению климата. Изучается, как технологии ИИ повышают точность моделирования, позволяя лучше прогнозировать экстремальные погодные явления. Подчеркивается роль ИИ в оптимизации потребления энергии, содействии декарбонизации и улучшении мониторинга окружающей среды. Обсуждается эффективность систем, управляемых ИИ, в различных секторах. Анализируются способы решения проблем доступа к данным и этических проблем для обеспечения эффективного внедрения ИИ в климатические стратегии.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект (ИИ), климатическая устойчивость, декарбонизация, климатическое моделирование, экологический мониторинг, оптимизация энергопотребления, адаптация к изменению климата.

### Introduction

Climate resilience has emerged as a critical global priority in response to the increasing frequency and intensity of climate-related events. As the planet faces unprecedented environmental challenges, ranging from extreme weather events to long-term shifts in ecosystems, the need for effective mitigation and adaptation strategies has become more urgent.

The ability to process vast datasets and generate predictive models is revolutionizing the way climate-related issues are understood and managed, thanks to the integration of artificial intelligence (AI) technologies. By leveraging machine learning (ML), neural networks, and other AI-driven systems, scientists are better equipped to predict, mitigate, and respond to the impacts of climate change. The objective of this article is to explore the technological applications of AI in promoting climate resilience, examining both the scope of its contributions and the effectiveness of its implementation across various domains.

### The role of AI in climate modeling and prediction

Climate change is a global issue that affects ecosystems, economies, and societies around the world. According to the World Meteorological Organization (WMO), 2023 was the warmest year on record (fig. 1).

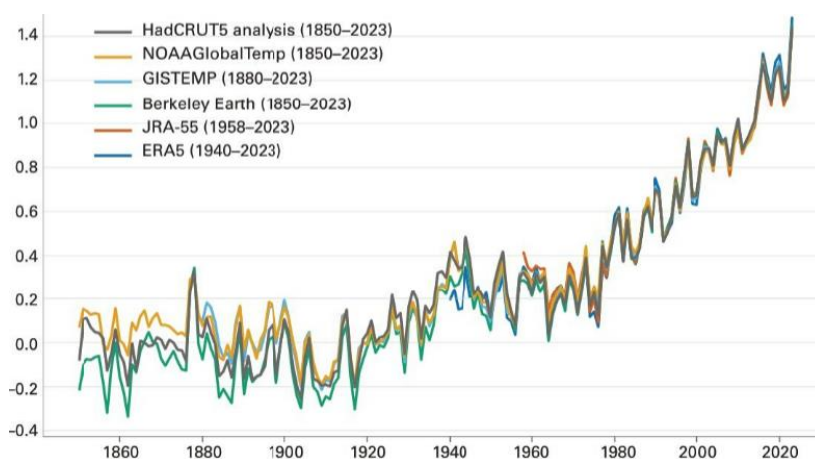


Figure 1. Annual global mean temperature anomalies, °C [1].

The global average surface temperature was approximately  $1.45 (\pm 0.12)$  °C higher than the 1850-1900 average. This temperature increase is driven by rising concentrations of greenhouse gases. Additionally, in 2023, 32% of the world's ocean areas experienced marine heatwaves on a daily basis, significantly surpassing the previous record of 23% in 2016 [1]. Climate warming continues to impact the cryosphere, with Antarctic Sea ice shrinking at a record pace. These changes highlight the urgency of developing accurate climate models to better predict and respond to the climate crisis.

The complexity of climate systems, which involve interactions between the atmosphere, oceans, land, and biosphere, makes precise predictions challenging. Traditional climate models, while

valuable, are often limited by their reliance on linear assumptions and the vast scale of data involved. AI is fundamentally transforming the field, offering innovative tools to enhance both the accuracy and scalability of climate modeling.

Handling large datasets allows for the **analysis of complex, non-linear relationships within climate systems**. ML algorithms are improving climate predictions by detecting patterns and trends in historical data that may not be apparent through conventional methods [2]. Neural networks model interactions between variables such as temperature, humidity, wind patterns, and greenhouse gas emissions, leading to more dynamic and accurate predictions of weather patterns and long-term climate changes.

The use of AI is expanding to include the **prediction of natural disasters** caused by climate change. In addition to decades of hurricane data collection, the National Hurricane Center (NHC) in Florida and private companies like **WindBorne Systems** in California use real-time data gathering to enhance forecasting. For example, the advanced global AI-based predictive model **WeatherMesh**, developed by WindBorne, tracked the projected path of Hurricane Ian, a Category 5 storm in 2022. Using AI-controlled meteorological balloons, WeatherMesh outperformed the National Weather Service (NWS) in both short- and long-term predictions, extending up to 70 hours (fig. 2).

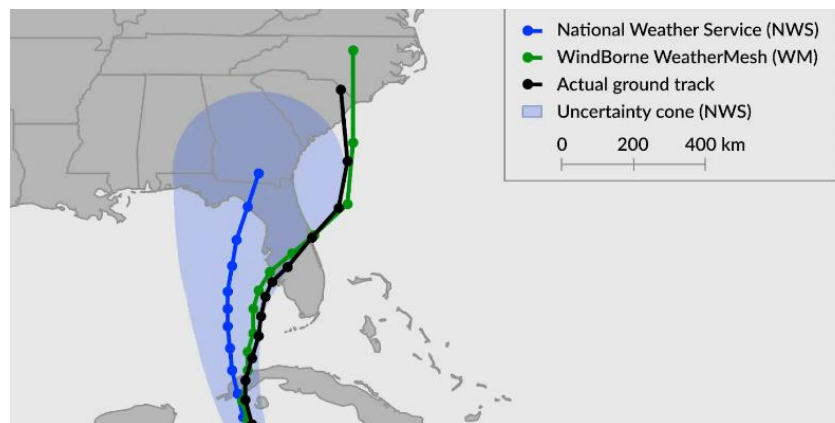


Figure 2. Ground track for hurricane Ian [3].

**Improving the temporal and spatial resolution of forecasts** is another significant advantage of AI. Traditional models often struggle with high-resolution predictions due to computational limitations. Deep learning and other advanced techniques downscale climate data to provide localized predictions, crucial for understanding regional impacts of climate change. This increased resolution enables policymakers and communities to better prepare for risks such as sea-level rise in coastal areas or droughts in agricultural regions [4].

The transformation of climate modeling is being driven by increasing accuracy, resolution, and adaptability through the use of AI. Processing complex, large-scale datasets and modeling non-linear climate processes represents a significant improvement over traditional method. As climate change continues to pose a global threat, these models will be essential in forecasting and mitigating its impacts more effectively.

#### **Applications of AI in monitoring and managing environmental systems**

Monitoring and managing environmental systems have become crucial as ecosystems face increasing threats from climate change, deforestation, biodiversity loss, and water scarcity. Traditional methods of environmental monitoring often rely on manual data collection, which can be time-consuming and prone to inaccuracies. The integration of AI into environmental management has revolutionized this process by enabling real-time data analysis, automation, and predictive modeling. AI technologies such as ML, remote sensing, and computer vision allow for more precise monitoring of ecosystems and their changes over time [5]. The use of AI in environmental monitoring not only enhances understanding of ecosystem dynamics but also improves sustainability efforts and helps to mitigate the adverse effects of change (table 1).

Table 1

*Applications of AI in monitoring and managing environmental systems [6, 7].*

<i>AI application</i>	<i>Environmental system</i>	<i>Function</i>	<i>Impact</i>
<i>Remote sensing and satellite imagery</i>	<i>Forests and biodiversity</i>	<i>Real-time monitoring of deforestation and habitat loss</i>	<i>Supports conservation efforts and biodiversity protection</i>
<i>AI-driven drones</i>	<i>Coastal and marine ecosystems</i>	<i>Monitoring coastal erosion and marine life</i>	<i>Provides data for sustainable coastal management</i>
<i>ML algorithms</i>	<i>Water resources</i>	<i>Predicting droughts and managing water resources</i>	<i>Enhances water conservation and planning efforts</i>
<i>AI-powered early warning systems</i>	<i>Forest fire and disaster zones</i>	<i>Real-time detection and prediction of forest fires</i>	<i>Reduces response times and mitigates damage</i>
<i>AI for agricultural monitoring</i>	<i>Agricultural land</i>	<i>Monitoring soil health and crop conditions</i>	<i>Improves sustainable farming practices</i>

The application of AI in the monitoring and management of environmental systems represents a substantial advancement in the fields of environmental conservation and sustainable development. AI significantly improves the accuracy and efficiency of data acquisition, enabling highly detailed and precise predictions of ecological changes. This precision is particularly critical as climate change accelerates, requiring more informed and timely decision-making processes. The ability of AI to process vast datasets and model complex interactions within ecosystems supports the development of proactive strategies to mitigate the growing impacts of climate change, making it an essential tool in modern environmental management.

#### **AI-based technological solutions for reducing decarbonization**

As the global community intensifies its efforts to combat climate change, reducing carbon emissions has become a primary objective in achieving sustainable development. AI's ability to analyze complex datasets and optimize processes in real time offers new ways to reduce energy consumption, improve industrial efficiency, and support the transition to renewable energy sources [8].

One of the most prominent applications of AI in decarbonization is in the energy sector. AI-driven systems are being used to optimize the operation of **smart grids**, improving the balance between energy supply and demand. Through real-time analysis of energy consumption patterns and predictive modeling, AI enables the integration of renewable energy sources such as wind and solar into the grid, minimizing reliance on fossil fuels [9]. By predicting fluctuations in energy generation and consumption, AI can ensure that excess renewable energy is stored and distributed efficiently, reducing wastage and lowering carbon emissions.

In the transportation sector, AI has been instrumental in advancing **electric vehicle (EV) technology** and promoting more sustainable urban mobility solutions. AI algorithms are used to optimize EV battery performance and extend battery life, addressing one of the critical challenges in widespread EV adoption [10]. For example, **Tesla** employs AI-driven software to enhance its battery management systems, optimizing energy use and extending the range of its vehicles, which significantly improves efficiency and user experience. AI-powered traffic management systems help reduce congestion and fuel consumption in urban areas by optimizing traffic flow and encouraging the use of public transportation. Autonomous vehicles, which rely heavily on AI, also hold significant potential in reducing emissions by enabling more efficient driving patterns and lowering fuel use.

The **manufacturing and industrial sectors** are experiencing significant advancements through the integration of AI technologies designed to improve efficiency and sustainability. For example, **Caterpillar Inc.**, a global leader in construction and mining equipment manufacturing, has implemented AI-powered systems to enhance its production processes. By utilizing ML algorithms, Caterpillar optimizes energy consumption and reduces material waste in heavy equipment manufacturing. Additionally, AI-driven predictive maintenance is employed to detect potential equipment failures, helping to minimize downtime and resource use.

As part of its decarbonization efforts, Caterpillar has achieved 35% reduction gas emissions from 2018 levels, demonstrating its commitment to lowering the environmental impact of its operations [11].

In agriculture, AI technologies are contributing to decarbonization through **precision farming** techniques that optimize the use of resources such as water, fertilizers, and energy. By analyzing vast amounts of data from sensors, drones, and satellite imagery, AI systems can determine the precise needs of crops, ensuring that inputs are applied only where and when necessary. This reduces the overuse of resources and minimizes the environmental impact of agricultural practices, leading to lower emissions associated with food production.

Finally, AI is playing an essential role in **carbon capture and storage (CCS)** technologies. ML models are being developed to improve the efficiency of carbon capture processes, identifying optimal conditions for capturing carbon dioxide from industrial emissions. These models also help in monitoring and managing stored carbon, ensuring long-term sequestration and preventing leaks. AI’s ability to optimize CCS operations is critical in scaling up these technologies to achieve meaningful reductions in global carbon emissions.

AI-based solutions are significantly advancing decarbonization efforts by optimizing energy efficiency, transforming transportation, enhancing industrial processes, and supporting sustainable agriculture. These technologies are essential for reducing global carbon emissions and achieving climate goals, paving the way for a more sustainable and low-carbon future.

**Features of implementing AI solutions for enhancing climate resilience**

The implementation of AI for enhancing climate resilience offers immense potential, but it is not without significant challenges and ethical concerns. These issues range from technical limitations like data access and computational requirements to broader ethical questions about equitable access to AI technologies, particularly in resource-constrained regions. Addressing these challenges is critical for ensuring that AI-driven solutions for climate resilience are both effective and fair.

Table 2

*Challenges and ethical considerations in implementing AI for climate resilience [12].*

<i>Category</i>	<i>Challenge</i>	<i>Description</i>	<i>Potential Solutions</i>
<i>Technical challenges</i>	<i>Data access and quality</i>	<i>Insufficient or inaccessible climate-related data, especially in developing regions.</i>	<i>Promoting open-access climate data platforms; standardizing data collection globally.</i>
	<i>Computational limits</i>	<i>High computational power and energy resources required for complex AI models.</i>	<i>Developing more energy-efficient AI models; expanding access to high-performance computing in vulnerable regions.</i>
<i>Ethical challenges</i>	<i>Inequitable access to AI tools</i>	<i>Disparities in technological infrastructure and resources, particularly in low-income regions.</i>	<i>Providing scalable and affordable AI solutions; open-access platforms and training programs.</i>
	<i>Skilled personnel shortage</i>	<i>Lack of expertise to operate and maintain AI systems in resource-constrained regions.</i>	<i>Implementing capacity-building initiatives; AI training programs for local communities.</i>
<i>Digital divide</i>	<i>Limited access to digital technologies</i>	<i>The gap between those with and without access to digital tools, exacerbating global inequalities.</i>	<i>Attracting investment in expanding digital infrastructure and ensuring affordable access to AI technologies.</i>

In the author's view, the successful integration of AI into efforts to enhance climate resilience requires a comprehensive approach that considers both technical and social factors. While AI has significant potential to improve the monitoring and prediction of climate risks, ensuring equal access to these technologies remains a crucial issue. Technological infrastructure and AI usage capabilities vary greatly across regions, potentially exacerbating existing global inequalities. Investments in infrastructure, education, and the development of accessible AI solutions are essential for the

successful global application of these technologies. It is important that such measures not only ensure technical efficiency but also promote equitable distribution of AI's benefits, particularly in regions most vulnerable to climate change.

### Conclusions

The integration of AI into climate change mitigation strategies demonstrates its significant potential in addressing climate-related challenges. AI-based technologies enhance the accuracy of climate modeling, allowing for better predictions of extreme weather events and long-term environmental changes. These advancements contribute to more effective mitigation strategies, such as optimizing energy consumption, accelerating decarbonization, and improving environmental monitoring through real-time data analysis. AI's ability to process large datasets and generate predictive models plays a critical role in shaping sustainable practices across various industries, including agriculture, transportation, and energy. Despite these technological advancements, the successful implementation of AI for enhancing climate resilience requires overcoming challenges related to data accessibility, equitable distribution of AI tools, and the digital divide. Addressing these obstacles is crucial to ensuring that AI technologies contribute comprehensively and effectively to global climate resilience.

\*\*\*

1. Climate change indicators reached record levels in 2023 / WMO // URL: <https://wmo.int/news/media-centre/climate-change-indicators-reached-record-levels-2023-wmo> (date of application: 27.08.2024)
2. Ibeuchi C. C., Richman M. B. Non-linear modes of global sea surface temperature variability and their relationships with global precipitation and temperature // *Environmental Research Letters*. 2024. V. 19. №. 2. P. 63-75.
3. AI Forecasting Case Study: Predicting Hurricane Ian / WindBorne Systems // URL: <https://windbornesystems.com/blog/ai-forecasting-case-study-predicting-hurricane-ian> (date of application: 29.08.2024)
4. Babaan J., Hsu F.T., Wong P.Y., Chen P.C., Guo Y.L., Lung S.C., Chen Y.C., Wu C.D. A Geo-AI-based ensemble mixed spatial prediction model with fine spatial-temporal resolution for estimating daytime/nighttime/daily average ozone concentrations variations in Taiwan // *Journal of Hazardous Materials*. 2023. V. 446. P. 130749.
5. Nova K. AI-enabled water management systems: an analysis of system components and interdependencies for water conservation // *Eigenpub Review of Science and Technology*. 2023. V. 7. №. 1. P. 105-124.
6. Pshychenko D. Evaluation of the effectiveness of implementing AI-based CRM systems // *Innovacionnaja nauka*. 2024. № 7-2/2024. P. 40-45.
7. Kristian A., Goh T.S., Ramadan A., Erica A., Sihotang S.V.. Application of ai in optimizing energy and resource management: Effectiveness of deep learning models // *International Transactions on Artificial Intelligence*. 2024. V. 2. №. 2. P. 99-105.
8. Stepanov M. Strategies for enhancing reliability and reducing energy consumption of electrical equipment in industry // *Proceedings of the XLIII International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World»*. Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2024.
9. Konstantinov D., Kolganov D. Adaptation refrigeration systems to extreme temperature conditions due to climate change: challenges and solutions // *Cold Science*. 2024. № 6. P. 31-39.
10. Jothamani K., Hemalatha S., Karthikeyan K. The futuristic trends for modern electric vehicles // *Artificial Intelligence-Empowered Modern Electric Vehicles in Smart Grid Systems*. Elsevier, 2024. P. 441-476.
11. 2023 Sustainability highlights & disclosures / Caterpillar // URL: <https://www.caterpillar.com/en/company/sustainability/sustainability-report.html> (date of application: 04.09.2024)
12. Jain H., Dhupper R., Shrivastava A., Kumar D., Kumari M. AI-enabled strategies for climate change adaptation: protecting communities, infrastructure, and businesses from the impacts of climate change // *Computational Urban Science*. 2023. V. 3. №. 1. P. 25.

## РАЗДЕЛ XXV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Айбушев Т.Ф.

### Добыча тяжелой нефти: преимущества и перспективы SAGD

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-461

#### Аннотация

В статье рассматриваются основные преимущества и перспективы технологии парогравитационного дренажа (SAGD) для добычи тяжелой нефти и битумов. Описываются принципы работы технологии, её экономическая эффективность и экологические аспекты. Особое внимание уделяется инновационным подходам, таким как использование растворителей и методы улавливания углерода, которые способствуют повышению эффективности и снижению воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** парогравитационный дренаж (SAGD), добыча тяжелой нефти, битумы, инновационные технологии, пар, нагнетание, нефтяная промышленность, теплообмен.

#### Abstract

The article discusses the main advantages and prospects of steam gravity drainage (SAGD) technology for the extraction of heavy oil and bitumen. The principles of the technology, its economic efficiency and environmental aspects are described. Special attention is paid to innovative approaches, such as the use of solvents and carbon capture methods, which contribute to increased efficiency and reduced environmental impact.

**Keywords:** steam gravity drainage (SAGD), heavy oil extraction, bitumen, innovative technologies, steam, injection, oil industry, heat exchange.

Парогравитационный дренаж (Steam Assisted Gravity Drainage, сокращенно SAGD) – передовая технология добычи тяжелой нефти и битуминозных песков. Поскольку традиционные методы добычи зачастую неэффективны из-за высокой вязкости нефти, так как затрудняет ее движение по пласту, была разработана технология SAGD, которая решает эту проблему путем нагрева нефти и снижения ее вязкости. Идея парогравитационного дренажа была впервые предложена инженером доктором Роджером Батлером в 1969 году. В основе технологии лежит закачка пара, который поднимается к верхней части пласта, создавая паровую камеру и снижая вязкость нефти. Под действием силы тяжести нефть стекает вниз и откачивается через добывающую скважину. При постоянной подаче теплоносителя паровая камера начинает расширяться в стороны.

В России технология SAGD начала применяться в начале 2000-х годов. Одним из первых проектов стало месторождение Ашальчинское, разрабатываемое ПАО «Татнефть». В 2016 году технология была успешно реализована на Ярегинском месторождении ПАО «Лукойл» в Республике Коми, что позволило увеличить добычу нефти на 25%.

Данная статья посвящена рассмотрению основных принципов работы, преимуществ и вызовов, связанных с применением технологии SAGD.

#### Принципы работы SAGD

Основная идея SAGD заключается в использовании пара для нагрева тяжелой нефти или битума, находящихся в пластах на большой глубине. Система SAGD состоит из двух горизонтальных скважин, пробуренных параллельно друг другу: одна скважина (инжекционная) расположена выше, а другая (продуктивная) ниже. Через верхнюю скважину в пласт закачивается насыщенный пар высокого давления. Из-за разницы в плотностях, пар поднимается к верхней части продуктивного пласта, формируя растущую паровую камеру. На

границе между паровой камерой и холодными нефтенасыщенными слоями происходит постоянный теплообмен, в результате которого пар конденсируется в воду. Эта вода вместе с нагретой нефтью стекает вниз к добывающей скважине под действием силы тяжести. Когда угол наклона границ паровой камеры уменьшается, это замедляет дренирование нефти. Несмотря на близкое расположение скважин, насыщение паром происходит в верхней части коллектора, а затем постепенно расширяется в стороны, охватывая большую площадь. (рис.1)



Рисунок 1. Технология добычи методом SAGD.

Эффективность метода SAGD зависит от дебита скважины, коэффициента извлечения нефти и накопленного паронефтяного фактора.

Итак, SAGD позволяет извлекать до 60-70% нефти из пласта, что значительно превышает результаты традиционных методов, при этом, в сравнении с методами открытых разработок, технология SAGD минимально нарушает поверхность земли и снижает количество отходов. Технология эффективна даже в условиях глубоких залежей и высокого давления, что делает ее универсальной для применения в разных геологических условиях.

Но данный процесс требует значительных объемов энергии для производства пара и значительных объемов воды, что может создать экологические риски в регионах с ограниченными водными ресурсами.

Одним из ключевых вызовов технологии SAGD является её воздействие на окружающую среду. Процесс нагнетания пара требует значительных энергетических затрат и приводит к выбросам парниковых газов. Для решения этой проблемы разрабатываются методы улавливания и хранения углерода (CCS), которые позволяют сократить выбросы CO<sub>2</sub>. Кроме того, ведутся работы по использованию возобновляемых источников энергии для генерации пара, что также способствует снижению углеродного следа.

Научные разработки направлены на повышение эффективности SAGD путем использования инновационных методов, таких как замена пара на смеси с растворителями или использование альтернативных источников энергии для производства тепла. Кроме того, разрабатываются способы более рационального использования воды и минимизации выбросов парниковых газов.

При использовании растворителей, таких как бутан и гексан, важным моментом является подбор правильной концентрации и температуры. Растворители не только уменьшают вязкость нефти, но и помогают разрушить связи между молекулами тяжелой нефти и породы, что облегчает перемещение нефти по коллектору. При этом уменьшается необходимое количество пара, что приводит к снижению общих энергозатрат на процесс. Таким образом, закачка пара с растворителем позволяет не только увеличить объем извлекаемой нефти, но и существенно повысить экономическую эффективность проекта, снижая эксплуатационные расходы. Кроме того, это решение может быть адаптировано для месторождений с низким пластовым давлением, где стандартный метод SAGD может не дать желаемого результата. Растворители помогают компенсировать недостаток давления, усиливая эффект термической обработки и улучшая дренаж нефти.

Электромагнитный метод SAGD развивается как инновационное решение для месторождений с труднодоступной нефтью, таких как мелкозалегающие или очень вязкие залежи. Индукционные нагревательные кабели позволяют значительно ускорить процесс нагрева пласта, что, в свою очередь, ведет к быстрому образованию паровой камеры и расширению ее до более значительных объемов. Локальный нагрев пласта не только ускоряет процесс, но и минимизирует потери тепла, делая процесс более энергоэффективным. Использование электромагнитного нагрева особенно актуально в условиях, где закачка большого количества пара нецелесообразна, например, из-за недостатка водных ресурсов или сложных геологических условий. Метод позволяет точечно нагревать продуктивные зоны, обеспечивая равномерный разогрев нефти и повышая эффективность ее дренирования.

Оба метода – закачка пара с растворителем и электромагнитный SAGD – представляют собой важные шаги на пути повышения эффективности разработки месторождений тяжелой нефти. Однако важно учитывать и ограничения каждого метода. Например, добавление растворителей может привести к увеличению затрат на химические реагенты, а электромагнитный нагрев требует дополнительных капиталовложений в оборудование и энергию. Кроме того, в случае с электромагнитным нагревом необходимо учитывать потенциальные риски перегрева пласта и изменения его структуры, что может повлиять на долгосрочную производительность скважин.

Итак, технология парогравитационного дренажа SAGD является одним из наиболее эффективных методов добычи тяжелой нефти и битума. Несмотря на ряд энергетических и экологических вызовов, SAGD остается перспективной технологией, особенно с учетом ее потенциала для дальнейшего улучшения и оптимизации процессов добычи.

\*\*\*

1. Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов: материалы межрегиональной научно-технической конференции (15–16 ноября 2012 г.) / Под ред. Н. Д. Цхадая. – Ухта: УГТУ, 2013. – 199 с.
2. Яртиева А.Ф. Природные битумы - уникальное энергетическое сырье // Вестник Казанского технологического университета, №12, Т.15, 2012. С. 296-297
3. T.N. Nasr, Alberta Research Council, Heavy Oil Recovery in Russia: Following the Canadian Lead SAGD & ES-SAGD TECHNOLOGIES .

**Айбушев Т.Ф.**

### **Оборудование для резервуаров: основные проблемы и меры по предотвращению аварий**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-462

#### **Аннотация**

В статье рассматриваются основные проблемы, связанные с выходом резервуаров из строя, такие как коррозия, механические повреждения, усталость материала, нарушение герметичности и влияние окружающей среды. Описаны меры по предотвращению аварий, включая регулярные осмотры и техническое обслуживание.

**Ключевые слова:** оборудование, резервуары, коррозия, механические повреждения, усталость материала, герметичность, техническое обслуживание, антикоррозийные покрытия.

#### **Abstract**

The article discusses the main problems associated with the failure of tanks, such as corrosion, mechanical damage, fatigue of the material, leakproofness and environmental influences. Accident prevention measures are described, including regular inspections and maintenance.

**Keywords:** equipment, tanks, corrosion, mechanical damage, material fatigue, tightness, maintenance, anti-corrosion coatings.

Резервуары являются неотъемлемой частью системы хранения и транспортировки жидких и газообразных веществ на промышленных объектах, таких как нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия и электростанции. В условиях их эксплуатации для хранения нефти и нефтепродуктов, особенно в климатически сложных регионах, значительно увеличились риски выхода этих емкостей из строя. А эти нарушения в работе уже приводят к экологическим катастрофам, экономическим потерям и угрозе жизни людей. Рассмотрим основные проблемы, связанные с выходом резервуаров из строя, а также меры, направленные на их своевременное выявление и предотвращение аварий.

Дефекты вертикальных резервуаров можно классифицировать на три группы: – дефекты, допускаемые при производстве и монтаже резервуаров; – дефекты, возникающие во время эксплуатации. – отсутствие информации о сертификатах на металлопродукцию резервуаров.

Первая группа — дефекты, допускаемые при производстве и монтаже резервуаров. На этапе изготовления металлоконструкций на заводе могут быть допущены технологические ошибки, такие как использование некачественной стали или нарушение технологического процесса сварки. Кроме того, на этапе строительства и монтажа резервуаров возможны ошибки, влияющие на прочность и устойчивость конструкции.

Вторая группа – это износ металлоконструкций при эксплуатации, особенно в условиях агрессивной среды (высокая влажность, низкие температуры, химически активные среды), металл резервуаров подвержен коррозии, возникновению трещин и другим повреждениям.

Основные проблемы:

1. Коррозия: внутренняя и внешняя коррозия может привести к утечкам и разрушению конструкции;
2. Механические повреждения, вызванные ударами, вибрацией или неправильной эксплуатацией, могут ослабить резервуар;
3. Усталость материала: постоянные циклы наполнения и опорожнения могут вызвать усталость материала, что приводит к трещинам и деформациям;
4. Проблемы с уплотнительными материалами и сварными швами могут привести к утечкам.

Третья группа включает в себя – отсутствие сертификатов на металлопродукцию. Одной из главных проблем является отсутствие сертификатов на металлоконструкции, ведущие к неправильным расчетам их срока службы. Для предотвращения аварий необходимо проводить исследования без вырезки образцов металлоконструкций резервуаров емкостью 10 000–50 000 м<sup>3</sup>, проверять данные о марке стали и её свойствах для расчетов прочности и долговечности резервуаров. Корректировка расчетных характеристик металла учитывает снижение фактических свойств стали. Также в некоторых случаях при производстве резервуаров используются стали с низким содержанием легирующих элементов, что снижает их прочностные и хладостойкие характеристики. Такие материалы подвержены образованию трещин и других дефектов, особенно при резких изменениях температур.

Одним из ключевых методов предотвращения аварий является регулярное обследование состояния резервуаров. Для этого применяются различные неразрушающие методы контроля, такие как ультразвуковая диагностика, рентгеновский контроль и тепловизионные исследования. Вовремя выявленные дефекты можно устранить до их перерастания в серьезные проблемы. Для защиты резервуаров от коррозии применяются специальные защитные покрытия, которые предотвращают взаимодействие металла с агрессивной средой. Современные полимерные покрытия обладают высокой устойчивостью к химическим веществам и погодным условиям, что значительно увеличивает срок службы резервуара.

Важным фактором предотвращения аварий является соблюдение всех технических регламентов по эксплуатации резервуаров. И проведение плановых ремонтных работ, таких как замена изношенных элементов, укрепление конструкций и восстановление защитных покрытий, позволит существенно продлить срок службы резервуаров и снизить риск аварий.

Оборудование, используемое для резервуаров необходимо для безопасной эксплуатации систем хранения жидкостей и газов.

Основные компоненты оборудования для резервуаров включает в себя клапаны, заслонки и краны, которые обеспечивают контроль за потоками жидкостей и газов, а также поддержание их безопасного уровня; насосы для перекачки жидкостей из резервуаров и обратно; датчики уровня жидкости, давления, температуры и автоматические системы сигнализации; системы вентиляции и дыхательных клапанов для предотвращения избыточного давления или вакуума в резервуаре; системы обогрева и теплоизоляции.

Для резервуаров, работающих в условиях низких температур, важна система обогрева и теплоизоляции. Отказ этих систем может привести к замерзанию жидкости, увеличению вязкости и снижению производительности.

Основные проблемы оборудования резервуаров:

- 1) Износ запорной арматуры и нарушение герметичности из-за коррозии, механического износа или неправильной эксплуатации, приводящее к утечкам, а также к невозможности контролировать потоки жидкостей, что увеличивает риск аварий.
- 2) Отказ насосов и их компонентов из-за перегрузки, неисправностей в электросистемах или засорения трубопроводов.
- 3) Неисправности датчиков и систем контроля за параметрами, такими как уровень, давление и температура, играет важнейшую роль в обеспечении безопасности. Поломка или сбой в работе датчиков может привести к позднему обнаружению критических ситуаций, таких как переливы, избыточное давление или перегрев.
- 4) Коррозия металлоконструкций и элементов оборудования, особенно в агрессивных химических средах, ведет к утечкам, снижению прочности металла и разрушению ключевых компонентов.
- 5) Повреждения теплоизоляционных и обогревательных систем резервуаров, хранящих вязкие или замерзающие вещества.

Выход резервуаров из строя — это комплексная проблема, требующая своевременного прогнозирования и принятия превентивных мер. Отсутствие сертификатов на металлопродукцию, дефекты при производстве и монтаже, износ металлоконструкций и неправильный выбор материалов — основные причины аварий, которые могут быть устранены за счет внедрения современных методов диагностики и мониторинга. Проведение регулярных обследований, использование высококачественных материалов и создание информационных систем позволит значительно снизить риски выхода резервуаров из строя и обеспечить их безопасную эксплуатацию.

\*\*\*

1. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности: ГОСТ Р 53324-2009. Введ. 2009-02-18. Москва: Стандартинформ, 2009. 12 с.
2. Оптимизированные подходы к решению задач безопасности и риска / В.Н. Шульженко, Н.Н. Северин, М.Н. Степанова, Ю.М. Гусев / Успехи современной науки и образования, 2016. С. 213-215.
3. Махутов Н. А. Метод оценки хладостойкости тонкостенных металлоконструкций/Н. А. Махутов, А. В. Лыглаев, А. М. Большаков // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2011. Т. 77, № 1. С. 49-53.

Полянская Е.А.<sup>1</sup>, Горячева А.А.<sup>2</sup>, Клейменова Т.В.<sup>2</sup>  
Анализ потерь нефтепродуктов при хранении в резервуарах

<sup>1</sup>Пензенский государственный университет

<sup>2</sup>Пензенский государственный технологический университет  
(Россия, Пенза)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-463

#### Аннотация

В статье приведен анализ потерь нефтепродуктов при хранении в резервуарах. На основании расчетов проведено сравнение допустимых и фактических значений потерь нефтепродуктов в резервуарах от естественной убыли. Рассмотрены возможные причины и охарактеризованы мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов при хранении.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, резервуар, хранение, потери.

#### Abstract

The article analyzes the losses of petroleum products during storage in tanks. Based on calculations, a comparison of acceptable and actual indicators of losses of petroleum products in reservoirs from natural production was carried out. Possible causes are considered and the characteristics of activities to reduce losses of petroleum products during storage are characterized.

**Keywords:** petroleum products, tank, storage, losses.

Хранение нефтепродуктов – это комплексный технологический процесс, для которого необходимо не только наличие специального оборудования, но и соблюдение строгих требований, гарантирующих сохранность топлива на протяжении длительного времени.

Основной целью хранения нефтепродуктов является сохранность не только их объемов, но и их качества, предотвращения порчи, высыхания, окисления и других негативных изменений, которые могут повлиять на свойства и эксплуатационные характеристики продукта.

Хранение нефтепродуктов осуществляется на нефтебазах или товарно-сырьевых парках нефтеперерабатывающих производств.

Основным назначением таких предприятий является обеспечение бесперебойного снабжения промышленности, транспорта, сельского хозяйства и других потребителей нефтепродуктами в необходимом количестве и ассортименте; сохранение качества нефтепродуктов и сокращение до минимума их потерь при приеме, хранении и отпуске потребителям.

К основным технологическим операциям на нефтебазах относятся: прием нефтепродуктов из железнодорожного транспорта и/или автоцистерн, а также из магистральных трубопроводов; хранение нефтепродуктов в резервуарах и отпуск через автоматизированную систему налива.

На нефтебазах хранение нефтепродуктов осуществляется в резервуарах, которые представляют собой герметичные емкости различного объема и конструкции.

В качестве объекта исследования выбрана нефтебаза, расположенная в Пензенской области. Основной вид деятельности нефтебазы – это прием, хранение и отпуск светлых нефтепродуктов. На территории нефтебазы расположен резервуарный парк, площадка слива из железнодорожных цистерн с эстакадой, участок налива в автоцистерны и административное здание. Резервуарный парк состоит из 11 вертикальных стальных резервуаров, общий объем которых составляет 5175 м<sup>3</sup>.

Хранение нефтепродуктов на нефтебазе регламентируется Приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 № 534 (ред. 31.01.2023) «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», в котором прописаны основные требования по приему и отгрузке нефтепродуктов, хранению светлых нефтепродуктов, сроки хранения нефтепродуктов и многое другое.

После перекачивания светлых нефтепродуктов в резервуар проводится замер, а также контроль качества слитого нефтепродукта в объеме контрольного испытания по показателям нормативных документов.

Замер резервуаров с нефтепродуктами производится стационарным уровнемером, устанавливаемым на каждый резервуар. Шток с поплавком постоянно погружен в жидкость, и в зависимости от ее уровня поплавков перемещается по штоку. Сигнал преобразуется электроникой в показания уровня, выводящиеся на дисплей. Эти датчики являются приборами постоянного учета уровня нефтепродуктов [1].

Графики периодического контроля качества нефтепродуктов на нефтебазе составлены таким образом, что все резервуары нефтебазы проверены не реже одного раза в 6 месяцев. Результаты периодических испытаний фиксируются в журналах испытаний. Зачистку резервуаров производят не менее 1 раза в 2 года.

Потери нефтепродуктов при хранении являются неизбежными и могут быть количественными, приводящие к уменьшению объема и качественные – ухудшают качество топлива.

Причинами потерь могут быть такие технологические операции, как некачественное или неосторожное хранение, непрофессиональный забор проб, использование резервуар плохого качества или давно отслужившего свой срок. При некачественном освобождении резервуаров, если разъемы инструментов для перекачки больше, чем отверстия тары, может происходить потеря нефтепродуктов. Смешивание различных сортов готового продукта (пересорт) так же может привести к частичной потере товара.

При хранении нефтепродуктов возникает их естественная убыль. Естественная убыль нефтепродуктов – это уменьшение массы при сохранении качества в пределах требований нормативных документов, являющиеся следствием физико-химических свойств нефтепродуктов, воздействия метеорологических факторов и несовершенства существующих в данное время средств защиты нефтепродуктов от испарения и налипания при транспортировании, приеме, хранении и отпуске [2].

Процесс испарения нефтепродуктов является наиболее убыточным для предприятия и наносит негативное воздействие на окружающую среду.

Естественное испарение нефтепродуктов происходит за счет внутреннего вдоха и выхода насыщенного паром воздуха через технологические отверстия и клапаны. Причинами испарения нефтепродуктов являются «малое и большое дыхание резервуаров».

Малое дыхание резервуаров связано с суточными изменениями температуры окружающей среды и хранимого продукта. В этом случае при нагревании резервуара происходит повышение давления в воздушном пространстве над зеркалом продукта и насыщенный его парами воздух выходит в атмосферу через вентиляционные отверстия или дыхательные клапаны. При снижении температуры окружающей среды и нефтепродуктов в резервуаре давление в нем падает, после чего происходит забор внешнего воздуха для компенсации разности давлений.

Большое дыхание резервуаров связано с процессами закачки нефтепродуктов в резервуар или слива при отпуске продукции. В ходе процесса закачки происходит вытеснение воздуха, насыщенного парами, в атмосферу, а при сливе – заполнение пространства над зеркалом продукта чистым атмосферным воздухом [2].

В таблице 1 приведен расчет и сравнительный анализ норм естественной убыли нефтепродуктов с фактическими значениями потерь при хранении на основании данных самого предприятия, Приказа Минэнерго России от 16.04.2018 № 281 (ред. от 14.09.2023) «Об утверждении норм естественной убыли нефтепродуктов при хранении» и научных работ Е. И. Зоря [3, 4, 5].

Таблица 1  
Анализ потерь бензина автомобильного АИ-92-К5 от естественной убыли при хранении до 1 месяца.

№ резервуара	Количество суток хранения	Масса нефтепродукта, т	Норма потерь кг/т сутки	Норма потерь, кг	Масса потерь, кг
PBC 3	2	109,668	0,003	0,658	0,680
PBC 3	2	158,001	0,003	0,948	0,980
PBC 3	2	167,039	0,003	1,002	1,036

PBC 3	4	479,308	0,003	5,751	5,943
PBC 3	3	861,996	0,003	8,027	8,017
PBC 3	10	921,621	0,003	27,648	28,570
<i>Итого по резервуару PBC 3:</i>				44,034	45,225
PBC 35	4	40,965	0,005	0,819	0,825
PBC 35	1	45,548	0,005	0,227	0,229
PBC 35	2	102,606	0,005	1,026	1,033
PBC 35	4	200,413	0,005	4,008	4,035
PBC 35	1	335,674	0,005	1,678	1,690
PBC 35	1	349,859	0,005	1,748	1,761
PBC 35	1	417,758	0,005	2,089	2,103
PBC 35	2	514,833	0,005	5,148	5,183
<i>Итого по резервуару PBC 35:</i>				16,743	16,857
PBC 40	7	55,241	0,005	1,933	1,946
PBC 40	1	393,632	0,005	1,968	1,981
PBC 40	5	398,316	0,005	9,958	10,024
PBC 40	1	401,961	0,005	2,010	2,023
PBC 40	2	531,366	0,005	5,314	5,349
PBC 40	2	574,45	0,005	5,744	5,782
<i>Итого по резервуару PBC 40:</i>				26,927	27,107
PBC 50	3	80,702	0,003	0,726	0,751
PBC 50	4	287,022	0,003	3,444	3,559
PBC 50	21	404,612	0,003	25,491	26,340
<i>Итого по резервуару PBC 50:</i>				28,936	30,650
<i>ИТОГО:</i>				116,64	119,839

Из таблицы видно, масса естественных потерь бензина при хранении АИ-92-К5 в PBC 3, PBC 35, PBC 40 и PBC 50 превышает допустимое значение и не соответствует нормам.

Анализ возможных причин потерь нефтепродуктов на нефтебазе показал, что испарению нефтепродуктов способствуют неплотные крышки и негерметичные соединения резервуаров, а также неисправность дыхательных клапанов.

Резервуары, эксплуатируемые сверх установленного срока службы, их некачественное обслуживание, неправильное выполнение ремонтных работ, отсутствие регулярных проверок на герметичность, несвоевременная замена изношенных деталей, так же являются причинами высоких потерь нефтепродуктов. Хранение нефтепродуктов при высоких температурах и интенсивном солнечном свете ускоряют процесс испарения, поэтому необходимо учитывать и обеспечивать оптимальные условия.

Неправильная загрузка и выгрузка резервуаров, несоблюдение технологических режимов перекачки так же являются одной из причин сверхнормативного испарения нефтепродуктов.

Таким образом, потери нефтепродуктов – это серьезная проблема, затрагивающая экономические, экологические и социальные аспекты. Внедрение комплексных мероприятий по учету, контролю и предотвращению потерь нефтепродуктов обеспечивает техносферную безопасность предприятия и способствует устойчивому развитию отрасли.

\*\*\*

1. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 г № 534 (ред. от 31.01.2023) Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»
2. Бологов, С. А. Актуальные причины потерь нефтепродуктов / С. А. Бологов // Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность : тезисы докладов. X Молодежная международная научно-практическая конференция, п. Развилка, 24–26 мая 2022 года. – п. Развилка: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ», 2022. – С. 50.
3. Приказ Минэнерго России от 16.04.2018 № 281 (ред. от 14.09.2023) «Об утверждении норм естественной убыли нефтепродуктов при хранении»

4. Зоря, Е.И. Оценка общедоступных технологий и методов определения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров при хранении /
5. Е.И. Зоря, О.В. Лощенкова // Экологический вестник России. – 2019. – № 1. – С. 14-20.
6. Зоря, Е.И. Сравнительный анализ методик расчета потерь легких фракций углеводородов из резервуаров хранения / Е.И. Зоря, И.В. Орехова, А.С. Черезова // Промышленный сервис. – № 3 (64), 2017 г.. – С. 12-17.

**Скок А.С.**

### **Разработка нефтяных месторождений: управление и контроль**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-464

#### **Аннотация**

Статья посвящена методам и подходам к управлению и контролю разработки нефтяных месторождений. Рассматриваются основные цели и задачи контроля, такие как оценка профилей притока, анализ флюидов и мониторинг технического состояния скважин. Обсуждаются современные технологии, их влияние на эффективность контроля и экологические аспекты.

**Ключевые слова:** управление, нефтяные месторождения, контроль, гидродинамика, геофизика, мониторинг, экологические аспекты, эффективность, ресурсы.

#### **Abstract**

The article is devoted to methods and approaches to the management and control of oil field development. The main objectives and tasks of control are considered, such as assessment of inflow profiles, fluid analysis and monitoring of the technical condition of wells. Modern technologies, their impact on the effectiveness of control and environmental aspects are discussed.

**Keywords:** management, oil fields, control, hydrodynamics, geophysics, monitoring, environmental aspects, efficiency, resources.

Разработка нефтяных месторождений является процессом, требующим значительных инвестиций и технологий на всех этапах, поэтому контроль и управление за этим процессом позволяет не только минимизировать риски, но и повысить эффективность извлечения ресурсов. Этот процесс включает в себя регулирование различных параметров, таких как давление, температура, состав флюидов и состояние оборудования, а также полноценный контроль на всех этапах разработки: гидродинамических, геофизических и лабораторных исследований, направленных на изучение изменений в нефтегазонасыщенности пластов. Эти исследования помогают анализировать процесс вытеснения нефти и газа, устанавливать эксплуатационные характеристики пласта и оценивать техническое состояние скважин.

Основная цель разработки заключается в максимальном извлечении нефти из недр при минимальных затратах и воздействии на окружающую среду.

Таким образом, разработка нефтяных месторождений включает несколько ключевых задач:

- Анализ геологических данных для определения потенциальных месторождений;
- Разработка проектной документации;
- Возведение необходимых объектов, включая скважины, установки и транспортные системы;
- Эксплуатация;
- Деактивация объектов и восстановление окружающей среды.

Существует несколько методов контроля за разработкой нефтяных месторождений:

- Технический контроль, то есть, использование современных технологий, таких как дистанционное зондирование и геофизические исследования, для мониторинга состояния месторождений.
- Экологический контроль – оценка влияния на окружающую среду, включая мониторинг выбросов и управление отходами.
- Финансовый контроль – анализ затрат и инвестиций, оценка экономической эффективности.
- Таким образом, контроль на каждом из этих этапов обеспечивает:
- Обеспечение соблюдения стандартов безопасности и охраны окружающей среды.
- Производительность скважин и оборудования для повышения эффективности.
- Контроль затрат и прогнозирование финансовых рисков.

Методы контроля:

Геофизические методы:

- Сейсморазведка – это использование сейсмических волн для изучения структуры подземных пластов и определения местоположения нефтяных залежей.
- Электромагнитные методы – это применение электромагнитных полей для оценки насыщенности пластов нефтью и водой.
- Гравиметрия и магнитометрия – измерение изменений гравитационного и магнитного полей для выявления аномалий, связанных с наличием углеводородов.

Промыслово-геофизические исследования:

- Каротаж – измерение физических параметров скважин, таких как плотность, пористость и насыщенность флюидами, с помощью специальных приборов.
- Термометрия – измерение температуры в скважине для определения зон притока нефти и воды.

Гидродинамические методы:

- Проведение испытаний для определения проницаемости и давления в пластах.
- Наблюдение за уровнем жидкости в скважинах для оценки эффективности заводнения и других методов увеличения нефтеотдачи.

Итак, эксплуатационные характеристики пластов определяются на основе данных, полученных из работающих скважин. Состояние эксплуатационной колонны и цементного камня за ней проверяется с помощью методов контроля технического состояния. Основные методы контроля включают:

- метод установившихся отборов;
- метод исследования неустановившихся процессов в пласте (после остановки скважин, смены режимов работы или изменения статического уровня);
- метод гидропрослушивания (анализ воздействия изменения режима работы на давление в соседних скважинах);
- изучение профиля притока и поглощения, а также параметров по разрезу пласта;
- контроль текущей нефтенасыщенности при вытеснении нефти водой;
- исследование свойств пласта с помощью калориметров (измерение тепловых процессов);
- индикаторные методы.

Успех разработки нефтяных залежей зависит от точности и тщательности выбранной методологии. В процессе разработки возникает необходимость в анализе и контроле состояния залежей, учитывающем новые данные о геологической структуре, полученные во время бурения и эксплуатации скважин. В настоящее время контроль за разработкой нефтяных месторождений стал отдельной научной областью, имеющей свои методики и оборудование.

Основные цели контроля за разработкой нефтяных и газовых месторождений включают:

- оценку профилей притока в скважинах, работающих на фонтане;
- анализ эффективности профилей притока в газовых и газоконденсатных скважинах;
- оценку воздействия обводняющих источников на нефтяные и газовые скважины;
- определение фазового состава флюидов в стволе скважины;
- исследование характеристик притока и источников обводнения в скважинах, работающих на компрессорах или с использованием свабирования;
- контроль за глубиной установки оборудования в скважине и за процессом перфорации;
- уточнение текущего состояния добычи полезных ископаемых;
- оценка состояния эксплуатационной колонны, выявление признаков износа и коррозии.

Контроль за разработкой нефтяных месторождений не ограничивается только экономическими и техническими аспектами; важно также учитывать экологические факторы. Контроль за воздействием разработки на окружающую среду включает:

- мониторинг выбросов и сбросов в окружающую среду;
- оценку воздействия на экосистемы и биоразнообразие;
- управление отходами и восстановление земель после завершения работ.

Так, эффективно подобранные методы контроля помогут не только повысить экономическую эффективность, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Методы контроля за разработкой месторождений представляют собой набор правил и рекомендаций, способствующих эффективному использованию ресурсов. Для успешной работы специалисты должны быть осведомлены о принципах этой операции, ее режимах, технологиях воздействия на углеводороды и методах их вытеснения различными агентами.

\*\*\*

1. Борисов Ю.П., Рябина З.К., Воинов В.В. Особенности проектирования разработки нефтяных месторождений с учетом их неоднородности.
2. Токарев М.А. Комплексный геолого-промысловый контроль за текущей нефтеотдачей при вытеснении нефти водой. -М.: Недра, 1990. -267 с
3. Гладков Е.А. Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа: учебное пособие/Е.А. Гладков; Томский политехнический университет. -Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. -99 с.
4. Сургучев М.Л. Методы контроля и регулирования процесса разработки нефтяного месторождения. -М.: Недра, 1986. -299 с.

**Скок А.С.**

### **Система обработки сточных вод**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-465

#### **Аннотация**

В данной статье представлены методы обезвоживания осадков, включая механические, термические и химические подходы. Особое внимание уделяется методам утилизации осадков, таким как захоронение на полигонах, компостирование, сжигание и использование в строительстве. Описаны преимущества и недостатки каждого метода, а также их влияние на окружающую среду.

**Ключевые слова:** обезвоживание осадков, утилизация осадков, сточные воды, механическое обезвоживание, термическое обезвоживание, химическое обезвоживание.

**Abstract**

This article presents methods of precipitation dewatering, including mechanical, thermal and chemical approaches. Special attention is paid to methods of disposal of sediments, such as landfill disposal, composting, incineration and use in construction. The advantages and disadvantages of each method, as well as their impact on the environment, are described.

**Keywords:** precipitation dewatering, precipitation utilization, wastewater, mechanical dewatering, thermal dewatering, chemical dewatering.

Сточные воды, поступающие на очистные сооружения, содержат разнообразные загрязнители, включая взвешенные вещества, органические соединения и тяжелые металлы. В процессе очистки воды образуется осадок, который требует дальнейшей обработки для безопасной утилизации или повторного использования. Обезвоживание осадков — ключевая стадия в системе обработки сточных вод, направленная на уменьшение объема осадка и повышение его пригодности для дальнейшей переработки или захоронения.

Термин осадки сточных вод представляет собой сложную смесь органических и неорганических веществ, содержащую патогены, микроэлементы и потенциально опасные химические соединения. На состав осадка влияют тип очистных сооружений, процессы очистки, а также характеристики сточных вод.

Осадок можно классифицировать на:

- Первичный осадок — образуется в результате механической очистки сточных вод (отстаивание, фильтрация).
- Активный ил — осадок, возникающий при биологической очистке с использованием микроорганизмов.
- Химически осажденный ил — осадок, возникающий при добавлении реагентов для осаждения загрязняющих веществ.

Основная цель обезвоживания — сокращение объема осадков для снижения затрат на транспортировку и последующую утилизацию. Существует несколько технологий обезвоживания:

- Механическое обезвоживание — наиболее распространенный метод, включающий использование оборудования, такого как центрифуги, пресс-фильтры и ленточные прессы. Эти технологии позволяют удалять до 80% воды, превращая осадок в полутвердую массу.
- Фильтр-прессы — устройство, которое с помощью фильтрующих пластин сжимает осадок, удаляя жидкую часть. Эти устройства используют, когда необходимо минимизировать влажность осадков перед их сушкой или сжиганием. Особенно эффективны фильтры-прессы при работе с промышленными стоками с высоким содержанием минеральных веществ.
- Вакуум-фильтры — они обезвоживают осадки без запаха и выделения песка, однако требуют сложного дополнительного оборудования (воздуходувки, насосы, ресиверы), что делает процесс менее надежным и энергозатратным.
- Центрифуги — за счет центробежной силы происходит разделение жидкой и твердой фаз. Этот метод становится все более популярным благодаря своей простоте, экономичности и возможностью получать осадки с низкой влажностью.
- Ленточные прессы — обезвоживание осадков происходит путем их пропускания через натянутые ленты, которые сжимают материал и отделяют воду.
- Термическое обезвоживание — применяется в случаях, когда механические методы не дают желаемого эффекта. Он включает испарение воды при высоких температурах, что значительно сокращает объем осадка, но требует значительных энергетических затрат.

В начале XX века использовалось анаэробное сбраживание в специальных емкостях с последующим естественным обезвоживанием на иловых площадках. Однако этот метод постепенно теряет актуальность из-за необходимости расширения площадей и риска вторичного загрязнения окружающей среды. Механическое обезвоживание стало более современным подходом, где осадки обрабатываются с использованием вакуум-фильтров и реагентов, но при этом, эксплуатация этих систем выявила такие недостатки, как высокая стоимость, низкая производительность и сложность обслуживания. На сегодняшний день наибольшую эффективность демонстрируют методы обезвоживания на центрифугах и фильтр-прессах с использованием органических флокулянтов. Особенно перспективными считаются шнековые дегидраторы и декантерные центрифуги, которые отличаются низким потреблением энергии, компактностью и возможностью работы в автоматическом режиме, что снижает эксплуатационные расходы.

Технология обработки осадков сточных вод включает несколько ключевых этапов:

Подготовительный этап. На первом этапе осадки обезвоживаются с использованием фильтр-прессов, при этом предварительно применяется органическая флокуляция. Под действием флокулянтов частицы осадков слипаются, уменьшается их площадь поверхности, увеличиваются поры, а количество связанной воды уменьшается. В результате этого процесса повышается эффективность обезвоживания осадков.

Основной этап. На этом этапе образовавшийся кек (уплотненный осадок) обрабатывают негашеной известью. В ходе этой реакции образуется гранулированный материал, а температура поднимается до 80°C, что способствует обеззараживанию осадка. Такой материал можно использовать как удобрение для кислых почв.

Этап обезвоживания. Для окончательного уменьшения объема осадков применяются различные методы, основанные на механическом воздействии, такие как обезвоживание под давлением, вакуумом или в центробежном поле.

После обезвоживания осадки могут утилизироваться различными способами в зависимости от их состава и степени опасности. Основные методы утилизации включают:

- Захоронение на полигонах – это традиционный способ утилизации, при котором обезвоженные осадки помещаются на специальные полигоны. Однако данный метод сопряжен с рисками загрязнения почв и грунтовых вод, а также требует значительных площадей для захоронения.
- Использование в сельском хозяйстве. В случае если осадки очищены от токсичных веществ, их можно использовать в качестве удобрения или для восстановления деградированных земель. Они содержат высокие концентрации азота, фосфора и органических веществ, которые полезны для почв.
- Термическая обработка и сжигание. Осадки могут подвергаться термической обработке с целью получения энергии. При сжигании образуется тепло, которое может быть использовано для обогрева или производства электричества. При этом объем осадков уменьшается до 10-20% от исходного.
- Компостирование – этот процесс позволяет превратить осадки в гумус, который может быть использован для улучшения почвенного состава. Компостирование снижает биологическую активность осадков и уменьшает риски для здоровья человека и окружающей среды.

Основные проблемы, связанные с обезвоживанием и утилизацией осадков сточных вод, заключаются в:

- высоких затратах на обработку и утилизацию;
- необходимости соблюдения экологических норм;
- ограниченности полигонов для захоронения.

Для решения этих проблем развиваются инновационные технологии, такие как анаэробное сбраживание, которое не только уменьшает объем осадков, но и дает возможность получить биогаз для энергетических нужд очистных сооружений.

Обезвоживание и утилизация осадков сточных вод являются неотъемлемой частью системы водоочистки. Выбор методов зависит от состава осадков, экономических факторов и требований экологической безопасности.

\*\*\*

1. Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод: учебное пособие/ А. П. Карманов, И. Н. Полина. - Сыктывкар: СЛИ, 2015.-207с.
2. Термическое обезвоживание промышленных органических отходов / М.Н. Бернадинер, В.В. Жижин, В.В. Иванов // Экология и промышленность России, 2000. № 4. С 17-21.
3. Туровский И.С. Обработка осадка сточных вод / И.С. Туровский -Зизд., перераб.и доп.-М.:Стройиздат, 1988-256с.
4. Решение проблемы утилизации осадков сточных вод: [Электронный ресурс] // Технологии и оборудование для очистки сточных вод. - М., 2007-2014. URL: <http://www.ekoton.com/>

## РАЗДЕЛ XXVI. ЭНЕРГЕТИКА

Маслов П.Е.

### Работа водогрейного котла Logano GE315-105: Повышение эффективности встроенной котельной

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2024-466

#### Аннотация

Данная статья описывает конструкцию комбинированного напольного котла Logano GE315-105, его область применения и принцип его работы. Также рассмотрены технические характеристики котла, включая его производительность. Подчеркнуты преимущества данного типа котла и рекомендации по повышению эффективности встроенной котельной.

**Ключевые слова:** котел, комплектация, принцип работы, эффективность, ремонт, оптимизация, обслуживание, вода, газ.

#### Abstract

This article describes the design of the combined floor-standing boiler Logano GE315-105, its area of application and the principle of its operation. The technical characteristics of the boiler, including its performance, are also considered. The advantages of this type of boiler and recommendations for increasing the efficiency of the built-in boiler room are highlighted.

**Keywords:** boiler, equipment, operating principle, efficiency, repair, optimization, maintenance, water, gas.

Водогрейный котел Logano GE315-105 представляет собой оборудование для производства насыщенного пара в системах отопления, генерации энергии и технологических процессах. Такие котлы используются, в частности, для отопления помещений, для приготовления горячей воды в многоквартирных домах, коммунальных и промышленных сооружениях. Для приготовления горячей воды эти отопительные котлы могут комбинироваться с баками-водонагревателями фирмы Будерус.

Котел Logano GE315-105 имеет мощность 105 кВт. Такая производительность позволяет отапливать помещения максимальной общей площадью от 1050 квадратных метров.

Чугунные отопительные Ecostream-котлы Logano GE315 прошли проверку согласно EN 303, имеют конструктивный допуск к эксплуатации и отмечены знаком CE. Проведенные мероприятия по обеспечению качества в соответствии с нормами DIN ISO 9001 и EN 29001 способствовали высокому качеству изготовления и надежности в работе. Все чугунные отопительные Ecostream-котлы выполнены из специального, устойчивого к коррозии и высоким температурам, серого чугуна марки GL 180 M, разработанного на фирме Будерус. Они рассчитаны для технологии Thermostream, и поэтому могут работать как низкотемпературные отопительные котлы с плавной регулировкой температуры котловой воды без минимальной температуры включения.

Чугунные отопительные Ecostream-котлы имеют сплошную теплоизоляцию и окрашенную обшивку. Толщина теплоизоляции у чугунных отопительных котлов Logano GE315 составляет 80 мм. Благодаря большой фронтальной двери, которая может открываться как налево, так и направо, становятся легко доступными камера сгорания и дополнительные поверхности нагрева. Отопительные котлы могут поставляться по заказу: отдельными секциями или в виде смонтированного котельного блока.

На рисунке №1 представлен чугунный отопительный котел Logano GE315-105.



Рисунок 1. Чугунный отопительный Ecostream-котел Logano GE315.

Принцип работы парового котла заключается в следующем: Смешивание внутри котла 1 холодной воды, поступающей из обратной линии 4 с теплой водой, идущей в подающую линию VK. Повышение температуры воды, поступающей из обратной линии, происходит в верхней части отопительного котла. Поэтому вода, поступившая из обратной линии, становится теплой прежде, чем она достигнет отопительных поверхностей 3. Таким образом, даже при внезапном поступлении в котел холодной воды из обратной линии, исключается термошок для отопительных поверхностей. Не требуется никаких дополнительных мероприятий по повышению температуры воды в обратной линии или по поддержанию минимального объемного потока при определенных режимах работы. В постоянном режиме работы температура на поверхностях теплообмена со стороны продуктов сгорания выше, чем их температура точки росы. В камере сгорания 2 и на дополнительных отопительных поверхностях не образуется конденсат. Следовательно, снижается вероятность коррозии внутренних поверхностей котла. Котловая вода, вследствие естественной циркуляции, омывает камеру сгорания и поверхности нагрева, при этом происходит непрерывная теплопередача от продуктов сгорания. В результате этого достигается высокий коэффициент полезного действия, обеспечиваются стабильные условия эксплуатации и простая гидравлическая обвязка. Благодаря использованию технологии Thermostream, котел представляет собой очень компактную систему с эффективными поверхностями теплообмена. (рис. 2)

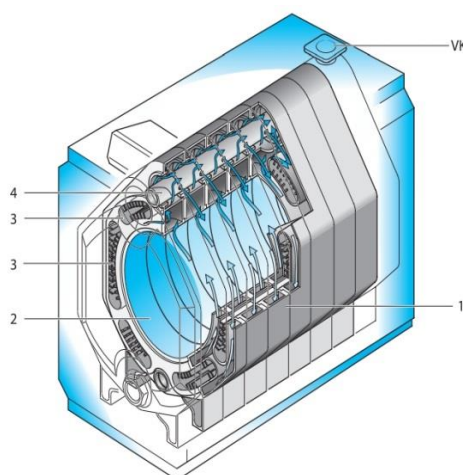


Рисунок 2. Технология Thermostream на примере чугунного отопительного Ecostream-котла.

Но, как и любое оборудование, котел имеет свои преимущества и ограничения. Достоинства котла типа GE315-105 заключается в высокой его эффективности, что позволяет сократить расходы на топливо, также котел имеет относительно простую конструкцию, что облегчает его эксплуатацию, обслуживание и возможность работы на разных видах топлива, что делает его более гибким. Чугунные отопительные Ecostream-котлы с отрегулированной на заводе горелкой представляют собой унифицированную конструкцию, которая не требует расходов на монтаж и настройку горелки. Использование котлов с Thermostream-технологией позволяет сэкономить инвестиционные и эксплуатационные затраты, так как не требуется установка смесительного насоса. Водогрейный котел GE315-105 имеет удобное управление и обслуживание в мониторинге и регулировании параметров работы котла за счет его современной автоматизированной системы управления.

Если рассматривать ограничения, то для водогрейного котла типа GE315-105 необходимо использовать воду определённого качества, чтобы предотвратить накипь и коррозию. В результате образования накипи и отложений в системах отопления и горячего водоснабжения происходит снижение теплопередачи. Кроме того, отложения накипи приводят к уменьшению сечения труб и к увеличению сопротивления потоку. В результате этого снижается теплопроизводительность. Для предотвращения потенциальных аварий, связанных с сернистой и стояночной коррозией, необходимо проводить контроль состояния поверхностей, которые находятся в эксплуатации более 2х лет.

Таким образом, повышение эффективности работы котла типа GE315-105 представляет собой задачу обеспечения стабильной работы для предприятия за счет экономии ресурсов. Регулярные проверки и оптимизация процессов – те самые ключевые шаги по достижению этой задачи. Специалисты, обслуживающие котел GE315-105 должны тщательно проводить проверки состояния работоспособности всех его компонентов (обогревателя, систему очистки, управления, дренажа, а также горелок), заменять изношенные механизмы для более эффективной работы самого котла. Важно уметь настраивать необходимые режимы работы котла в зависимости от потребностей и нагрузки.

Системы очистки и дренажа – необходимые компоненты котла, которые помогают предотвратить накопление нежелательных отложений, поэтому важно поддерживать их в оптимальном состоянии, чтобы поддерживать теплообменные поверхности. Теплопроводные поверхности нуждаются в эффективной теплоизоляции, поэтому следует более детально подходить к подбору изоляции и наблюдением за ее состоянием, чтобы снизить потери тепла и повысить эффективность теплообмена. Также можно использовать дополнительные поверхности, такие как экономайзеры и конденсаторы, чтобы извлечь дополнительную энергию от отходящих газов для возвращения в процесс нагрева с целью экономии топлива.

Оптимизация или установка новой горелки, ее калибровка, также может существенно улучшить работу котла GE315-105, а именно повысить эффективность сгорания и снизить количество выбросов в окружающую природу. Стоит отметить, что администрация предприятия, которая владеет котлом, должна обеспечить проведение своевременного ремонта котлов в соответствии с графиком ППР (планово – принудительный ремонт, в котором указан вид работ, а также их периодичность). Такие работы по ремонту должны осуществляться в соответствии техническим условиям, которые были разработаны с требованиями «Правил котлонадзора».

Таким образом, водогрейный котел Logano GE315-105 – это эффективное оборудование, которое помогает улучшить производительность на различных предприятиях. Приведенные рекомендации помогут использовать максимальный потенциал котла, снизить затраты и в целом улучшить работу предприятия.

\*\*\*

1. Деев Л. В., Котельные установки и их обслуживание, М., «Высшая школа», 1990 г.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 N 116.
3. Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные/ Е.Ф. Бузников, К.Ф. Родатис, Э.Я. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2005. 248 с.
4. Электронный ресурс: [http://wiki.masterwatt.ru/files/OM/T/Logano\\_GE315\\_GE515\\_GE615.pdf](http://wiki.masterwatt.ru/files/OM/T/Logano_GE315_GE515_GE615.pdf)

**Нафиков А.С.****Технологии оборотного водоснабжения в теплоэнергетике***Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-467

**Аннотация**

Статья посвящена анализу технологий оборотного водоснабжения в теплоэнергетике, рассматривая их влияние на эффективность и устойчивость работы тепловых электростанций. Описываются ключевые компоненты систем, такие как градирни, оросительные устройства и водоуловители, а также их роль в теплообмене и минимизации водопотерь.

**Ключевые слова:** оборотное водоснабжение, теплоэнергетика, градирни, теплообмен, экологические аспекты, технологии.

**Abstract**

The article is devoted to the analysis of recycled water supply technologies in the thermal power industry, considering their impact on the efficiency and stability of thermal power plants. The key components of the systems, such as cooling towers, irrigation devices and water traps, as well as their role in heat exchange and minimizing water loss, are described.

**Keywords:** recycled water supply, thermal power engineering, cooling towers, heat exchange, environmental aspects, technologies.

Оборотное водоснабжение тепловых электростанций (ТЭС) является важным компонентом технологической цепи обеспечения их эффективной и экологичной работы. Основная задача такой системы – многократное использование воды для охлаждения оборудования и снижение водопотребления за счет минимизации сбросов и потерь воды. В данной статье рассмотрены ключевые характеристики и принципы работы систем оборотного водоснабжения, используемых на тепловых электростанциях.

Итак, оборотное водоснабжение предполагает многократное использование одного и того же объема воды для охлаждения конденсаторов турбин и другого оборудования ТЭС. Система состоит из водозаборных сооружений, насосных станций, водоохлаждающих устройств (градирни или водоемы-охладители), трубопроводов и очистных сооружений. Основным принципом заключается в том, что нагретая вода после теплообменников поступает в охладители, где снижается ее температура до необходимого уровня, и затем снова используется в технологическом процессе.

Основные компоненты системы:

- Градирни – используются для охлаждения воды, возвращающейся из конденсаторов и других теплообменников. Они бывают различных типов, включая башенные и вентиляторные градирни.
- Циркуляционные насосы – эти насосы обеспечивают постоянное движение воды по системе, поддерживая необходимый уровень охлаждения.
- Трубопровод – система трубопроводов соединяет все компоненты системы, обеспечивая транспортировку воды между ними.
- Фильтры и системы очистки – они нужны для поддержания качества воды используются различные фильтры и системы очистки, предотвращающие загрязнение и зарастание трубопроводов.

На ТЭС применяются два основных типа систем оборотного водоснабжения:

- Замкнутые системы – это когда вода циркулирует в системе без контакта с внешней средой. Охлаждение происходит за счет использования градирен или специальных теплообменников. Замкнутые системы позволяют

минимизировать потери воды и обеспечивают более стабильное функционирование системы.

- Открытые системы – это когда оборотная вода циркулирует через естественные или искусственные водоемы, где охлаждается посредством контакта с окружающей средой. Открытые системы требуют большего объема воды, так как часть воды испаряется, а остальная уходит в дренаж.

Таким образом, основной принцип работы – это работа по замкнутому циклу. Вода, использованная для охлаждения оборудования, направляется в градирни, где она охлаждается и затем возвращается обратно в систему для повторного использования. Это позволяет значительно сократить потребление свежей воды и уменьшить объемы сточных вод.

На рисунке 1 показана схема тепловой электростанции. Она оснащена системой оборотного водоснабжения градирни 1, декарбонизатором 2 с форсунками и воздуховодом 3, в который включены воздухоподогреватель 4 и вентилятор 5.

Процесс оборотного водоснабжения тепловых электростанций включает несколько ключевых этапов, обеспечивающих эффективное охлаждение и повторное использование воды. Вот основные этапы:

Процесс начинается с того, что предварительно очищенная вода поступает в систему оборотного водоснабжения. Она циркулирует через различные компоненты, включая конденсаторы паровых турбин. В конденсаторе циркуляционная вода нагревается за счет теплоты, выделяющейся при конденсации пара, который отработал в турбине. Нагретая вода затем подается в градирню. В градирне происходит охлаждение воды. Она разбрызгивается на оросительное устройство, где соприкасается с атмосферным воздухом. Процесс теплообмена происходит, когда вода стекает вниз, а воздух движется навстречу. Вода охлаждается за счет испарения, а воздух нагревается и насыщается влагой. После теплообмена воздух проходит через водоуловитель, который отделяет капельную влагу от потока воздуха. Очищенный воздух затем выводится в атмосферу. Охлажденная вода, стекающая в водосборный бассейн, возвращается в систему. Она по самотечным каналам поступает в водоприемный колодец и далее в самотечный водовод. Циркуляционный насос подает воду обратно в напорный трубопровод, что завершает цикл оборотного водоснабжения. В некоторых системах часть воды может проходить через декарбонизатор, где она очищается от углекислого газа с помощью воздуха, подаваемого из вытяжной башни. Декарбонизированная вода может быть использована для подпитки системы теплоснабжения или других нужд.

Эффект охлаждения в градирне достигается за счет испарения около 1% циркулирующей воды, которая разбрызгивается форсунками и стекает в бак через сложную систему каналов оросителя, встречаясь с охлаждающим воздухом, нагнетаемым вентиляторами (которые на чертеже не показаны). Эффективный каплеотделитель минимизирует потери воды из-за капельного уноса. Количество уносимой капельной влаги зависит от плотности орошения и при максимальной плотности  $25 \text{ м}^3/(\text{час} \cdot \text{м}^2)$  не превышает 0,1% от объема охлаждаемой воды.

Расход воды в системе оборотного водоснабжения зависит от тепловой нагрузки ТЭС, размеров системы и температурных условий. Современные системы стремятся снизить расход воды за счет повышения эффективности охладительных устройств и применения замкнутых контуров водооборота. Также температурный режим работы системы оборотного водоснабжения оказывает существенное влияние на эффективность ТЭС. Оптимальная температура воды на выходе из охладителя способствует снижению потерь энергии и повышению КПД станции. Разработка и внедрение высокоэффективных градирен и охладителей способствует снижению температуры охлаждаемой воды.

Потери воды в оборотных системах могут быть вызваны несколькими факторами, включая испарение в градирнях, утечки и необходимость регулярного очищения системы от загрязнений. Одной из ключевых задач является снижение потерь путем улучшения герметичности трубопроводов и повышения эффективности охладительных систем.

Стоит отметить, что системы оборотного водоснабжения способствуют снижению негативного воздействия на окружающую среду. Поскольку они используют повторно очищенную воду, это снижает нагрузку на природные водоемы.

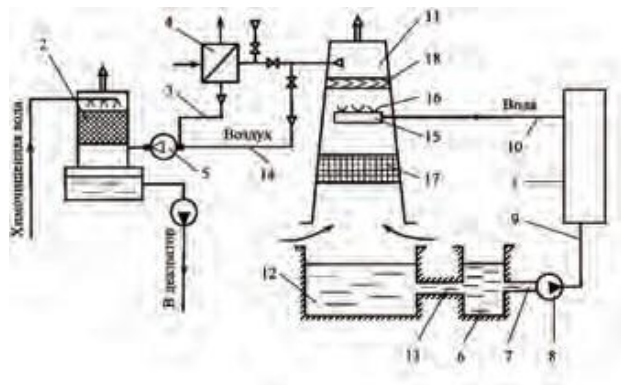


Рисунок 1. Схема тепловой электростанции.

Итак, эффективность работы системы оборотного водоснабжения напрямую влияет на общие показатели работы ТЭС. Повышение энергоэффективности системы возможно за счет применения современных насосов с переменной частотой вращения, использования низкотемпературных охладителей и оптимизации процессов теплопередачи.

Системы оборотного водоснабжения являются важным элементом инфраструктуры тепловых электростанций, так как они способствуют снижению водопотребления, повышению энергоэффективности и уменьшению воздействия на окружающую среду.

\*\*\*

1. Бондарь Ю.Ф. Оптимизация водно-химического режима оборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 3. С. 8-10.
2. Волков, С.В. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения / С.В. Волков, С.О. Нючев, М.С. Романов, В.И. Орехова // В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник IV Всероссийской (национальной) научной конференции. - 2019. - С. 317-321.
3. Терентьев В.И., Караван С.В. Выбор оптимального зонно-химического режима работы водооборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. № 3. С. 20-22.

**Рахматуллин С.С.**

### **Проектирование РЗА объектов электроэнергетики: современные системы передачи цифровых данных**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-468

#### **Аннотация**

В настоящей работе, базирующейся на анализе научных источников и специализированной литературы, предпринимается попытка представить актуальные на сегодняшний день аспекты проектирования систем РЗА, задействованных для задач транспортирования цифровой информации в области электроэнергетики.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, релейная защита, автоматика, цифровые данные, передача и распределение.

#### **Abstract**

In this paper, based on the analysis of scientific sources and specialized literature, an attempt is made to present the currently relevant aspects of the design of RPA systems involved in the tasks of digital information transportation in the field of electric power industry.

**Keywords:** electric power industry, relay protection, automation, digital data, transmission and distribution.

В настоящее время современная электроэнергетическая отрасль стоит на пороге значительных изменений, вызванных внедрением цифровых технологий. Проектирование систем передачи цифровых данных играет ключевую роль в обеспечении эффективного функционирования энергосистем, повышая их надежность, безопасность и гибкость управления.

Системы передачи цифровых данных в электроэнергетике представляют собой комплекс технических решений, направленных на обеспечение надежной и эффективной передачи информации между различными элементами энергетической системы. К ключевым функциональным возможностям использования таких систем относятся:

- автоматизация процессов управления;
- мониторинг и диагностика;
- оптимизация работы энергетического оборудования;
- обеспечение безопасности передачи данных [1].

Целью настоящей работы является представление ключевых аспектов проектирования современных систем передачи цифровых данных для РЗА в электроэнергетическом секторе.

Анализ литературы показал, что основными требованиями, предъявляемыми к системам передачи данных, являются:

Надежность и отказоустойчивость

Ученые отмечают, что цифровые системы передачи данных в электроэнергетике должны быть надежными и устойчивыми к отказам. Это связано с важностью своевременного и корректного обмена информацией между элементами эксплуатируемой энергосистемы. Для обеспечения надежности используется избыточность каналов связи, резервирование оборудования, а также технологии корректирования ошибок.

Высокая пропускная способность и низкая задержка

Эффективное управление энергосистемами требует передачи большого объема данных в реальном времени. Поэтому современные системы передачи данных должны обеспечивать высокую пропускную способность и характеризоваться наличием минимальных задержек. Использование современных протоколов связи и оптических линий передачи данных позволяет достичь необходимых параметров.

Безопасность и защита данных

Передача данных в электроэнергетических системах должна быть защищена от несанкционированного доступа и кибератак. Для этого сегодня активно применяются различные методы шифрования, аутентификации и системы мониторинга безопасности [2].

Рассмотрим ключевые технологии современной передачи данных в сфере электроэнергетики:

Оптоволоконные линии связи

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) являются в промышленности одним из наиболее эффективных способов передачи данных на большие расстояния с высокой скоростью и минимальными потерями. В электроэнергетическом комплексе оптоволокно используется для связи между подстанциями, электростанциями и диспетчерскими центрами.

Беспроводные технологии

Беспроводные технологии, такие как Wi-Fi, LTE и 5G, находят широкое применение в электроэнергетике для транспортирования информации в труднодоступных районах и на энергообъектах, где прокладка кабелей затруднена. Беспроводная связь обеспечивает гибкость и масштабируемость современных систем передачи цифровых данных.

Промышленные протоколы связи

Для передачи данных между устройствами в пределах подстанций и других объектов электроэнергетики используются специализированные промышленные протоколы связи, такие как IEC 61850, DNP3 и Modbus. Перечисленные протоколы обеспечивают высокую надежность, совместимость и стандартизацию обмена информацией [3].

Что касается основных деталей и этапов процесса проектирования систем цифровой передачи данных, то здесь необходимо отметить следующие критически важные задачи:

### Анализ требований и проектирование архитектуры

Проектирование обозначенного типа систем транспортирования информации начинается с анализа требований к передаче данных. Определяются ключевые параметры, такие как максимальная нагрузка, топология сети, зоны покрытия и уровни резервирования. На основе этого разрабатывается архитектура микропроцессорной системы, включая выбор типов линий связи, устройств и цифровых протоколов.

### Выбор оборудования и программного обеспечения

После определения структуры системы выбирается подходящее оборудование, в том числе коммутационные устройства, маршрутизаторы, передатчики и приемники. Также подбирается соответствующее программное обеспечение для управления сетью, мониторинга и обеспечения безопасности передачи данных [4].

### Интеграция и тестирование системы

На этапе интеграции осуществляется подключение выбранного и взаимосвязанного между собой оборудования, а также самого программного обеспечения в единую цифровую систему. Проводятся тестирования на предмет соответствия последней заданным требованиям, надежности и устойчивости к отказам. Проверяется работа системы передачи данных в штатных и аварийных режимах.

### Ввод в эксплуатацию и обслуживание

После успешного завершения тестирования система передачи цифровых данных может быть введена в эксплуатацию. Важной частью жизненного цикла системы является регулярное обслуживание и модернизация, включающие в себя обновление программного обеспечения, проверку и замену оборудования, а также мониторинг безопасности работы последнего [5].

Рассмотрим основные преимущества применения в электроэнергетическом комплексе цифровых систем передачи данных. Главным достоинством эксплуатации данных систем является повышение надежности и стабильности процессов электроснабжения в объединенном энергетическом секторе:

1. Мониторинг состояния электросети в режиме Real-time. Цифровые системы предоставляют персоналу электросетевых организаций возможность удаленно и непрерывно отслеживать параметры ЛЭП с целью обеспечения высокоскоростного обнаружения неисправностей на энергообъектах и критических ситуаций в энергосистеме в целом.
2. Своевременное реагирование на непредвиденные ситуации. С помощью инновационных комплексов транспортирования критической информации возможно осуществление оперативного перераспределения нагрузки и отключения поврежденных участков электросети, что способствует снижению рисков для потребителей электроэнергии.
3. Улучшение и совершенствование принципов управления электрической нагрузкой. Исследования показывают, что системы передачи цифровой информации открывают возможность эффективного управления и контроля потребления электроэнергии, а также распределения нагрузки в энергетических присоединениях между различными источниками генерации. Такой подход повышает общую стабильность работы энергоустановок в сети и уменьшает риск возникновения непредвиденных перегрузок, опасных для устойчивости объединенной энергетической системы в процессе ее эксплуатации [6].

Таким образом, современные системы передачи цифровых данных для РЗА играют важную роль в развитии сектора электроэнергетики, обеспечивая надежную и эффективную работу энергосистем в целом. Анализ показал, что автоматизация процессов управления, мониторинг состояния оборудования, оптимизация работы энергоустановок и повышение

безопасности связи — основные из функциональных возможностей использования обозначенных систем транспортирования критической, технологической, событийной и аварийной информации между взаимосвязанными объектами электроэнергетической отрасли. Соблюдение всех перечисленных в работе этапов процесса проектирования цифровых и канальных устройств связи может способствовать успешному и устойчивому развитию топливно-энергетического комплекса нашей страны.

\*\*\*

1. Рахматуллин, С. С. Актуальные аспекты использования цифровых решений в сфере телеуправления на современных подстанциях / С. С. Рахматуллин, А. С. Минкин // Наука XXI века: технологии, управление, безопасность : Материалы III Национальной научной конференции, Курган, 13 мая 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 316-321.
2. Хитрых Д.П. О цифровой трансформации энергетической отрасли // Энергетическая политика. – 2021. – № 10. – С. 76-89.
3. Клемина Л.И. Цифровизация энергетики как стимул трансформации компетенций инженера // Социальные новации и социальные науки. – 2022. – № 1. – С. 148-160.
4. Рахматуллин, С. С. Главные принципы организации каналов связи в автоматизированной электроэнергетике / С. С. Рахматуллин // Вызовы глобализации и развитие цифрового общества в условиях новой реальности : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Москва, 25 апреля 2024 года. – Москва: Центр развития образования и науки, 2024. – С. 58-62.
5. Шилова Л.А., Адамцевич А.О. Интеграция цифровых технологий как ключевой фактор развития российской энергетики // Энергетическая политика. – 2020. – № 9. – С. 60-73.
6. Лоскутов А.Б. Проблемы перехода электроэнергетики на цифровые технологии // Интеллектуальная электротехника. – 2018. – № 1. – С. 9-27.

**Рахматуллин С.С.**

**РЗА энергосистем: основные виды каналов связи для транспортирования аварийной информации**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»  
(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2024-469*

**Аннотация**

В данной статье исследуются актуальные аспекты использования ключевых видов канального транспортирования информации в электроэнергетическом комплексе. Рассматриваются аналоговые, цифровые и беспроводные каналы связи для передачи критических данных от систем релейной защиты и автоматики (РЗА) между различными объектами энергосистемы.

**Ключевые слова:** энергетика, релейная защита, автоматика, цифровые данные, аналоговая связь.

**Abstract**

This article studies the actual aspects of using key types of channel information transportation in the electric power complex. It considers analog, digital and wireless communication channels for transmission of critical data from relay protection and automation (RPA) systems between different power system facilities.

**Keywords:** power engineering, relay protection, automation, digital data, analog communication.

В настоящее время, в связи с активным развитием и расширением существующих энергосистем, возрастает спрос на надежные и эффективные комплексы релейной защиты и автоматики (РЗА). РЗА представляет собой совокупность устройств, предназначенных для быстрого выявления и отделения поврежденных элементов энергосистемы в аварийных ситуациях: перегрузки, короткие замыкания, перенапряжения, пробой изоляции оборудования

и т.д. К основным функциям РЗА относятся: избирательность, быстрдействие, чувствительность, надежность.

Для выполнения данных функций в эксплуатируемых энергосистемах используются так называемые каналы связи, которые играют ключевую роль в обеспечении бесперебойного обмена информацией между различными взаимосвязанными элементами РЗА. Специалисты отмечают, что сегодня традиционные аналоговые каналы постепенно заменяются цифровыми. Это приводит к значительным изменениям в архитектуре и функционировании существующих систем РЗА, что обуславливает важность более детального рассмотрения данной проблемы [1].

Цель настоящей работы — исследовать ключевые аспекты применения в энергосистемах новых видов каналов связи для транспортирования аварийной, событийной и критической информации.

Анализ литературы показал, что для обеспечения надежной работы цифровых и микропроцессорных устройств РЗА необходимо проводить регулярные проверки и техническое обслуживание. Кроме того, важным является мониторинг выпускаемых обновлений программного обеспечения и периодическая замена устаревших компонентов аппаратной части рассматриваемых систем. Однако ученые отмечают, что реализации данных мероприятий недостаточно, поскольку ключевой задачей на сегодняшний день является поддержание работы комплексных систем каналов связи на должном уровне, включая их совершенствование [2].

На 2024 год в секторе электроэнергетики распространена практика использования различных видов каналов связи для передачи критической информации, каждый из которых требует особого рассмотрения, попытка чего предпринимается в данной статье.

Рассмотрим ключевые типы каналов передачи данных от РЗА, используемые в настоящее время в современных энергосистемах:

#### 1. Аналоговые каналы

Аналоговые каналы связи по сей день являются основным средством передачи данных в эксплуатируемых системах РЗА. Они обладают высокой надежностью, однако их пропускная способность весьма ограничена. Главный недостаток — подверженность электромагнитным помехам и ограниченная возможность передачи сложных данных [3].

#### 2. Цифровые каналы

Цифровые каналы связи, такие как Ethernet и оптоволоконные линии, могут предоставлять значительно больший объем данных, высокую скорость передачи и сопротивляемость помехам. Они позволяют передавать не только стандартные сигналы РЗА, но и дополнительные данные для контроля и диагностики. Цифровые каналы связи находят широкое применение в различных областях электроэнергетики:

Управление подстанциями. Цифровая связь позволяет автоматизировать процессы управления подстанциями, обеспечивая высокую надежность и эффективность их работы.

Мониторинг состояния линий электропередачи. Цифровые системы мониторинга дают возможность отслеживать состояние ЛЭП, выявляя и предотвращая возможные неисправности.

Управление распределением энергии. Цифровые каналы связи способствуют повышению эффективности распределения энергии, оптимизируя работу всей энергетической системы.

В зарубежных энергосистемах наиболее распространена практика применения технологии Ethernet. Это стандарт передачи данных в локальных сетях сегодня активно используется в системах РЗА благодаря своей гибкости и возможностям высокоскоростной передачи данных. В сложных цифровых системах РЗА применяются промышленные версии Ethernet, обладающие дополнительной защитой и повышенной надежностью. Что касается оптоволоконных линий, то они находят широкое применение в отечественной энергетике. Оптоволокно может обеспечить практически неограниченную пропускную способность, а также надежную защиту от электромагнитных помех. Главные преимущества применения оптоволокна в качестве канала связи: высокая скорость передачи данных; возможность транспортирования информации на большие расстояния без значительных потерь качества сигнала [4].

### Беспроводная связь

Беспроводные технологии, такие как Wi-Fi, Zigbee и радиоканалы, также находят применение в отечественных и зарубежных системах РЗА. Они упрощают установку, а также модернизацию комплексов передачи данных. Однако их применение требует тщательного анализа условий эксплуатации.

Так, Wi-Fi обеспечивает высокоскоростную передачу аварийных данных, но его применение в РЗА может быть ограничено из-за возможных помех и потерь сигнала, особенно в условиях реализации воздействий на крупное промышленное энергооборудование. Zigbee используется для передачи низкоскоростных данных на малые расстояния. Эта технология экономична, однако характеризуется слабой пропускной способностью. Что касается радиоканалов, то они применяются для транспортирования событийной информации на большие расстояния, особенно в труднодоступных районах. Основные проблемы, возникающие при использовании радиоканального оборудования связи: зависимость от условий среды; необходимость лицензирования частот [5].

Таким образом, правильная организация каналов связи для передачи аварийной информации РЗА в электроэнергетике играет критически важную роль в области обеспечения надежности и безопасности функционирования энергосистем. Анализ показал, что наиболее распространенными видами связи для транспортирования критических данных являются: аналоговые каналы, цифровые каналы (Ethernet, оптоволокно) и беспроводные технологии (Wi-Fi, Zigbee, радиоканалы). В работе выявлено, что выбор того или иного канала связи зависит от специфики требований к эксплуатируемому комплексу устройств РЗА, а также конкретных условий передачи данных на энергообъекте.

\*\*\*

1. Лизунов И.Н. и др. Технологии передачи данных в современных системах релейной защиты и автоматики и их показатели качества // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – № 1-2. – С. 52-63.
2. Рахматуллин, С. С. Актуальные аспекты использования цифровых решений в сфере телеуправления на современных подстанциях / С. С. Рахматуллин, А. С. Минкин // Наука XXI века: технологии, управление, безопасность : Материалы III Национальной научной конференции, Курган, 13 мая 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 316-321.
3. Муштаев В.В. Опыт внедрения систем ВЧ-связи по ЛЭП для предприятий электроэнергетики // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2013. – № 6. – С. 4-6.
4. Рахматуллин, С. С. Главные принципы организации каналов связи в автоматизированной электроэнергетике / С. С. Рахматуллин // Вызовы глобализации и развитие цифрового общества в условиях новой реальности : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Москва, 25 апреля 2024 года. – Москва: Центр развития образования и науки, 2024. – С. 58-62.
5. Гречихин В.А. Применение беспроводных систем мониторинга и связи в энергетике // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2012. – № 3. – С. 3-10.

**Степанов М.Е.**

### **Инновационные подходы к электроприводам для снижения общего энергопотребления в нефтегазовой отрасли США**

*Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова  
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-10-2024-470

#### **Аннотация**

В статье рассматриваются традиционные подходы к управлению электроприводами в нефтегазовой отрасли США, ограничения их использования. Исследуются передовые технологии, такие как векторное управление, частотные преобразователи и системы автоматизации, которые способствуют снижению энергозатрат и повышению надежности

оборудования. Анализируются примеры успешного внедрения этих технологий в крупнейших американских нефтегазовых компаниях, таких как ExxonMobil, Schlumberger и Halliburton.

**Ключевые слова:** энергопотребление, нефтегазовая отрасль, интеллектуальные системы управления, высокоэффективные двигатели, устойчивое развитие, энергоэффективность.

### Abstract

The article examines traditional approaches to electric drive control in the USA oil and gas industry and the limitations of their use. It explores advanced technologies such as vector control, frequency converters, and automation systems that contribute to reducing energy costs and enhancing equipment reliability. The article analyzes examples of successful implementation of these technologies in major American oil and gas companies, such as ExxonMobil, Schlumberger, and Halliburton.

**Keywords:** energy consumption, oil and gas industry, intelligent control systems, high-efficiency motors, sustainable development, energy efficiency.

### Введение

Нефтегазовая отрасль (НО) является одной из важных составляющих экономики США, обеспечивая значительную долю энергетических ресурсов и рабочих мест. Она, как и другие энергозависимые секторы экономики, сталкивается с возрастающими требованиями к повышению энергоэффективности и снижению общего энергопотребления. Энергоемкость процессов добычи, транспортировки и переработки углеводородов требует значительных объемов электрической энергии, что напрямую влияет на операционные расходы компаний, а также на экологические показатели отрасли.

Один из основных аспектов в структуре энергопотребления НО связан с использованием электроприводов. Традиционные решения, несмотря на свою надежность и долговечность, часто оказываются малоэффективными с точки зрения энергопотребления. В условиях глобальных изменений климата и усиливающегося давления со стороны общества, компании стремятся не только оптимизировать свои производственные процессы, но и внедрять новые технологии, которые позволяют сократить энергозатраты без ущерба для производительности.

В связи с этим на первый план выходят инновационные подходы к разработке и внедрению новых типов электроприводов, которые могут существенно снизить энергопотребление в НО. Эти инновации включают в себя использование высокоэффективных двигателей (ВД), интеллектуальных систем управления и частотных преобразователей (ЧП). Цель данной статьи – исследовать существующие в США инновационные подходы к электроприводам, их влияние на снижение общего энергопотребления в НО.

Основная часть. Обзор состояния энергопотребления в нефтегазовой отрасли США, традиционные электроприводы

Одним из крупнейших потребителей энергии в США является НО. Это обусловлено сложностью и многоэтапностью процессов добычи, транспортировки и переработки углеводородов. К наиболее энергоемким направлениям нефтедобычи относятся процессы механизированной добычи жидкости из скважин, поддержания пластового давления (ППД), подготовки и перекачки нефти. Общий расход электроэнергии на подъем жидкости по нефтяным компаниям составляет примерно 56 % от общего потребления, на работу системы ППД расходуется 26 %, на подготовку, транспортировку нефти и газа около 7%. На остальные технологические процессы нефтедобычи приходится относительно небольшой процент расхода энергии (рис. 1).

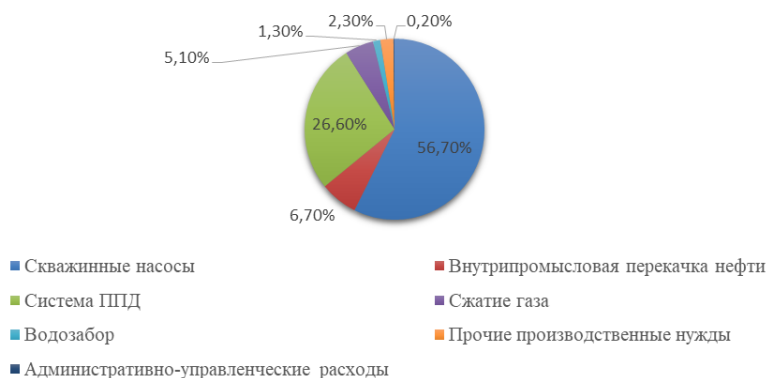


Рисунок 1. Наиболее энергоемкие направления нефтедобычи в США, 2022 год.

Процессы бурения и эксплуатации скважин требуют значительных объемов энергии для приведения в действие буровых установок, насосов и другого оборудования. Транспортировка нефти и газа по трубопроводам на большие расстояния требует использования мощных насосных станций и компрессорных установок, что также значительно увеличивает энергопотребление. На этапах переработки сырья, включая крекинг, дистилляцию и очистку продуктов, используются крупные производственные мощности, которые требуют постоянного энергоснабжения. Дополнительные энергетические затраты связаны с поддержанием инфраструктуры, в том числе с управлением и мониторингом процессов, обеспечением безопасности и других вспомогательных функций.

Электроприводы играют важную роль в энергозатратах НО, так как они используются для приведения в действие множества механизмов на всех этапах производственного цикла. Традиционные электроприводы в НО это системы, состоящие из электрических двигателей, механизмов передачи и управляющих устройств, которые обеспечивают преобразование электрической энергии в механическую работу. Данные системы, хотя и проверены временем, имеют ряд характеристик и ограничений, которые могут негативно сказаться на их эффективности и надежности (таблица 1).

Таблица 1

*Основные типы традиционных электроприводов.*

<b>Тип электропривода</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
<i>Асинхронные</i>	<i>Простота конструкции, высокая надежность, низкая стоимость</i>	<i>Низкий коэффициент полезного действия (обычно &lt;90%) при частичном режиме работы</i>
<i>Синхронные</i>	<i>Высокая эффективность, стабильная работа при высоких нагрузках</i>	<i>Более высокая стоимость, сложность в управлении</i>
<i>Электромеханические системы</i>	<i>Надежность и готовность к работе в различных условиях</i>	<i>Потери на трение и нагрев, уменьшение общей эффективности системы</i>
<i>Двигатели постоянного тока</i>	<i>Хорошая управляемость скорости, простота в контроле</i>	<i>Потребность в регулярном обслуживании, низкая надежность по сравнению с асинхронными</i>

По мнению автора, традиционные электроприводы остаются важной частью НО, однако особенности их применения становятся все более заметными в условиях современного мира. Большинство традиционных систем не оснащены передовыми технологиями управления, что ограничивает их способность регулировать производительность в зависимости от текущих потребностей. Устаревшие системы подвержены частым неисправностям, что приводит к увеличению затрат на обслуживание и снижению общей производительности. Высокое энергопотребление традиционных электроприводов ведет к увеличению выбросов углерода и других загрязняющих веществ, что противоречит требованиям устойчивого развития [2].

Инновационные технологии в электроприводах представляют собой сочетание ВД, интеллектуальных систем управления и методов векторного управления (ВУ). Эти технологии

направлены на повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и улучшение производительности.

Одним из преимуществ новых электроприводов является их способность адаптироваться к изменяющимся условиям работы, обеспечивая оптимальное использование энергии и ресурсов [3]. Эти технологии способствуют продлению срока службы оборудования и повышению общей эффективности системы, что особенно важно в условиях стремительного роста требований к энергетической эффективности. Развитие инновационных технологий в электроприводах также стимулирует переход к новым, более экологически чистым решениям, которые способствуют снижению углеродного следа и выполнению международных обязательств по охране окружающей среды [4].

Специализированные электромеханические устройства, ВД, обеспечивают движение механизмов и систем, и работают по принципу электромагнитной индукции. Когда электрический ток проходит через обмотки статора, он создает магнитное поле, которое индуцирует вращение ротора. В зависимости от типа двигателя способы управления и конструкции могут различаться.

Инновационные ВД характеризуются высоким коэффициентом полезного действия, что позволяет значительно сократить энергопотребление. В условиях интенсивного использования оборудования на нефтяных месторождениях и перерабатывающих предприятиях это приводит к существенной экономии энергоресурсов. Данные двигатели разрабатываются с учетом жестких условий эксплуатации в НО, таких как экстремальные температуры, агрессивные среды и высокая влажность. Их изготавливают из высококачественных материалов, что обеспечивает им долговечность и надежность. Благодаря высокой эффективности и снижению энергопотребления, такие двигатели также способствуют снижению выбросов парниковых газов, что соответствует экологическим требованиям и стандартам США.

Опыт американских компаний по внедрению ВД в нефтегазовой сфере демонстрирует значительные успехи в повышении энергетической эффективности и снижении операционных затрат. Так, американская компания ExxonMobil внедрив ВД в своих нефтеперерабатывающих заводах и добывающих установках, смогла сократить энергопотребление, что привело к уменьшению операционных затрат и выбросов парниковых газов. В результате, внедрение новых технологий не только повысило производительность, но и улучшило экологические показатели компании, что особенно важно в свете ужесточающихся экологических норм.

Использование интеллектуальных систем управления электроприводами, основанных на технологиях искусственного интеллекта (ИИ) и интернета вещей (IoT), становится важным фактором повышения эффективности, снижения операционных затрат и обеспечения безопасности на всех этапах добычи, переработки и транспортировки нефти и газа [6].

Единая интеллектуальная сеть IoT, состоящая из физических устройств, датчиков и оборудования позволяет собирать, обрабатывать и анализировать большие объемы данных в реальном времени. Первым этапом работы IoT в НО является интеграция датчиков. С ее помощью собираются различные типы данных, такие как температура, давление, скорость потока, вибрация, состав газа. На втором этапе информация, собираемая датчиками, передается с использованием различных протоколов связи. Собранные данные отправляются на облачные платформы для хранения, анализа и дальнейшей обработки. Полученные данные визуализируются с помощью информационных панелей и отчетов, предоставляя операторам и лицам, принимающим решения, информацию в режиме реального времени о производительности оборудования и процессов. Этот этап помогает отслеживать состояние активов, обнаруживать аномалии и выявлять потенциальные проблемы до того, как они перерастут в серьезные проблемы. На заключительном этапе обеспечивается оповещение о возможной угрозе, то есть осуществляется предиктивный анализ и прогнозное обслуживание.

Для повышения эффективности, надежности и безопасности оборудования в НО используется ИИ в управлении электроприводами. Благодаря ИИ-системам анализируются рабочие параметры и автоматически регулируется скорость и нагрузка электроприводов для того, чтобы минимизировать энергопотребление и повысить эффективность [8]. Например, ИИ может снижать мощность компрессора в периоды низкого спроса или увеличивать ее, когда требуется повысить производительность. Системы ИИ анализируют условия работы и автоматически корректируют параметры работы электроприводов, таких как скорость вращения бурового долота или давление бурового раствора. Это позволяет снизить износ оборудования и улучшить качество бурения.

На нефтегазовых предприятиях интеллектуальные системы управления интегрируются в единые центры управления, где осуществляется мониторинг всех производственных процессов. IoT-устройства передают данные о состоянии оборудования и операциях на разных участках, а ИИ анализирует их для принятия оптимальных решений. Интеллектуальные системы управления могут быть интегрированы с системами планирования ресурсов предприятия (ERP) и управления производственными процессами (MES). Это позволяет автоматически корректировать производственные задачи и обеспечивать синхронизацию операций на всех уровнях производства и поставок.

В США перекачка нефти и газа по трубопроводам требует значительных затрат энергии и тщательного контроля. Американская компания Schlumberger разработала систему управления, основанную на ИИ, которая анализирует данные в реальном времени для оптимизации работы насосов и компрессоров. Это позволяет компании уменьшить энергозатраты до 30% и значительно повысить надежность оборудования.

Векторное управление и частотные преобразователи это технологии, которые позволяют оптимизировать работу электроприводов через точное управление частотой и напряжением, что обеспечивает высокую точность и эффективность управления электродвигателями.

Для управления скоростью и крутящим моментом электродвигателей путем изменения частоты и амплитуды подаваемого напряжения используются ЧП. Принцип их работы основан на преобразовании постоянного тока в переменный ток с нужными параметрами. ЧП получает питание от сети переменного тока и выстраивает его в постоянное напряжение с помощью выпрямителя. Затем постоянное напряжение преобразуется обратно в переменное с регулируемой частотой и амплитудой с использованием транзисторов.

Метод управления асинхронными и синхронными электродвигателями, который обеспечивает более точное и быстрое управление крутящим моментом и скоростью двигателя по сравнению с традиционными методами называется векторным. В системе отслеживается положение ротора, обычно с помощью датчиков Холла или наблюдателя. Текущий ток статора разлагается на компоненты  $d$  и  $q$  в соответствии с положением ротора. На основе компонентов  $d$  и  $q$  регулируется напряжение, подаваемое на двигатель, чтобы достичь нужного магнитного потока и крутящего момента. Компоненты  $d$  и  $q$  преобразуются обратно в стандартную трехфазную систему и подаются на двигатель [10].

Снижая потребление энергии, ЧП позволяют двигателю работать в оптимальном режиме, избегая работы на высоких скоростях, когда это не требуется. ВУ обеспечивает высокую точность регулирования скорости и момента, что особенно важно в промышленных процессах, требующих точного позиционирования или изменения скорости.

В США Halliburton применяет ЧП и ВУ для насосных систем, используемых в процессе гидравлического разрыва пласта. Благодаря этим технологиям компания смогла оптимизировать расход электроэнергии и улучшить качество услуг [11]. Данный тип обеспечивает более точное управление насосами при различных условиях эксплуатации, что способствует повышению общей эффективности и надежности процессов.

### Выводы

В условиях роста мирового спроса на энергоносители и стремления к устойчивому развитию, нефтегазовые предприятия США сталкиваются с необходимостью повышения эффективности своих процессов. Энергопотребление является одним из важных факторов, влияющих на операционные затраты и экологическое воздействие отрасли.

Современные системы электропривода позволяют не только значительно уменьшить потребление энергии, но и обеспечить более точное управление процессами. Кроме того, внедрение таких систем способствует снижению износа оборудования и уменьшению потребности в его обслуживании, что дополнительно снижает эксплуатационные затраты. Внедрение инновационных электроприводов также имеет положительное воздействие на экологическую ситуацию.

Переход на инновационные электроприводы является не просто трендом, а необходимостью для НО. Это не только экономически оправданное решение, но и важный шаг к созданию более устойчивой и экологически чистой энергетической системы. Инвестиции в новые технологии обеспечат конкурентные преимущества, способствуя долгосрочному успеху компаний в условиях растущего внимания к вопросам устойчивого развития и охраны окружающей среды.

\*\*\*

1. Орлов А. В., Юрлов Ф. Ф. Анализ факторов электроемкости добычи топливно-энергетических ресурсов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 8. С. 57-83.
2. Ульянкина И.В. Влияние возобновляемой энергии на рыночные стратегии в США: анализ устойчивых бизнес-моделей // Вестник науки. 2024. № 7(76). Т. 1. С. 147-156.
3. Uliankina I. Methods and tools of strategic planning to enhance climate resilience of businesses in the USA // Innovacionnaya nauka. 2024. № 8-1. С. 51-56.
4. Pshychenko D. The impact of digital transformation on the economic efficiency of enterprises // Cold Science. 2024. № 6. P. 82-91.
5. Kelly J., Elgowainy A., Isaac R., Ward J., Islam E., Rousseau A., Sutherland I., Wallington T., Alexander M., Muratori M., Franklin M., Adams J., Rustagi N. Cradle-to-grave lifecycle analysis of U.S. light-duty vehicle-fuel pathways: a greenhouse gas emissions and economic assessment of current (2020) and future (2030-2035) technologies // Argonne National Laboratory's (ANL). 2023. P. 34-45.
6. Korostin O. Optimization of maritime shipping routes using machine learning // Sciences of Europe. 2024. № 147. С.102-105.
7. Соловьев К.А. Оптимизация организационной структуры для повышения операционной эффективности в крупных корпорациях // Вестник науки. 2024. № 6(75). Т. 4. С. 272-281.
8. Бухтуева И. А., Соловьев К. А., Можаровский Е. А., Хатьянов С. А., Косторева А. С. Обзор решений искусственного интеллекта для повышения корпоративной эффективности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. № 7. Т. 1. С. 177-185.

**Шагибекова Я.Е.**

### **Энергосбережение и комфорт: кинетическая архитектура**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2024-471*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются инновационные подходы к проектированию с использованием элементов кинетической архитектуры. Особое внимание уделяется подвижным фасадам, трансформируемым интерьерам и адаптивным кровлям, которые способствуют повышению энергоэффективности и комфорта проживания. Приводятся примеры успешных проектов и анализируются преимущества использования кинетических элементов в жилых зданиях.

**Ключевые слова:** кинетическая архитектура, подвижные фасады, трансформируемые интерьеры, адаптивные кровли, инновационные технологии, комфорт проживания.

**Abstract**

The article discusses innovative approaches to design using elements of kinetic architecture. Special attention is paid to movable facades, transformable interiors and adaptive roofs, which contribute to improving energy efficiency and living comfort. Examples of successful projects are given and the advantages of using kinetic elements in residential buildings are analyzed.

**Keywords:** kinetic architecture, movable facades, transformable interiors, adaptive roofs, innovative technologies, comfort of living.

Кинетическая архитектура — это прогрессивное направление в архитектурной практике, которое акцентирует внимание на динамических изменениях формы и структуры зданий и сооружений. В отличие от традиционной архитектуры, где конструкции являются статичными, кинетическая архитектура подразумевает использование движущихся элементов, что позволяет зданиям адаптироваться к внешним условиям и потребностям пользователей.

Идея кинетической архитектуры берет свое начало в середине XX века, когда технические достижения и развитие механики позволили архитекторам воплощать в жизнь более сложные и подвижные структуры. Архитекторы, такие как Бакминстер Фуллер и Седрик Прайс, в своих проектах экспериментировали с идеями мобильных и трансформируемых зданий, предполагая, что архитектура может быть не только функциональной, но и изменчивой, взаимодействующей с окружающей средой.

В современном строительстве такие элементы становятся все более актуальными, поэтому в данной статье представлены основные элементы кинетической архитектуры и их применение.

Как было сказано, кинетическая архитектура основывается на принципе подвижности конструкций и элементов, которые могут изменяться во времени в ответ на изменения климата, освещенности или функциональных потребностей. Такие архитектурные решения позволяют добиться гибкости пространства за счет взаимодействия с окружающей средой. Основные аспекты кинетической архитектуры включают:

- Динамические фасады – конструкции, которые изменяют форму или ориентацию в зависимости от уровня солнечного освещения, ветра или других факторов;
- Трансформируемые пространства – внутренние элементы дома, способные изменять конфигурацию для оптимизации использования пространства;
- Интерактивные системы освещения и вентиляции – автоматические системы, реагирующие на изменение температуры, уровня CO<sub>2</sub> или естественного освещения.

В индивидуальных жилых домах кинетические фасады и крыши могут регулировать количество поступающего света и тепла. Например, фасад может состоять из панелей, которые изменяют угол наклона в зависимости от положения солнца, снижая нагрузку на системы кондиционирования и отопления. Например — дом в Саффолке, проект Алекса де Риджке, с движущимися стенами и крышей, позволяющими изменять внутреннее пространство в зависимости от функциональных нужд и внешних условий.

Также модульные элементы внутри дома могут быть перемещены или преобразованы в зависимости от потребностей жильцов, что особенно актуально для небольших домов, где важно эффективно использовать каждый квадратный метр. Такие элементы могут включать подвижные стены или многофункциональные мебельные решения. Пример – это традиционные японские дома, в которых есть служат перегородки, и которые одновременно являются мебелью и архитектурными элементами. Такие конструкции позволяют изменять внутреннюю

планировку, превращая залы в несколько комнат или наоборот. Именно под влиянием японской архитектуры западные проекты стали включать раздвижные двери и другие мобильные конструкции.

В 2001 году в Куритибе, штат Парана, на юге Бразилии, архитектор Бруно де Франко и инженер Алан Хольцманн создали уникальный 11-этажный жилой комплекс Suite Volland с вращающимися этажами. Концепция здания заключалась в том, чтобы обеспечить жителям максимальную приватность, исключив возможность встреч и пересечений с соседями. Каждая квартира занимала целый этаж и могла вращаться, управляемая голосом или пультом дистанционного управления.

В современных условиях одним из ключевых элементов энергоэффективного дома являются автоматизированные системы вентиляции. Они могут изменять свою производительность в зависимости от уровня влажности, температуры и количества людей в помещении, обеспечивая комфортные условия без лишних затрат энергии. Или же окна с кинетическими элементами могут изменять свою прозрачность или открываться в зависимости от внешних условий. Интеллектуальные жалюзи регулируют количество солнечного света, проникающего в помещение, защищая его от перегрева в жаркие дни и сохраняя тепло зимой. Например, кинетические панели на фасаде кампуса Университета Южной Дании в Кольдинге реагируют на изменения температуры и освещенности. Проект был разработан местным архитектурным бюро Henning Larsen Architects. Фасад здания состоит из 1600 перфорированных металлических панелей, которые повторяют треугольную форму самого кампуса. Специальные датчики отслеживают уровень тепла и света, и в зависимости от этих данных панели могут частично или полностью открываться, складываясь подобно крыльям бабочки. Даже при полностью закрытом фасаде дневной свет проникает внутрь через перфорацию. Архитекторы утверждают, что благодаря новому фасаду удалось сократить потребление электроэнергии вдвое, что оказалось более эффективным, чем использование интеллектуальных систем внутри здания. (рис. 1)

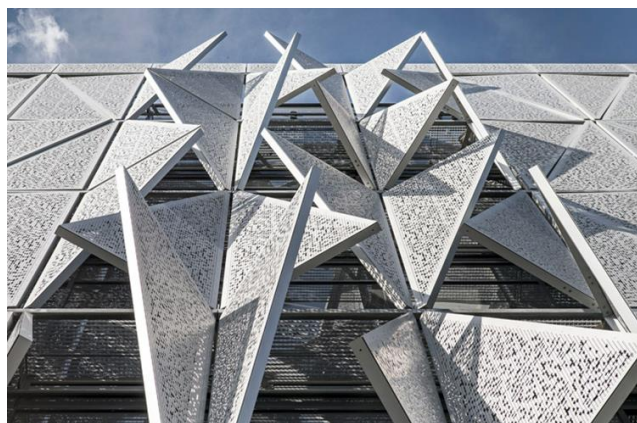


Рисунок 1. Панели на фасаде кампуса Университета Южной Дании.

Или, например, павильон Великобритании на Expo 2010 в Шанхае, спроектированный студией Heatherwick Studio, имел фасад, состоящий из 60,000 тонких прозрачных акриловых стержней. Эти стержни, длиной 7,5 метров каждый, реагировали на ветер, создавая динамический визуальный эффект. Внутри каждого стержня находились семена растений, и они также пропускали свет внутрь павильона днем и светились ночью.

Итак, благодаря использованию динамических элементов можно значительно снизить потребление энергии на отопление и охлаждение дома. Кинетические фасады и крыши, в свою очередь, способны адаптироваться к экстремальным погодным условиям, защищая здание и

поддерживая комфортную температуру внутри, а трансформируемые пространства позволяют оптимизировать использование помещений, подстраиваясь под изменяющиеся потребности жильцов.

Кинетическая архитектура является одним из самых интересных и перспективных направлений в современной архитектуре.

Применение элементов кинетической архитектуры в домах позволяет создать более комфортные и адаптивные условия для проживания, одновременно снижая негативное воздействие на окружающую среду. Внедрение этих технологий становится важным шагом на пути к устойчивому строительству и развитию архитектуры будущего.

\*\*\*

1. Лапшина, Е. Г. Кинетическая композиция в архитектуре / Е. Г. Лапшина, Е. Н. Вечкасова // Синергия Наук. - 2019. - № 34. - С. 317-323.
2. Сапрыкина Н. А. "Основы динамического формообразования в архитектуре" Издательство Москва "Архитектура-С" 2005 г. 50 ст.
3. Титова Е.А., Коробий Е.Б. Кинетика в архитектуре - движение в пространстве и во времени // Новые идеи нового века: Материалы междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. 2012. Т. 2. С. 121-125.
4. Холодова Л.П. Концепты современной теории архитектуры [Электронный ресурс]. URL: [http://eakimova.com/?page\\_id=226&page=20](http://eakimova.com/?page_id=226&page=20).









**LJournal**

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
№114, Октябрь 2024**

Часть 10

Подписано в печать 25.10.2024. Тираж 400 экз.  
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.10,36  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович