

## Секция 7. Цифровые технологии в строительстве

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕЕСТРОВ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

**И.А. Звонов**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,  
ZvonovIA@mgsu.ru*

## **Аннотация**

В настоящее время строительная отрасль только вступает на ступень «Индустрия 4.0» или «четвертая промышленная революция» – это концепция шестого технологического уклада, в рамках которого во все сферы производственных отраслей внедряются автоматизированные технологии. Основная цель этого внедрения, это обеспечение обмена данными между устройствами разной сложности и киберфизическими системами. И взаимодействие это запланировано без участия человека. Справедливо понимать, что «Индустрия 4.0» требует новых подходов к формализации и стандартизации, а значит требует внедрения новых форматов нормативных и нормативно-технических, организационно-технических документов, которые приниматься и пониматься «машинами». Новые формы документов позволят системно и эффективно применять их на всех этапах жизненного цикла конструкции, элемента или оборудования. Это ощутимые шаги на пути автоматизации и повышения эффективности всех организационных, производственных, технологических процессов в строительной отрасли.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сложившаяся в нашей стране нормативно-техническая база системы технического регулирования в строительстве характеризуется отсутствием системного подхода, наличием предписывающих норм, многочисленного дублирования и противоречий в регулировании процессов проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Это тормозит инновационные процессы в строительстве, создает административные технические барьеры для всех участников инвестиционно-строительного цикла, препятствует оперативному внедрению в практику строительства новых материалов и технологий. Очевидными стали сложившиеся ограничения областей применения сводов правил, отсутствие понятного механизма применения обязательных и добровольных требований, отсутствие быстрого, упрощенного порядка вывода на рынок новых строительных ресурсов. [1]

## **«К НОВОМУ ФОРМАТУ»**

Почти два года назад, а именно 23.02.2021 года на заседании совета Международной организации по стандартизации после длительного рассмотрения и обсуждения, был одобрен проект «умных» или «SMART» стандартов. Аббревиатура «SMART» - Standarts Mashine Applicable, Readable and Transferable понятно, что пришла неслучайно. «Умный» стандарт становится одной из приоритетных задач развития международной стандартизации до 2030 года. Формат стандарта предполагает совершенно новый формат представления документа – т.н. «машинопонимаемый» формат. В таком формате, текст легко может быть воспринят, обработан, конвертирован и передан с помощью компьютерной системы. Предполагается, что основным оператором и потребителем такого стандарта будут информационные системы. Но на фоне этого, будет доступна и на первых этапах обязательна работа оператора-человека. Документы в новом формате возможно будет использовать на всех этапах жизненного цикла изделия или конструкции, независимо от их сложности для того, чтобы обеспечить автоматизацию и, как следствие, достигнуть оптимизацию и повышение эффективности всех производственных процессов

на производстве или предприятии. Смысловым ядром «умного» формата нормативного или нормативно-технического документа становятся требования. По факту это единичная задокументированная необходимость, которой должны удовлетворять конкретные параметры, свойства, условия, процессы и т.п. Соответственно, для перевода нормативных и нормативно-технических документов или материалов в новый формат, первое что необходимо, это выделить из текстов требования и формализовать их таким образом, чтобы создавать стандарт уже в нужном формате. Очевидно, что вновь устанавливается связь с требованиями.

## **СТРУКТУРА «УМНОГО» ФОРМАТА**

Для ответа на вопрос о необходимой, правильной или достаточной структуре нового формата, нужно отметить, что относящиеся к конкретным материалам, конструкциям и процессам требования, формируются посредством выделения из нормативных документов и вносятся во внутренние документы организации, чтобы работать с ними, руководствоваться ими на определенных этапах жизненного цикла. Но в большинстве случаев, на следующих этапах, эти требования используются в отрыве от внешнего документа. [6] Между тем необходимо отметить, что проверка актуальности даже одного требования является более ресурсозатратным процессом, чем проверка актуальности стандарта. Этому есть несколько причин:

- в документе в большинстве случаев содержится разное количество требований;
- в одном документе могут содержаться требования, относящиеся к различным процессам;
- документ может содержать как обязательные, так и рекомендуемые требования;
- документ может продолжать действовать, но требования в нем уже могут измениться, и не единожды;
- документ может продолжать действовать, но требования могут даже быть отмененными;
- в исходный текст документа могут быть добавлены новые требования;
- в тексте одного документа могут содержаться требования, связанные с другими требованиями в других документах.

Эффективная структура и правильная алгоритмизация системы требований в нормативно-технических документах и нормативно-правовых актах, позволят решить перечисленные выше проблемы.

## **РЕЕСТРЫ ТРЕБОВАНИЙ**

На сегодняшний день, централизованное формирование новых типов представления требований в виде «реестра обязательных требований» осуществляется в соответствии с ФЗ от 31.07.2020 N 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» и Постановлением Правительства РФ от 06.02.2021 N 128 «Об утверждении Правил формирования, ведения и актуализации реестра обязательных требований».

Учитывая обширный массив действующей отраслевой нормативной и нормативно-технической документации в сфере строительства, возникает необходимость создания реестров требований уже сейчас, не дожидаясь готовых решений из-за рубежа или сложившегося опыта из других отраслей. Это связано также с тем, что каждая организация в сфере строительства, строительного проектирования или эксплуатации, работает с отличающимся перечнем стандартов. [2] Кроме того, помимо обязательных требований в деятельности используются рекомендованные требования, которые включаются в СТО.

По этой причине Научно-образовательный центр «Цифровое строительство и эксплуатация» НИУ МГСУ совместно с АО «Кодекс» запустил проект по созданию реестра требований в виде «облака знаний» в НИУ МГСУ для образовательных целей, а

также совместно с группой студентов реализуют стартап-проект «Разработка цифрового реестра нормативно-технических требований для управления эксплуатацией МКД». Современные профессиональные справочные системы, такие как система «Техэксперт» АО «Кодекс», для строительной отрасли содержат специализированные сервисы и функции, которые позволяют уже сейчас создавать собственные реестры и «облака знаний», подстраивая их под текущие задачи.

Важным аспектом при работе со документами «умного» формата является классификация требований, ведь без единого понятийного аппарата, переход к глобальной автоматизации и цифровизации невозможен, так как различные системы просто не будут понимать друг друга. Кроме создания онтологических моделей промышленной и строительной продукции, система управления требованиями подходит для инженерии ПО, управления профессиональными компетенциями, контрольно-надзорной деятельности и коллективной работы над документами. По сути, это уже технология управления сутевой частью документа, которая может подстраиваться под заказчика, при этом закрывая именно его потребности. [7]

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЕСТРА

Для реализации совместного проекта были выбраны системы «Техэксперт», в которых осуществляется подход к нормативному документу, как к «контейнеру данных». [6] Это цифровой документ, который объединяет в себе целую совокупность данных:

- различные атрибуты, предназначенные и для человека, и для автоматизированных систем;
- гипертекст с возможностями для контекстного поиска, расстановки гиперссылок, оглавления, а также с возможностью создавать на основе словесно-текстуального анализа различных дополнительных сервисов, которые в дальнейшем могут послужить для машинной аналитики
- графика (в том числе сканированная копия оригинала)
- 3D-модели и другие вложенные файлы различных форматов
- Все изменения и поправки, а также все версии и редакции документа с возможностью их сопоставления
- Метаданные
- Индексы

В ходе подготовки к проекту были выделены основные задачи, которые стоят перед специалистом в условиях работы с требованиями (с учетом использования «цифровой документации» в справочных системах):

1. найти требования в системах (когда конкретный нормативный документ неизвестен)
2. найти требования в тексте документа
3. выделить требования и поместить в папку
4. создать «облако знаний» (в данном случае, реестр требований) в папках систем
5. отслеживать статус документа
6. отслеживать статус требования (действует, заменено/отменено)
7. отслеживать актуальность нормативных документов в текстах организационно-технологических материалов.

После этого были определены стандартные сервисы и функции, с помощью которых эти задачи можно решить с учетом разных условий:

1. поиск в системах – *4 варианта поиска и аннотации к документам*
2. поиск требования в тексте документа – *3 вида поиска внутри документа*
3. выделение требования и помещение в папку – *поставить закладку, добавить комментарий на требование*
4. создание реестра требований - *в папках пользователя*
5. отслеживание статуса документа – *поставить документы на контроль*

6. отслеживание статуса требования – *сравнение норм и стандартов, сравнение редакций, обзор изменений*
7. отслеживание актуальности нормативов в текстах (организационно-технологическая документация) – *интеграция с MS Office, AutoCAD, NanoCAD и пр.*

Главным блоком работы над реестром требований, несомненно, является структура реестра. В данном случае, соотнесение его с конкретной практической задачей или комплексом задач – управление качеством строительства объектов жилой недвижимости.

## ГОТОВНОСТЬ ЗАКОНОДАТЕЛЯ

За последние 2-3 года Министерство строительства и ЖКХ РФ ведет планомерную работу по сокращению избыточных и потерявших актуальность норм. Более десяти тысяч требований переведены из обязательного в добровольное применение в строительной отрасли. Разрабатываются механизмы внедрения оптимальных строительных решений, предусматривающих меньшие сроки и однотипность процедур.

Взамен утверждаемого Правительством России исчерпывающего перечня документов, материалов, сведений, согласований, необходимых для строительства, проект закона который направленного на цифровизацию правового и нормативно-технического регулирования отрасли посредством внедрения государственной информационной системы «Стройкомплекс.РФ», предполагает внедрение Цифрового реестра документов, материалов, сведений и согласований (Цифровой реестр документов, материалов, сведений и согласований). [4] Запланировано, что реестр будет вестись Минстроем России в системе «Стройкомплекс.РФ», что обеспечит его открытость и возможность оперативной актуализации.

Разработан алгоритм, по которому цифровые реестры, классификатор строительной информации (КСИ), сведения о выданных разрешениях на строительство и ввод, а также многие иные документы, сведения, материалы, устанавливаемые Правительством России, будут включены в единую информационную систему «Стройкомплекс.РФ» на базе Государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности РФ (ГИСОГД РФ). [5]

Принятый в соответствии с ПП РФ от 06.02.2021 N 128 формат реестра, представляет собой федеральную государственную информационную систему, которая создается в целях обеспечения систематизации обязательных требований и информирования заинтересованных лиц об обязательных требованиях, установивших их нормативных правовых актах, о сроке их действия, а также в целях обеспечения ведения в электронной форме реестра содержащихся в нормативных правовых актах обязательных требований и базы данных о нормативных правовых актах, содержащих обязательные требования.

Задачами создания реестра является автоматизация процессов:

1. формирования, ведения и актуализации реестра содержащихся в нормативных правовых актах обязательных требований;
2. выделения обязательных требований из текстов нормативных правовых актов;
3. информирования заинтересованных лиц об обязательных требованиях. [3]

Ожидается, что внедрение реестрового принципа разработки, корректировки и применения нормативно-технических требований в строительной отрасли позволит ускорить формирование современной, целостной системы нормативных и нормативно-технических документов, устанавливающей единые требования к объектам капитального строительства на всех этапах жизненного цикла и исключая возможные противоречия в системе. Однако, пока данный формат реестра не закрывает все ожидания строительного сообщества, описанные выше.

## **ВЫВОДЫ**

Комплексная автоматизация деятельности участников строительной деятельности невозможна без эффективного управления нормативно-технической документацией и нормативными требованиями к продукции. В дальнейшем это обеспечит быстрый переход к SMART-стандартам, которые обеспечивают широкие возможности для ускорения, оптимизации и автоматизации применения нормативных требований. А без соответствия требованиям невозможно представить себе строительство будущего и обеспечение его технической безопасности.

Все производящиеся со сторон государства изменения, обеспечивают законодательную базу для дальнейшей цифровизации строительства, значительной оптимизации инвестиционно-строительного цикла и снижения административной нагрузки на отрасль.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Автор выражает благодарность за предоставленные данные Кашириной Н.В. АО «Кодекс»

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. «Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.10.2022гю № 3268-р. // Режим доступа: <http://www.static.government.ru> Дата обращения: 10.12.22.
2. ФЗ от 31.07.2020 N 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации»// Режим доступа: <http://www.consultant.ru> Дата обращения: 09.12.22.
3. Постановление Правительства РФ от 06.02.2021 N 128 «Об утверждении Правил формирования, ведения и актуализации реестра обязательных требований»// Режим доступа: <http://www.consultant.ru> Дата обращения: 09.12.22.
4. Новости Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации// Режим доступа: <http://www.minstroyrf.gov.ru> Дата обращения: 14.12.22.
5. Портал строительного комплекса Российской Федерации// Режим доступа: <http://www.stroi.gov.ru> Дата обращения: 11.12.22.
6. Система управления требованиями на платформе «Техэксперт»// Режим доступа: <http://www.техэксперт.онлайн> Дата обращения: 02.12.22.
7. «Управление строительством», учебник под редакцией П.Г. Грабового, А.А. Лapidуса, ISBN 978-5-4323-0428-5, Москва,2022.//часть 2, гл.17

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ И ЦИФРИЛИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Д.Ш. Гасанов<sup>1</sup>, О.С. Ким<sup>2</sup>, А.В. Баулин<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*dzhon-gasanov@mail.ru*

<sup>2</sup>*Olegkim.2020@mail.ru*

<sup>3</sup>*baulinav@mgsu.ru*

## Аннотация

В статье рассматриваются методы и приемы цифровизации строительного контроля и использования современных технологий в этой отрасли. Технологии построения информационных моделей зданий играют жизненно важную роль в современном строительстве и активно внедряются в различных областях строительного сектора: проектирование, инспекция и строительный контроль. Контроль строительных работ является неотъемлемой частью строительства, которая обеспечивает правильность выполнения работ и соблюдение всех технологий производства. Внедрение современных технологий в сфере строительного контроля является важным шагом в будущее и в развитии строительной отрасли в целом. В данной статье рассматриваются методы цифровизации строительного контроля и их внедрение. На сегодняшний день уже создано и используется на практике несколько типов программ для цифровизации строительного контроля, как в крупном строительстве, так и в частном. Эти программы были изучены и было проанализировано их использование в современном строительстве. Это позволило нам определить, что данный метод проведения строительного контроля проявляет себя как с положительной стороны, так и с отрицательной. Рассмотрены и проанализированы методы работы и внедрения программ цифровизации строительного контроля на основе опыта их использования. Предложены варианты их совершенствования.

## ВВЕДЕНИЕ

Постановка научной проблемы, ее актуальность, связь с важнейшими задачами, которые необходимо решить, значение для развития определенной отрасли науки или практической деятельности.

Качественное проведение строительного контроля – это своевременное выявление и исправление ошибок при строительно-монтажных работах, соблюдение нормативных сроков, что обеспечивает надлежащее качество строительства, соблюдение проектной стоимости объекта капитального строительства и показателей экономической эффективности [1-2].

Задачи строительного контроля заключаются в гарантиях безопасной эксплуатации зданий и сооружений, отсутствие нарушений технологии строительства, использование качественных материалов, соблюдение требований нормативной документации, совпадение проекта и результата [1-2].

Цифровизация строительной отрасли - это перевод строительных процессов в цифровой формат, использование новейших технологий для оптимизации сроков строительства и повышения качества готовой продукции.

Существует множество нюансов, связанных с тем, что результаты проведения строительного контроля, исполнительная документация [12] ведутся в бумажном виде. Среди основных проблем такого формата документирования результатов работ выделяется:

- Длительность процессов согласования не позволяет оплачивать фактически выполненные работы
- Процесс подписания затягивается из-за необходимости физического присутствия для подписания на бумажном носителе
- Ручное формирование документации провоцирует риск человеческой ошибки
- Различия в формах актов затрудняют проверку
- Затраты на содержание бумажных архивов постоянно растут
- Распространены случаи утери исполнительной документации или получения ее эксплуатирующими организациями в некомплектном виде

Актуальность данной статьи связана со значительным распространением цифровизации исследуемой отрасли и заключается в необходимости разработки методологии по совершенствованию процедуры проведения строительного контроля с использованием BIM-технологий.

В соответствии с СП 471.1325800.2019 и Распоряжением Правительства №3883-р утверждено стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли на 2021-2030 г. По предложенной инициативе планируются к реализации проекты, включающие:

- развитие применения ТИМ на всех этапах жизненного цикла ОКС и инфраструктуры;
- возможность перевода в цифру процедур взаимодействия участников строительного инвестиционного цикла и органов СК.

Говоря о преимуществах и проблемах применения технологий информационного моделирования при проведении строительного контроля, необходимо понимать, что в целом процесс цифровизации неминуем, а рациональным решением для строительных компаний в нынешних условиях является интеграция современных технологий в свою хозяйственную деятельность и обучение сотрудников работе в информационных системах [3].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Технология информационного моделирования позволяет оперативно воссоздать исходное здание в формате 3D, в автоматическом режиме получить ведомости и чертежи по частичному демонтажу объекта. На основе модели специалист строительного контроля может получить различные дополнительные данные. Впоследствии на базе единой трёхмерной модели будут осуществлены сотни различных проверок, которые невозможно выполнить, работая с разрозненными плоскими чертежами [5].

В строительном контроле используется такая программа, как ТЕХЗОР, разработанная компанией ООО “Цифровая Эволюция”. Данная программа дает использование онлайн-шахматки помещений, использование планов в онлайн режиме, на которых можно локально показывать допущенные нарушения. Она облегчает ведение не только строительного контроля, но и авторского надзора, осмотра и приемки помещения, эксплуатационного контроля и гарантийного обслуживания.

Система сама формирует предписания и акты устранения выявленных нарушений, и при необходимости отправляет их по электронной почте.

Представитель строительного контроля может внести в приложение замечания и создать «чек-лист», который будет служить предписанием в электронном виде, где к каждому замечанию можно приложить фотографию и дать статус «к устранению», к которому есть доступ ответственных лиц.

У любого пользователя, имеющего доступ к данному объекту, есть возможность привязать данное замечание к определенной инспекции, а также оставить комментарий.



Комментарии служат для ведения диалога между автором замечания и другими участниками строительного процесса и позволяют прикреплять файлы, доказывающие позиции сторон.

Так же пользователи могут работать с данными замечаниями в оффлайн-режиме, ведь программа позволяет сделать автоматическую выгрузку всех замечаний с фотографиями в разные форматы файла для печати: docx., PDF., xls.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, мы можем наблюдать, что данные программы начинают внедрять в процесс проведения строительного контроля такие компании, как ГК «ФСК», ПАО «Галс-Девелопмент», ООО «МСУ-1», ООО «ДСК-1», АО «НИПИГАЗ», ГК «Пионер», ГК «Кортрос», Level Group. На примере этих компаний мы можем разобрать все достоинства и недостатки цифровизации строительного контроля. Благодаря им решаются перечень определенных проблем, которые могут возникнуть при проведении контроля, а именно: значительные затраты времени на формирование актов-предписаний; отсутствие реестра ответственных лиц за устранение нарушений; отсутствие систематизации огромного количества нарушений и т.д.

Рассмотренные ПО дают нам различные пути решения:

- возможность отслеживать жизненный цикл нарушения;
- локализация нарушения на цифровом плане;
- полная информационная картина устранения нарушений;
- цифровой архив строительного контроля.

Однако, существуют и недостатки ПО в рамках цифровизации строительного контроля, среди которых: бессистемные сбои в работе ПО (данный недостаток является устранимым, так как служба разработчиков регулярно прорабатывают бесперебойность работы); отсутствие возможности использовать ПО без доступа в интернет; существование в ПО лимита выгрузки выданных замечаний (100 замечаний).

Идентичным функционалом обладает программное обеспечение МРС "СтройКонтроль" - программный комплекс для цифровизации строительного контроля. Данное ПО позволяет контролировать качество выполнения работ и дистанционно управлять ситуацией на строительной площадке. Работает онлайн и оффлайн с мобильных устройств или через браузер рабочего компьютера. Дает доступ к актуальной документации и данным с объектов.

Применение ТИМ на примере жилого квартала Фонда Реновации

- Централизация диспетчерских пунктов управления несколькими зданиями – оптимизация штата - На объектах Фонда Реновации к 2023 году для обслуживания 11 корпусов планируется задействовать 36 человек по сравнению с 195 штатными единицами (251 800 м2) без использования информационной системы. Численность персонала изменится на 81 %.
- Оптимизация закупочных процедур и прозрачные техническое обслуживание и текущий ремонт «Прозрачное» бюджетирование и расходование бюджетных средств.
- Мониторинг потребления энергоресурсов на каждом узле/установке Отслеживание потребления энергоресурсов на каждом участке позволит поддерживать постоянный уровень энергоэффективности
- Продление сроков полезной эксплуатации здания на 15 - 25 лет Некачественная эксплуатация, ремонт или его отсутствие приводит к возрастанию износа здания в геометрической прогрессии. Эксплуатация зданий при помощи информационных систем с применением BIM-моделей зданий позволяет добиться более плавного износа, а также продлить срок их службы.



### Использование ТИМ-процессов

Элементы модели по дисциплине, уровню детализации и любым конкретным атрибутам, важным для строительного инвестиционного проекта, документируются с использованием листа обмена информацией. Размещены в приложении 1.

Процессная схема в нотациях BPMN для сборки сводной информационной модели на этапе строительства приведена в приложении 2.

Построение технологической цепочки процесса исполнения работы и оформления ИД с добавлением всех участников, видов работ и ИД на каждом этапе формирования процессной схемы приведено в приложении 3.

Экономический эффект от внедрения ТИМ в период эксплуатации здания на примере типового жилого дома

1. Централизация диспетчерских пунктов управления несколькими зданиями – оптимизация штата (подразумевается создание единого диспетчерского пункта на 11 зданий). Экономический эффект наглядно показан на рис.2.
2. Оптимизация закупочных процедур и прозрачные техническое обслуживание и текущий ремонт. Экономический эффект наглядно показан на рис.3.
3. Мониторинг потребления энергоресурсов на каждом узле / установке с целью поддержания уровня класса энергоэффективности. Экономический эффект наглядно показан на рис.4.

| До применения ИС             |            |                                 |
|------------------------------|------------|---------------------------------|
| Наименование штатной единицы | Кол-во     | ФОТ по спец-ти в год, тыс. руб. |
| Инженеры                     | 141        | 137 052                         |
| Диспетчеры                   | 46         | 41 400                          |
| ИТР                          | 8          | 17 376                          |
| <b>Итого в год</b>           | <b>195</b> | <b>195 828</b>                  |

| После применения ИС          |           |                                 |
|------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Наименование штатной единицы | Кол-во    | ФОТ по спец-ти в год, тыс. руб. |
| Инженеры                     | 46        | 44 712                          |
| Диспетчеры                   | 4         | 3 600                           |
| ИТР                          | 6         | 13 032                          |
| <b>Итого в год</b>           | <b>56</b> | <b>61 344</b>                   |

| Экономический эффект |                       |                          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Сроки                | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| За 1 год             | - 12 226              | - 134 484                |
| За 50 лет            | - 611 291             | - 6 724 200              |
| За 75 лет            | - 916 396             | - 10 086 300             |

= 38 % от стоимости здания (ПИР+СМР)

Рис. 2. пункт 1 – централизация диспетчерских пунктов

| До применения ИС                       |                       |                          |
|--|-----------------------|--------------------------|
| Уровень затрат                         | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| Текущий уровень затрат на эксплуатацию | 65 000                | 715 000                  |

| После применения ИС   |                       |                          |
|---|-----------------------|--------------------------|
| Уровень затрат  | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| Плановый уровень затрат на эксплуатацию при экономии в 7%** | 60 450                | 664 950                  |

\*\*Уровень экономии за счет применения ТИМ оценивается в 7-20%

| Экономический эффект |                       |                          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Сроки                | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| За 1 год             | - 4 550               | - 50 050                 |
| За 50 лет            | - 227 500             | - 2 502 500              |
| За 75 лет            | - 341 250             | - 3 753 750              |

Рис. 3. пункт 2 – оптимизация закупочных процедур

| До применения ИС                                     |                       |                          |
|--|-----------------------|--------------------------|
| Уровень затрат                                       | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| Текущий уровень затрат на потребление энергоресурсов | 35 000                | 385 000                  |

| После применения ИС  |                       |                          |
|--|-----------------------|--------------------------|
| Уровень затрат   | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| Плановый уровень затрат на потребление энергоресурсов при экономии в 3%*** | 33 950                | 373 450                  |

\*\*\*Уровень экономии потребления энергоресурсов за счет применения ТИМ оценивается в 3%

| Экономический эффект |                       |                          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Сроки                | На 1 объект тыс. руб. | На 11 объектов тыс. руб. |
| За 1 год             | -1 050                | -11 550                  |
| За 50 лет            | -52 500               | -577 500                 |
| За 75 лет            | -78 750               | -866 250                 |

Рис. 4. пункт 3 - мониторинг потребления энергоресурсов

Экономический эффект от применения ИС и стоимость внедрения\* (\*из расчета на 1 объект)

| № | Наименование затрат                                   | До применения ЦД, тыс. руб. | После применения ЦД, тыс. руб. | Экономический эффект за 75 лет, тыс. руб. |
|---|---|-----------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | <b>Продление сроков эксплуатации ОКС на 15-25 лет</b> |                             |                                |   |
|   | ПИР + СМР (первичное возведение)                      | 2 376 948                   | 2 513 038                      | - 2 240 858                               |
|   | ПИР + СМР (вновь возведенный ОКС)                     | 2 376 948                   |                                |   |
|   | Эксплуатация  | 7 000 000                   | 6 000 000                      | -1 000 000                                |
| 2 | <b>Централизация диспетчерских пунктов управления</b> | 14 687 100                  | 4 600 800                      | -10 086 300                               |
| 3 | <b>Оптимизация закупочных процедур</b>                | 4 875 000                   | 4 533 750                      | -341 250                                  |
| 4 | <b>Мониторинг потребления энергоресурсов</b>          | 2 625 000                   | 2 546 250                      | -78 750                                   |
|   | <b>ИТОГО</b>  | <b>33 940 996</b>           | <b>20 193 838</b>              | <b>-13 747 158</b>                        |

Рис. 5. экономический эффект от внедрения ТИМ на объект

| Эффект   | Расчет на 1 объект, тыс.руб.: | Расчет на 11 объектов, тыс. руб.: |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|
| Общий экономический эффект за 75 лет                     | -14 686 408                   | -161 550 492                      |
| Усредненный эффект на 3 года эксплуатации из расчета     | -587 456                      | -6 462 020                        |
| <b>Внедрение ТИМ 5% от ССР (стоимостью 2 млрд. руб.)</b> | <b>118 847</b>                | <b>1 307 321</b>                  |

Рис. 6. общий экономический эффект от внедрения ТИМ полного цикла на объекты Фонда Реновации

На наш взгляд, для усовершенствования работы ПО, а также для оперативности устранения выданных замечаний необходимо нововведение в части поступления замечаний строго по видам работ с разделением на зоны ответственности.

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, обозначим следующее ключевое преимущество технологии BIM, которое проявляет себя при строительном контроле и строительной-технической экспертизе: информационная 3D-модель даёт возможность сравнить исходный объект с проектом реконструкции, наглядно продемонстрировать архитектурные и инженерные решения заказчику, быстро провести согласования на каждом этапе проекта.

Во исполнение Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации», национального проекта «Цифровые технологии», распоряжения Правительства о Цифровой трансформации и Постановления № 331 возможно определение экономической эффективности, связанного с расчётом коэффициентов технологической эффективности информационного моделирования [11].

Информационные модели высокой детализации позволяют создавать информационные системы, реализующие концепцию цифровых двойников. Это ускоряет строительство, позволяет создавать качественные здания и сооружения, экономя и трудовые, и материальные ресурсы.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Статья 53. Строительный контроль. Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 01.05.2022)
2. С.М. Анпилов, А.В. Михайлов, А.Н. Сорочайкин. Строительный контроль, как правовое средство, обеспечивающее надлежащее исполнение подрядных работ.
3. Четверик Н.П. Совершенствование порядка проведения строительного контроля, как процедуры, оказывающей влияние на безопасность объектов капитального строительства
4. Venu G. M. Annamdas. Review of Exogenous Economic Indicators Influencing Construction Industry
5. З.Р. Тускаева, З.В. Албегов. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности
6. Статья 706 Генеральный подрядчик и субподрядчик. "Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая)" от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022)
7. ГК РФ Статья 749. Участие инженера (инженерной организации) в осуществлении прав и выполнении обязанностей заказчика. "Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая)" от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022)
8. Постановление Правительства РФ от 21 июня 2010 г. N 468 "О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства"
9. СП 471.1325800.2019. Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ
10. Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2021 N 3883-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года».
11. Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 г. N 331 "Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства"
12. ГОСТ Р 70108-2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде» утвержден Приказом Росстандарта от 19 мая 2022 года №337-ст. Дата введения в действие данного стандарта – 1 января 2023 года.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ СТЕНЫ И НАВЕСА В СВЯЗКЕ GRASSHOPPER – ARCHICAD

К.А. Шумилов<sup>1</sup>, Ю.А. Гурьева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4,

<sup>1</sup>Shkas@mail.ru,

<sup>2</sup>Yual2017@mail.ru.

### Аннотация

Для создания модели полигональных стены и навеса, состоящих из массива панелей, способных изменять свою ориентацию в пространстве в зависимости от требований пользователя, авторами был разработан программный код. Для этого была использована связка Grasshopper – Archicad. Описаны этапы создания скрипта и формирования модели, основанной на использовании аттрактора. В качестве аттрактора может выступать интерактивно меняющаяся координаты точка или линия пространства. Полученная модель стены и навеса успешно применена для разработки проектов архитектурной среды. Представлен пример размещения полученных объектов в архитектурном окружении. Модель полигональных стены и навеса может быть использована в дальнейшей работе для размещения оборудования, чувствительного к изменениям параметров окружающей среды, а также механизмов для поворота панелей.

### ВВЕДЕНИЕ

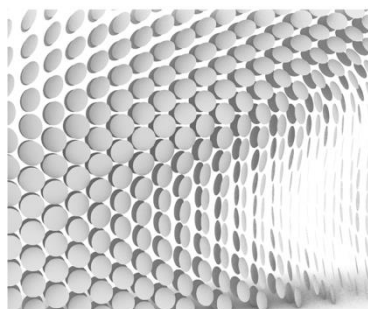
При организации архитектурной среды для повышения комфорта людей необходимы «умные» системы, реагирующие на малейшие изменения показателей окружающей среды (инсоляции, ветра, температуры и др.). Для работы таких систем сначала необходимо создать модель, на которой будет размещено необходимое оборудование. Модель должна быть твердотельной и достаточно гибкой для изменения её геометрических параметров [1-7]. В дальнейшем этой модели задаётся материал, затем она встраивается в архитектурное пространство, после чего может быть использована для размещения необходимого оборудования.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для создания модели полигональных декоративной стены и навеса была выбрана программа Grasshopper, использующая визуальное программирование для формирования скриптов кода программы будущей модели объекта. Затем полученная модель встраивалась в архитектурную среду для дальнейшей работы с ней. Для этого использована программа Graphisoft Archicad.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В программе Grasshopper был выполнен подбор наиболее оптимального кода для создания модели полигональных декоративной стены и навеса, в которые в дальнейшем могут быть внедрены солнечные батареи и другое оборудование, реагирующее на изменение инсоляции (направление солнечных лучей, параметры излучения и др.) и механизмы, способные поворачивать панели в требуемую сторону (рис. 1).



**Рис. 1.** Массив панелей

Сначала была создана панель в пространстве для правильного распределения плоскостей (небольших круглых объемов) на панели.

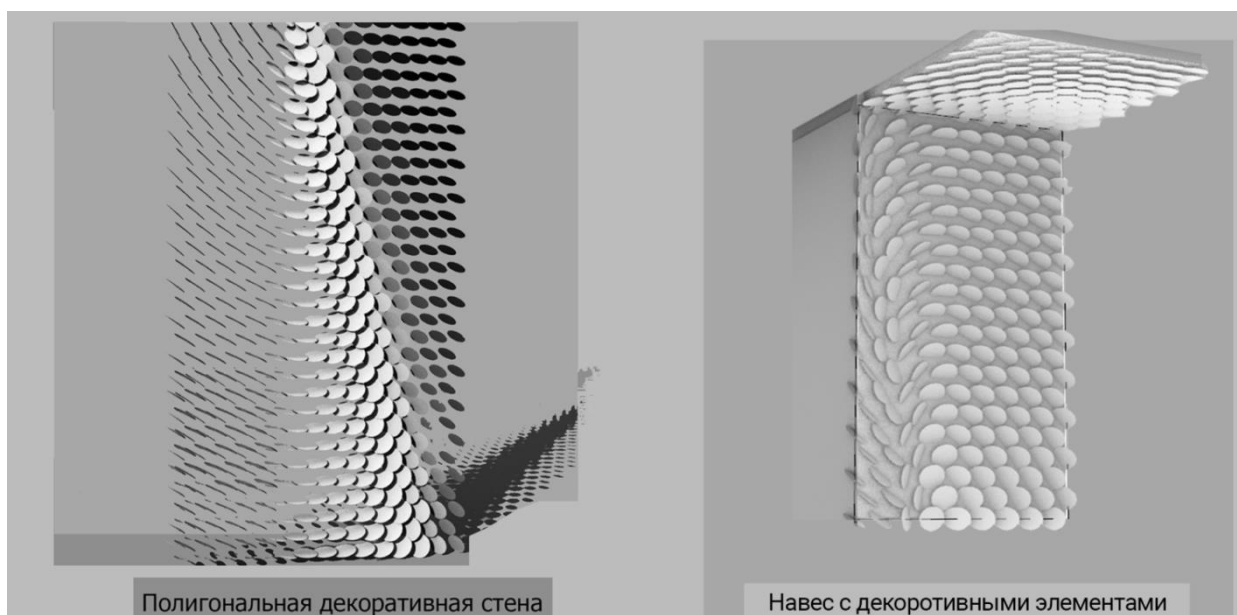
1. Инструментом **Hexagonal** созданы шестигранники в соответствии с пропорциями заданной ранее плоскости.

2. Опцией **Vector 2pt**, к которой привязана кривая, с помощью инструмента **Set One Curve**, используя опцию **Divine Curve** (разделение на точки), сформирован аттрактор.

3. Создан примитив **Circle CNR**. В результате вектором оказывается нормаль по отношению к плоскости круга. В итоге круги повернуты своими плоскостями к точкам на кривой, которая была создана ранее.

4. С помощью функций **Offset** (с добавлением слайдера) и **Boundary Surfaces** сформированы плоскости кругов.

В результате формируются модели полигональных стены и навеса (рис. 2).



**Рис. 2.** Модели полигональных стены и навеса

С помощью полученного кода также можно подсчитать общую площадь объекта, общую площадь декоративных элементов, общий объем полученной модели (рис. 3).

### Общая площадь объекта

Calculating Area... Press Esc to cancel  
Cumulative Area = 40380204.8 (+/- 2.4) square millimeters for 300 objects

### Общая площадь декоративных элементов

Calculating Area... Press Esc to cancel  
Cumulative Area = 7496996.2 (+/- 2.4) square millimeters for 297 objects

**Рис. 3.** Результаты расчёта общей площади объекта и общей площади декоративных элементов

Разработанный алгоритм использовался для создания стены и навеса, которые успешно импортировались в Graphisoft Archicad (рис. 4). Полигональные стена и навес были использованы при разработке проектов. Также была получена высококачественная реалистичная визуализация архитектурной среды с размещёнными в ней полигональными стеной и навесом.



**Рис. 4.** Полигональные стена и навес в архитектурной среде

## ВЫВОДЫ

По результатам работы, проведённой авторами, был получен программный код в Grasshopper для создания моделей полигональных декоративной стены и навеса. Разработанный программный код может быть использован на практике для работы над проектами. Полигональные стена и навес также могут быть использованы в качестве

основы для размещения технического оборудования, реагирующего на изменение показателей окружающей среды для изменения ориентации панелей стены и навеса, что приведёт к повышению комфорта пользователей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Манойленко А.Ю., Литовка В.В.* Применение информационного моделирования при исследовании уникальных объектов параметрической архитектуры // Инженерный вестник Дона. 2019. №1(52). С. 128 – 134.
2. *Гоголкина А.В.* Особенности формирования конструкций в параметрической архитектуре // Архитектура и современные информационные технологии. 2018. №1(42). С. 355 – 363.
3. *Liu Hongming, Jiang Yu.* The parametric modeling of one heterotypic building basing on Rhino and Grasshopper // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции Фад Тогу. 2017. Т. 2. С. 202 – 207.
4. *Попова Е.Е., Шегай Р.А.* Реализация метода «form-finding» в программном комплексе Rhinoceros // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2019. №5(80). С. 17 – 21.
5. *Чеснаков И.Э.* Применение средств параметрического моделирования для решения задач оптимизации несущих конструкций // Сборник статей магистрантов и аспирантов Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство». 2020. С. 183 –191.
6. *Шумилов К.А., Гурьева Ю.А.* Моделирование сложных архитектурных объектов с использованием Grasshopper, Rhino и Archicad // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. № 2(40). С. 145 – 150. DOI: 10.52684/2312-3702-2022-40-2-145-150
7. *Шумилов К.А., Гурьева Ю.А.* Применение Grasshopper, Rhino и Archicad для моделирования различных форм архитектурных объектов, содержащих элементы сложной геометрии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. №3(41). С. 92 – 95. DOI: 10.52684/2312-3702-2022-41-3-92-95



# АНАЛИЗ АСПЕКТА НЕЛИНЕЙНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

В.Н. Орлов<sup>1</sup>, М.В. Гасанов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>OrlovVN@mgsu.ru

<sup>2</sup>GasanovMV@mgsu.ru

## Аннотация

В работе представлен анализ одного из аспекта нелинейности, положение подвижной особой точки и ее изменение, в зависимости от структуры полиномиальной правой части нелинейного дифференциального уравнения. Рассматриваются два класса нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка. В первом случае с полиномиальной правой частью второй степени, а во втором — с полиномиальной правой частью седьмой степени. При исследовании, принимались во внимание полученные ранее авторами результаты. На основании этих результатов показана зависимость положения подвижной особой точки, не только от начальных данных, как это следует из определения подвижных особых точек, но и от структуры полиномиальной правой части. Теоретические положения, разработанные авторами, протестированы с помощью численных экспериментов.

## ВВЕДЕНИЕ

Особенность нелинейных дифференциальных уравнений, в отличие от линейных, связана с одним из аспектов нелинейности, наличием подвижных особых точек. Наличие подвижных особых точек является достаточным условием, в общем случае неразрешимости таких уравнений в квадратурах. Существующие методы можно разделить на следующие варианты: к первому варианту относятся ситуации, когда, в частных случаях, с помощью замены переменных, удастся разрешить эти уравнения в квадратурах [1] - [5]; ко второму варианту относятся работы, посвященные асимптотическим методам исследования [6] - [8]; к третьему случаю можно отнести авторский разработанный метод аналитического приближенного решения [9] - [14]. Из перечисленных методов, только третий вариант позволяет определить положение подвижной особой точки, и установить её зависимость от структуры полиномиальной правой части исходного уравнения. Аналитический приближенный метод решения состоит из шести математических задач. К ним относятся такие задачи, как: построение аналитического приближенного решения в области аналитичности [9], [10]; построение аналитического приближенного решения в окрестности подвижной особой точки [11], [12]; третья задача — разработка точных критериев существования подвижной особой точки [13], [14]. На основе решения этих трех задач, с помощью численного эксперимента, проводится анализ положения подвижной особой точки, в зависимости от структуры полиномиальной правой части рассматриваемых классов уравнений. В работе представлена графическая интерпретация положения подвижной особой точки, в зависимости от структуры полиномиальной правой части рассматриваемого уравнения. Отметим, что на данный момент, предложенная авторами технология нахождения подвижных особых точек, основанная на методе регуляризации, не имеет аналогов в классической литературе.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматриваются два класса нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка:

$$y'''(x) = y^2(x) + r(x) \quad (1)$$

и

$$y'''(x) = y^7(x) + r(x) \quad (2)$$

с одинаковыми начальными условиями

$$\begin{cases} y(x_0) = y_1, \\ y'(x_0) = y_2, \\ y''(x_0) = y_3. \end{cases} \quad (3)$$

На основании результатов в области аналитичности [9],[10], аналитическое приближенное решение для уравнений (1), (2), с начальными условиями (3), имеет следующий вид:

$$y_N(x) = \sum_{n=0}^N C_n (x - x_0)^n \quad (4)$$

справедливое в области

$$|x - x_0| < \rho_2, \quad (5)$$

где в случае задачи Коши (1) — (3) имеем:

$$\rho_2 = \min \left\{ \rho_1, \frac{1}{(M+1)^2} \right\}, M = \max \left\{ |y_0|, |y_1|, |y_2|, \sup_n \left\{ \frac{|r^{(n)}(x_0)|}{n!} \right\} \right\}, n = 0, 1, 2, \dots,$$

а для задачи Коши (2) — (3):

$$\rho_2 = \min \left\{ \rho_1, \frac{1}{\sqrt[3]{M+1}} \right\}, M = \max \left\{ |y_0|, |y_1|, |y_2|, \sup_n \left\{ \frac{|r^{(n)}(x_0)|}{n!} \right\} \right\}, n = 0, 1, 2, \dots$$

В авторской работе [9] решена задача влияния возмущения начальных условий на аналитическое приближенное решение (4), в соответствующей области (5):

$$\rho_2 = \min \left\{ \rho_1, \frac{1}{\sqrt[3]{M + \Delta M + 1}} \right\}, M = \max \left\{ |y_0|, |y_1|, |y_2|, \sup_n \left\{ \frac{|r^{(n)}(x_0)|}{n!} \right\} \right\}, n = 0, 1, 2, \dots,$$

$$\Delta M = \max \{ \Delta \tilde{y}_0, \Delta \tilde{y}_1, \Delta \tilde{y}_2 \}.$$

Аналогичная ситуация и для аналитического приближенного решения задачи Коши (2) — (3) в области (5):

$$\rho_2 = \min \left\{ \rho_1, \frac{1}{(M + \Delta M + 1)^2} \right\}, M = \max \left\{ |y_0|, |y_1|, |y_2|, \sup_n \left\{ \frac{|r^{(n)}(x_0)|}{n!} \right\} \right\}, n = 0, 1, 2, \dots,$$

$$\Delta M = \max \{ \Delta \tilde{y}_0, \Delta \tilde{y}_1, \Delta \tilde{y}_2 \}.$$

На основании авторских работ [9-14] мы имеем возможность строить аналитическое продолжение приближенного решения, а так же, используя формулы для области аналитичности, с гарантией отсутствия подвижных особых точек, можно воспользоваться классическими численными методами решения дифференциальных уравнений. Используя

технологии регуляризацию подвижной особой точки, в случае уравнения (1), основанной на замене переменной  $y(x) = \frac{1}{u(x)}$ , приходим к инверсной задаче Коши:

$$u''' \cdot u^2 = 6u \cdot u' \cdot u'' + 6(u'u)^3 + 1 + u^2 \cdot r(x), \quad (6)$$

$$\begin{cases} u(x_0) = u_0, \\ u'(x_1) = u_1, \\ u''(x_2) = u_2. \end{cases} \quad (7)$$

В случае задачи Коши (2) — (3), технология регуляризации будет основана на замене переменной  $y^2(x) = \frac{1}{w(x)}$ . Таким образом, получаем инверсную задачу Коши:

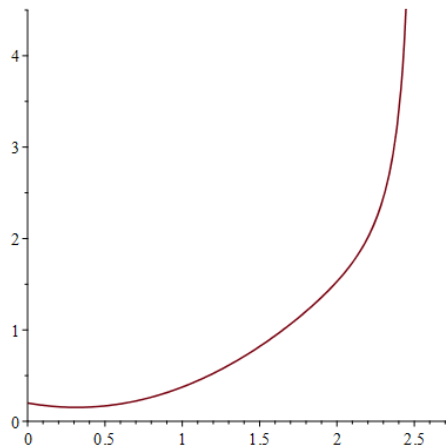
$$4w'''w^2 = 8 - 12w^2w'w'' + 6ww'w'' - 5w^3 + 8w^{7/2}r(x), \quad (8)$$

$$\begin{cases} w(x_0) = w_0, \\ w'(x_1) = w_1, \\ w''(x_2) = w_2. \end{cases} \quad (9)$$

Напоминаем, что положение подвижной особой точки определяется по решению Задачи Коши, в первом случае (1) — (3), а во втором случае (2) — (3), с переходом к инверсной задаче, в первом случае (6) — (7), и во втором случае (8) — (9), по выполнению точных критериев существования подвижной особой точки.

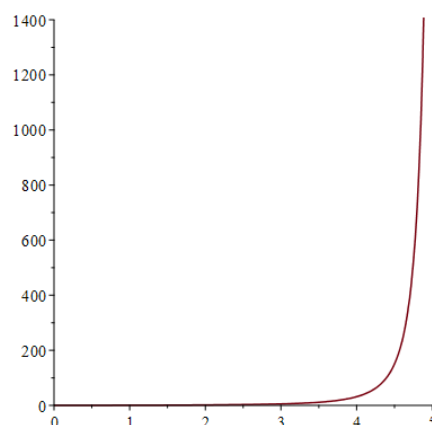
Численный эксперимент. Рассмотрим задачу Коши (1) — (3)  $y(0) = 0,2; y'(0) = -0,3; y''(0) = 0,95$  при этом  $r(x) = 0$ .

На основании действий перечисленных выше, исходя из указанных начальных данных, получаем значение подвижной особой точки  $x^* = 2.50725$ . Графическая интерпретация решения представлена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Задача Коши (1) – (3)

В случае задачи Коши (2) — (3), с теми же начальными условиями, получаем значение подвижной особой точки  $x^* = 5.2368$ . Графическая интерпретация решения представлена на рисунке 2. Как показывают рисунки 1 и 2, на оси Oх мы имеем близкое масштабирование, наблюдаем тенденцию движения особой точки, в зависимости от структуры полиномиальной правой части. Увеличение степени правой части нелинейного дифференциального уравнения соответствует смещению подвижной особой точки к началу координат.



**Рис. 2.** Задача Коши (2) – (3)

## ВЫВОД

На основе авторских результатов исследования нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка, используемых при анализе колебательного процесса в эластичных балках, проведен анализ положения подвижной особой точки для решения двух классов нелинейных дифференциальных уравнений с полиномиальной нелинейностью в правой части. На данный момент, предложенный авторами способ анализа динамики изменения подвижной особой точки нелинейного дифференциального уравнения является единственным. Таким образом, с помощью представленного исследования можно утверждать, что увеличение степени полиномиальной правой части рассматриваемых уравнений определяет движение особой точки к началу координат.

## ЛИТЕРАТУРА

1. С. Л. Соболевский // “Подвижные особые точки полиномиальных обыкновенных дифференциальных уравнений” // Дифференц. уравнения, 40:6 (2004), 756–762; Differ. Equ., 40:6 (2004), 807–814 DOI: doi.org/10.1023/B:DIEQ.0000046859.46244.5e
2. С. Л. Соболевский // “Подвижные особые точки алгебраических обыкновенных дифференциальных уравнений” // Дифференц. уравнения, 41:8 (2005), 1092–1099; Differ. Equ., 41:8 (2005), 1146–1154 DOI: doi.org/10.1007/s10625-005-0260-9
3. П. П. Вересович, А. И. Яблонский, “О подвижных особых точках систем дифференциальных уравнений третьего порядка”, Дифференц. уравнения, 13:11 (1977), 1932–1939
4. В. П. Писаренко, А. И. Яблонский, “Дифференциальное уравнение, имеющее решения с алгебраическими подвижными особыми точками”, Дифференц. уравнения, 12:5 (1976), 928–930
5. A Chichurin and G Filipuk // The properties of certain linear and nonlinear differential equations of the fourth order arising in beam models // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012107 IOP Publishing doi:10.1088/1742 6596/1425/1/0121074.
6. Astashova I.V. On the asymptotic classification of third solutions to non-linear equations of the and fourth orders with powernon-linearity. ICDDEA 2015: Differential and Difference Equations with Applications. In Part of the Springer Proceedings in Mathematics & Statistics Book Series; Springer: Cham, Switzerland, 2016; Volume 164, pp. 191–203.
7. I. V. Astashova, On asymptotic classification of solutions to nonlinear regular and singular third- and fourth-order differential equations with power nonlinearity, Springer Proc. Math. stat. 164 (2016), 191–203. 10.1007/978-3-319-32857-7\_18
8. M. D. Kruskal, N. Joshi, & R. Halburd // Analytic and asymptotic methods for nonlinear singularity analysis: a review and extensions of tests for the Painlevé property // Integrability of Nonlinear Systems pp 171–205 DOI: 10.1007/BFb011369616.
9. Исследование одного класса нелинейного дифференциального уравнения третьего порядка в области аналитичности / В. Н. Орлов, О. А. Ковальчук, Е. П. Линник, И. И. Линник // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки. – 2018. – № 4(79). – С. 24-35. – DOI 10.18698/1812-3368-2018-4-24-35. – EDN XXSCNN.

10. Orlov, V.; Gasanov, M. Existence and Uniqueness Theorem for a Solution to a Class of a Third-Order Nonlinear Differential Equation in the Domain of Analyticity. *Axioms* 2022, 11, 203. <https://doi.org/10.3390/axioms11050203>
11. Orlov V.N., Kolle K.V. Analytical Approximate Solution of a Third-Order Nonlinear Differential Equation with a Polynomial Right-hand Side of the Second Degree in the Neighborhood of a Moving Singular Point // *Bulletin of the Chuvash State Pedagogical University. I. Ya. Yakovleva. Series: Mechanics of the limit state.* 2015. No. 4(26). С.96-108
12. Orlov V. N. , Gasanov M. V. // Research of a third-order nonlinear differential equation in the vicinity of a moving singular point for a complex plane // *E3S Web of Conferences: Modelling and Mechanics of Building Structure 2021*, doi: 10.1051/e3sconf/202126303019
13. Алероев, Т. С., М. В. Гасанов // Необходимое и достаточное условие существования подвижной особой точки для нелинейного дифференциального уравнения третьего порядка / *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния.* – 2021. – № 1(47). – С. 49-55. – DOI 10.37972/chgpu.2021.1.47.004. – EDN DWQGFZ.
14. Гасанов, М. В. НЕОБХОДИМОЕ И ДОСТАТОЧНОЕ УСЛОВИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОДВИЖНОЙ ОСОБОЙ ТОЧКИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА. *Вестник БрГТУ* 2022, 13-16.

# АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

А.Р. Булина<sup>1</sup>, Н.А. Солопова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*mochalova.anna@mail.ru*

<sup>2</sup>*SolopovaNA@mgsu.ru*

## Аннотация

В статье рассматриваются научные источники отечественных и зарубежных авторов, описывающих модели оценки цифровой зрелости организаций. Проводится анализ моделей, рассматривается возможность их адаптации к промышленным предприятиям строительной индустрии, выявляются их достоинства и недостатки. В ходе анализа были выявлены особенности, которые необходимо учитывать при цифровой трансформации промышленных предприятий строительной индустрии.

**Ключевые слова:** цифровая зрелость, модель оценки, промышленные предприятия строительной индустрии, Индустрия 4.0, цифровая трансформация.

## ВВЕДЕНИЕ

Цифровая экономика является важной составляющей современного способа ведения производства и бизнеса, в частности, в строительной индустрии. Цифровая трансформация промышленных предприятий строительной индустрии (ППСИ) представляет собой сложную задачу, поскольку пронизывает собой не только производственные процессы, но все компоненты организационно-экономического механизма, что требует от менеджмента предприятий внедрения новых способов управления и объединения людей и новых технологических процессов, внесения изменений в цепочки поставок и бизнес-модели, оптимизации производственной и управленческой деятельности, кооперации с бизнес-партнерами, а также изменения самого способа мышления в соответствии с требованиями новой промышленной революции [1]. На настоящем этапе ППСИ находятся на разных стадиях цифровой трансформации: в таблице 1 представлены сведения об использовании предприятиями различных цифровых технологий. Лидерами являются крупные промышленные предприятия, имеющие широкие возможности для цифровой трансформации, а среди предприятий с наименьшей степенью цифровой зрелости – субъекты среднего и малого предпринимательства (СМП), практически не осуществляют цифровизацию процессов своих предприятий ввиду ограниченности ресурсов: финансовых, кадровых, управленческих. Исследователи по-разному представляют себе цифровую трансформацию и, соответственно, предлагают собственное видение цифровой зрелости предприятий. Целью данной статьи является анализ научных источников на предмет адаптации моделей оценки цифровой зрелости предприятий к ППСИ, выявление достоинств и недостатков.

Таблица 1 – Использование цифровых технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности, % [2]

| Цифровые платформы | Большие данные | Технологии ИИ | Облачные сервисы | Интернет вещей | Цифровые двойники | Промышленные роботы/автоматизированные линии | Аддитивные технологии |
|--------------------|----------------|---------------|------------------|----------------|-------------------|--|-----------------------|
| 16,0               | 26,5           | 3,6           | 27,1             | 15,8           | 3,3               | 17,2   | 5,2                   |

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторами был проведен поиск в базах Elibrary и ResearchGate зарубежных и отечественных научных источников, ключевыми словами поиска являлись: модели оценки (*англ.* assessment model), модель зрелости (*англ.* maturity models), Индустрия 4.0 (*англ.* Industry 4.0), цифровая трансформация (*англ.* digital transformation). После критического прочтения были выявлены модели оценки, представляющие наибольший интерес для адаптации их к оценке ППСИ, содержание этих моделей представлены в разделе «Результаты исследования». После проведения поиска был проведен анализ найденных моделей на соответствие ППСИ, выявлены их достоинства и недостатки с целью проведения дальнейшей разработки модели оценки цифровой зрелости ППСИ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. L. Scremin и др. [3] в своей работе предложили Адаптированную модель оценки цифровой зрелости (*англ.* Adoption Maturity Model), в которой выделили три группы элементов зрелости, содержащие восемь показателей зрелости:

- а) стратегия:
  - бизнес-стратегия;
  - технологическая стратегия;
  - создание сетей и интеграция
- б) зрелость:
  - инфраструктура для Интернета вещей;
  - аналитические способности;
  - потенциал освоения;
- в) производительность:
  - преимущества внедрения индустрии 4.0;
  - влияние на эффективность.

Для проведения комплексной оценки зрелости авторами модели предлагается 30 индикаторов зрелости, относящихся к указанным показателям зрелости. Для каждого индикатора были определены пороговые значения на основании тематических исследований. Эти пороговые значения предназначены для оценки конкретного случая с помощью радара диаграммы. Целью данной Адаптированной модели является оценка стадии зрелости предприятия, которое уже приступило к внедрению Индустрии 4.0, следовательно, она не актуальна для предприятий, которые еще не приступили к процессу цифровизации. Для таких предприятий авторы предлагают дорожные карты Индустрии 4.0 (таблица 2).

Таблица 2 – Дорожные карты индустрии 4.0, соответствующие определенному этапу [3].

| Этап | Дорожные карты Индустрии 4.0   |
|------|--|
| 0    | Дорожные карты не разработаны; Индустрия 4.0 не является частью процесса разработки бизнес-стратегии.                                |
| 1    | Дорожные карты не разработаны; Индустрия 4.0, ориентированная на развитие технологий, является частью общей стратегии компании.      |
| 2    | Разработаны дорожные карты, но план действий четко не определен; Индустрия 4.0 является частью бизнес-стратегии компании.            |
| 3    | Разработаны дорожные карты, но долгосрочные планы действий пока не ясны; Индустрия 4.0 является частью бизнес-стратегии компании.    |
| 4    | Дорожные карты, разработанные с учетом краткосрочных и долгосрочных планов; Индустрия 4.0 является частью бизнес-стратегии компании. |

2. Е. Gökalp и др. [4] предлагают шестиуровневую модель оценки цифровой зрелости предприятий (таблица 3), основанную на концепции SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination). Улучшение программных процессов и определение возможностей), которая легла в основу международных стандартов серии ISO 33000 «Совместная система измерений для оценки устойчивости процесса разработки программного обеспечения». Предложенная модель дает хорошую характеристику процессу цифровой трансформации в общих чертах, но не предлагает конкретных критериев и четкой системы оценок. При таком подходе довольно сложно оценить, к какому уровню зрелости будет относиться предприятие.



Таблица 3 - Модель оценки цифровой зрелости предприятий, предлагаемая E. Gökalp [4]

| Уровень зрелости         | Краткая характеристика  |
|--------------------------|---|
| <b>0. Неполный</b>       | Организация фокусируется только на базовых операциях, таких как анализ требований, приобретение, производство и продажи.  |
| <b>1. Реализуемый</b>    | Первые попытки перехода к Индустрии 4.0. Видение Индустрии 4.0 существует, и есть дорожная карта для стратегии перехода.  |
| <b>2. Управляемый</b>    | Физические предметы начинают представляться виртуальным миром. Инфраструктура цифровых технологий установлена, проводится независимая эксплуатация.   |
| <b>3. Установившийся</b> | Достижение вертикальной интеграции, включая внутреннюю интеграцию датчиков и исполнительных механизмов на заводе-изготовителе в машинах вплоть до систем планирования ресурсов предприятия. Развитие общего языка со своими собственными знаками и семантикой. Стандартизация квалификации новых процессов и операций.                        |
| <b>4. Прогнозируемый</b> | Используются инструменты анализа данных для повышения производительности промышленных предприятий. Интегрирование функциональных возможностей целых предприятий с целью повышения эффективности операций (т.е. внедрение приложений SCM и CRM). Проведено внедрение аналитики больших данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. |
| <b>5. Оптимизируемый</b> | Произведена интеграция в области проектирования и жизненного цикла продукта /производства для обеспечения обмена знаниями и синхронизации между продуктом и услугой с минимальными затратами. Характеризуется сквозной цифровой интеграцией инжиниринга по всей цепочке создания ценности и самооптимизацией.                                 |

Особенность ППСИ по сравнению с другими промышленными производствами состоит в том, что основные заказчики, за исключением частных домовладельцев, уже начали процесс своей цифровизации – который заключается во внедрении технологий информационного моделирования (ТИМ, BIM). Поэтому для создания единой цифровой цепочки создания ценности строительной продукции, ППСИ при внедрении цифровых технологий необходимо проводить интеграцию с цифровыми технологиями заказчиков. Такая задача может оказаться трудоемкой для выполнения при отсутствии единых требований и стандартов к технологической и технической инфраструктуре цифровых технологий в отрасли, что говорит о необходимости стандартизации применяемых цифровых технологий.

J. Ganzarai и N. Errasti [5] в качестве главного фактора, способствующего развитию индустрии 4.0, рассматривали «корпоративную стратегию диверсификации». Они предложили метод совместной диверсификации, который интегрирован с моделью зрелости Индустрии 4.0 предприятия (таблица 4). Такая модель была предложена для субъектов СМП, однако она будет актуальна и для крупных промышленных предприятий ввиду отсутствия конкретизации мер для СМП. Ее недостатком является отсутствие четкой системы критериев, по которым следует относить предприятия к уровню зрелости. Однако она может стать хорошей основой для модели оценки зрелости ППСИ, поскольку предлагает конкретные шаги по реализации этапов уровней зрелости.

Таблица 4 - Модель зрелости Индустрии 4.0 по J. Ganzarai и N. Errasti [5]

| Уровень зрелость  | Видение   | Бизнес  | Действия  |
|---|---|---|---|
|   | Предусмотреть   | Обеспечить  | Предпринять   |
| <b>1ММ</b><br><i>Первоначальный</i>                     | Отсутствует видение/представление Индустрии 4.0                                       |   |   |
| <b>2ММ</b><br><i>Управляемый</i>                        | Видение/<br>представление<br>Индустрии 4.0  | Определение целей и<br>рыночного сегмента             | Подготовка портфеля<br>проектов без<br>приоритезации                            |
| <b>3ММ</b><br><i>Определенный</i>                       | Понимание<br>Индустрии 4.0 с<br>помощью<br>определённых<br>возможностей и<br>ресурсов | Определение<br>ценностное<br>предложение              | Определение системы<br>оценивания проекта,<br>ресурсов и<br>сотрудничества      |
| <b>4ММ</b><br><i>Трансформация</i>                      | Составление карты<br>возможностей   | Определение<br>технологий и ресурсов                  | Подготовка<br>фактического и<br>предстоящего<br>подробного портфеля<br>проектов |
| <b>5ММ</b><br><i>Детализированная<br/>бизнес-модель</i> | Будущие вызовы<br>Индустрии 4.0   | Составление будущей<br>бизнес-модели<br>Индустрия 4.0 | Управление рисками  |

3. Е.А. Нигай [6] выделяет 6 этапов цифрового становления бизнеса (таблица 5). Она описывает общую структуру этапов цифровизации хозяйственной деятельности предприятий, выделяя предпосылки их смены, определяет перспективы и возможные проблемные аспекты перехода с этапа на этап. Такая структура предлагает генеральное представление о цифровой трансформации, но не дает конкретных инструментов для определения этапа и требует более глубокой проработки. Она может быть взята за основу определения уровня цифровой трансформации ППСИ, но для определения практической оценки необходимо детализация параметров и адаптация к структурным особенностям ППСИ.

Таблица 5 - Структурирование этапов цифровизации бизнеса, предложенная Е.А. Нигаи [6]

| Этап  | Характеристика  | Описание   |
|---|---|--|
| <b>0.Доцифровой</b>                                   | Отсутствие доступных компьютеров и цифровых инструментов) | Полное отсутствие внедрения цифровых технологий или использование их на элементарном уровне.   |
| <b>1.Актуализация цифровых инициатив</b>              | Формирование цифрового IQ                                 | Осознание значения использования цифровых инструментов и развития цифровой инфраструктуры. Признание менеджментом новых цифровых ценностей и ретрансляция их сотрудникам. Работа с сотрудниками направлена на формирование цифрового интеллекта компании (IQ), за счет приобретения цифровых компетенций персоналом.                   |
| <b>2.Точечная цифровизация</b>                        | Сбор и анализ данных                                      | Цифровые инструменты применяются на базовом уровне. Процессы не интегрированы в общую стратегию предприятия и не объединены едиными цифровыми каналами. Внедряются CRM-и ERP-системы.  |
| <b>3.Принятие цифровой реальности</b>                 | Цифровая стратегия  | Разработка и принятие четкой ИТ-стратегии с расстановкой приоритетов, обоснованием необходимости внедрения цифровых инструментов в наиболее перспективных и важных направлениях.   |
| <b>4.Саморегуляция и мультивариантное предвидение</b> | Методы прогнозирования и подходы, основанные на моделях   | Внедрение в деятельность предприятия прогрессивных цифровых технологий, основанных на открытых интерфейсах и предиктивной аналитике, что позволяет «воспроизводить ретроспективные данные в статистических моделях, на основе которых осуществляется прогнозирование и достигается обоснованность планирования ожидаемых результатов». |
| <b>5.Открытая цифровая экосистема</b>                 | Открытая цифровая структура                               | Использование открытых цифровых интерфейсов и формированием на их основе открытой цифровой инфраструктуры. Трансформация бизнеса на всех уровнях, встраивание в общую экосистему участников рынка, формирование отраслевых и межотраслевых кластеров.  |

## ВЫВОДЫ

В ходе исследования были проанализированы четыре модели оценки цифровой зрелости предприятий, выявлены их достоинства и недостатки при их адаптации к деятельности ППСИ. Подводя итог, можно сказать, что ни одна из рассмотренных моделей не является готовой моделью оценки цифровой зрелости ППСИ. Они предлагают общую концепцию модели оценки цифровой трансформации предприятий, за исключением Адаптированной модели оценки зрелости L. Scremin и др. [3], которая гораздо больше детализирована, но применима только для предприятий, вступивших на путь цифровой трансформации. Все рассмотренные модели могут быть взяты за основу для подробной модели оценки цифровой зрелости ППСИ с развернутой системой критериев и оценивания. Для составления модели оценки цифровой зрелости ППСИ необходимо учитывать особенности цифровизации строительной индустрии, заключающиеся в необходимости учета особенностей цифровизации строительных организаций, структурную специфику ППСИ и их невысокой степени цифровизации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Digital Transformation: Seven Steps to Success. How Businesses Can Stay Relevant and Competitive in Today's New Digital Era // Microsoft: сайт. URL: <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/Digital%20transformation-%20seven%20steps%20to%20success.v2.pdf?aliId=860635945> (дата обращения: 14.12.2022).
2. Итоги федерального статистического наблюдения по ф. №3-информ // Росстат: сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-inform.htm> (дата обращения: 15.12.2022).
3. *Scremin, L., Armellini, F., Brun, A., Solar-Pelletier, L., & Beaudry, C.* Towards a Framework for Assessing the Maturity of Manufacturing Companies in Industry 4.0 Adoption // In *Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments*. 2018. С. 224-254.
4. *Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P. E.* Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM // In *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*. 2017. С. 128-142.
5. *Ganzarain, J., & Errasti, N.* Three Stage Maturity Model in SME's toward Industry 4.0 // *Journal of Industrial Engineering and Management*. 2016. № 9(5). С.1119-1128.
6. *Нугай Е.А.* Процесс цифровизации бизнеса: от точечной оцифровки бизнес-процессов к цифровой трансформации // *ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика*. 2022. № 2. С. 134-145. doi:10.24412/2071-6435-2022-2-134-145.
7. *Леценко Н.П., Реутова И.М.* Факторы цифровой трансформации российских компаний: отраслевой аспект // *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. №. 4 (36). 2020. С. 34-40. doi:10.24412/2225-8264-2020-436-34-40.

# ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАСЧЕТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ СВЕТОВОДАМИ ЕСТЕСТВЕННОГО СВЕТА

И.А. Шмаров<sup>1</sup>, В.А. Козлов<sup>2</sup>, Е.В. Коркина<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21,

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>Shmarovigor@yandex.ru

<sup>2</sup>kozlov.vladi@yandex.ru

<sup>3</sup>elena.v.korkina@gmail.com

## Аннотация

Представлен программный метод расчета освещения помещений с помощью полых трубчатых световодов на основе компьютерной программы «DIALux evo 10.1», основанный на применении фотометрических файлов световодов с распределением силы света в освещаемом пространстве и с условным световым потоком в формате *ies*, аналогичных фотометрическим файлам светильников, применяемых при расчетах искусственного освещения. Приведены примеры программного расчета проектирования естественного освещения помещений полыми трубчатыми световодами. Отмечается необходимость дополнительно включать в паспорта серийно выпускаемых световодов естественного света их фотометрические файлы, которые при использовании программных средств расчета позволят существенно ускорить процесс подбора необходимого количества световодов и тип рассеивателей, выходящего в освещаемое помещение светового потока. Подчеркивается особая актуальность этой проблемы для освещения помещений подземных городских пространств и подземных этажей не имеющих естественного освещения и для которых поступление в них естественного света возможно только с помощью световодов.

## ВВЕДЕНИЕ

Светотехнические расчеты являются одними из самых распространенных инженерных расчетов. Они относятся к неотъемлемой части проектирования освещения. Вычисления необходимы для разработки осветительных систем конкретных объектов и помещений, которые будут учитывать особенности их функционального назначения и как следствие выполнения в них соответствующих санитарно-гигиенических норм. В ходе расчетов подбирается соответствующее светотехническое оборудование и сравниваются различные схемы освещения, а также оценивается насколько экономически целесообразен выбранный в итоге вариант и насколько он соответствует отраслевым нормам. Для промышленных предприятий и государственных структур особенно важен поиск энергоэффективных решений. Однако ввиду удорожания электроэнергии этот вопрос стал актуален и для любых других учреждений, включая общественные. Светотехнический расчет решает указанную проблему, поскольку помогает выбрать наиболее экономичное решение системы освещения и даже определить ее окупаемость. Для упрощения светотехнических расчетов на рынке программного обеспечения появились различные софты, которые автоматизируют проектирование, сокращая тем самым его сроки, а следовательно ускоряя сам процесс ввода объекта в эксплуатацию. Наиболее распространенной является немецкая программа «DIALux», созданная еще в 1994 году. Эта программа стала настоящим прорывом в сфере светотехнических расчетов, поскольку смогла их значительно упростить. В настоящее время в программе заложена база для светильников любых производителей и она постоянно обновляется с учетом всех

современных требований к освещению и светодизайну. В «DIALux» выполняется расчет освещения как наружного, так и внутреннего, причем для абсолютно любых поверхностей: пола, стен, потолков, рабочих мест. По итогам выполненных вычислений программа очень фотореалистично визуализирует спроектированную осветительную систему с помощью 3D-изображений и схем помещений, где на видимые поверхности накладываются разные цвета. Это делает результат расчета более наглядным, информативным и законченным. В программе «DIALux» предусмотрен учет светового потока, не только приходящегося на рабочую поверхность, но и преломляющегося и отражающегося от потолка и стен. Программа учитывает коэффициент отражения этих поверхностей и даже особенности расстановки мебели в помещении.

В настоящее время в целях рационального использования городских территорий путем создания объемно-планировочных решений помещений с повышенной глубиной осуществляется внедрение трубчатых цилиндрических световодов естественного света в проектах общественных и производственных зданий. Развитие данной инновационной технологии естественного освещения связано с появлением материалов с высоким коэффициентом зеркального отражения для каналов световодов в диапазоне 0,92-0,98, которые ранее не производились. В связи с этим, возникла необходимость в разработке методик расчета освещения помещений, естественный свет в которые доставляется полыми трубчатыми световодами. Первые разработки таких методик расчета приведены в работах А.К.Соловьева [1,2]. Трубчатые световоды позволяют доставить естественный свет в помещения и их зоны, в которые другими средствами осуществить естественное освещение невозможно. Наибольшее применение световоды естественного света нашли для передачи естественного света в помещения подземных этажей и подземных городских пространств, не имеющих естественного освещения. Этому вопросу посвящен ряд работ [3-7].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Светопроводный канал световода представляет собой трубу, которая пропускает световой поток от небосвода в помещение. Если принять допущение, как это часто делается в теоретической фотометрии, согласно которому световая энергия возникает в плоскости выходного отверстия, то в этом случае само выходное отверстие световода (рассеиватель) становится излучающей поверхностью. Если размеры излучающей поверхности малы по сравнению с расстоянием, на которое она действует, то при излучении получаемого в пространстве помещения распределения естественного света можно допустить дальнейшее упрощение, заменив выходное основание светопроводного канала световода излучающей точкой. Замена реального источника точечным позволяет применять к нему все законы теоретической фотометрии, относящиеся к точечному источнику, и значительно упростить решение задачи расчета естественного освещения помещений через световоды.

Известно, что компьютерная программа «DIALux» имеет широкое применение при расчетах освещенности от искусственного освещения. При этом, в качестве исходных характеристик световых приборов используются фотометрические файлы в формате *ies*, содержащие следующие характеристики: размеры выходного отверстия, световой поток и распределение силы света в освещаемом пространстве. В практике расчета искусственного освещения широко используются пространственные характеристики источников света и светильников. К таким характеристикам можно отнести пространственные кривые равных значений горизонтальной освещенности, пространственные кривые равной относительной освещенности для несимметричного светильника, изолюксы на условной плоскости и другие.

Световод естественного света так же может иметь фотометрический файл с распределением силы света в освещаемом пространстве с условным световым потоком. Фотометрические файлы световодов аналогичны фотометрическим файлам светильников

и формируются на основе измерений сил света гониофотометром-прибором для измерения света, излучаемого объектом под разными углами и использование которого расширяется в последние годы с внедрением светодиодных источников света, которые в основном являются направленными источниками света. Фотометрические файлы световодов имеют условный световой поток, который можно принять равным  $\Phi=1000$  люмен.

Имея фотометрический файл световода в формате *ies*, можно рассчитать значение коэффициента естественного освещения (КЕО) для конкретного помещения от группы световодов естественного света с помощью программы «DIALux evo 10.1» по расчету искусственного освещения. Выходные отверстия световодов располагаются на плане помещения, по аналогии расстановки светильников. Таким образом, с помощью фотометрического файла световода в формате *ies* можно выполнить программный расчет на основе программы «DIALux evo 10.1» в следующей последовательности:

- в предварительных настройках используемой программы «DIALux evo 10.1» по расчету искусственного освещения задаем планировку и параметры помещения, его отделку, положение рабочей поверхности (на уровне пола, на высоте 0,8 м от пола);
- на панели инструментов программы «DIALux evo 10.1» выбираем вкладку, отвечающую за импорт фотометрического файла кривой силы рассеивателя света светильника в формате *ies* (такие фотометрические файлы, как правило, имеют производители) и импортируем файл световода естественного света по аналогии с файлом светильника;
- выбираем нужную позицию и размещаем в проектируемом помещении выходные отверстия световодов естественного света согласно выбранному расположению.
- определяем освещенность рассеивателя световода на выходе в помещение по формуле:

$$E_p = E_{\text{нар}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \tau_{11} \cdot \tau_{12}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{нар}}$  – наружный показатель освещенности на горизонтальную поверхность, лк  
 $K_{\text{п}}$  - коэффициент передачи светового потока каналом световода, зависящий от коэффициента отражения зеркального покрытия световодной трубы ( $\rho$ ) и от отношения длины световода  $L$  к его диаметру  $D$  и определяемый по таблице 1 или рисунку 1 [8].

$\tau_{11}$  – коэффициент светопропускания материала купола световода (коэффициент

пропускания купола ряда устройств лежит в диапазоне 0,89-0,92, допускается применение иного значения коэффициента, отличающегося от указанного диапазона, по данным производителя);

$\tau_{12}$  – коэффициент светопропускания материала рассеивателя выходного отверстия

световода(коэффициент пропускания рассеивателя световода лежит в диапазоне 0,8-0,92, допускается применение иного значения коэффициента, отличающегося от указанного диапазона, по данным производителя).

Таблица 1 Коэффициент передачи светового потока каналом световода,  $K_{\Pi}$

| $L/D$ | $K_{\Pi}$     |               |               |                |
|-------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|       | $\rho = 0,92$ | $\rho = 0,95$ | $\rho = 0,98$ | $\rho = 0,995$ |
| 1     | 2             | 3             | 4             | 5              |
| 0,3   | 0,98          | 0,99          | 1,00          | 1,00           |
| 0,4   | 0,96          | 0,98          | 0,99          | 1,00           |
| 0,7   | 0,95          | 0,97          | 0,99          | 1,00           |
| 1,1   | 0,92          | 0,95          | 0,98          | 1,00           |
| 1,4   | 0,91          | 0,93          | 0,98          | 0,99           |
| 1,6   | 0,90          | 0,92          | 0,97          | 0,99           |
| 2,2   | 0,85          | 0,90          | 0,96          | 0,99           |
| 3,2   | 0,79          | 0,85          | 0,94          | 0,98           |
| 3,4   | 0,77          | 0,85          | 0,94          | 0,98           |
| 6,6   | 0,65          | 0,73          | 0,90          | 0,97           |
| 8,0   | 0,58          | 0,69          | 0,87          | 0,96           |
| 1     | 2             | 3             | 4             | 5              |
| 8,6   | 0,56          | 0,68          | 0,86          | 0,96           |
| 11,4  | 0,46          | 0,62          | 0,82          | 0,95           |
| 14,3  | 0,39          | 0,55          | 0,78          | 0,94           |
| 16,0  | 0,35          | 0,50          | 0,76          | 0,93           |
| 18,0  | 0,30          | 0,46          | 0,73          | 0,92           |
| 19,4  | 0,27          | 0,43          | 0,71          | 0,92           |
| 50,0  | 0,05          | 0,14          | 0,44          | 0,80           |

При отношениях длины световода  $L$  к его диаметру  $D$ , отличающихся от представленных в таблице 1, коэффициент передачи светового потока  $K_{\Pi}$  определяется по графику на рисунке 1.

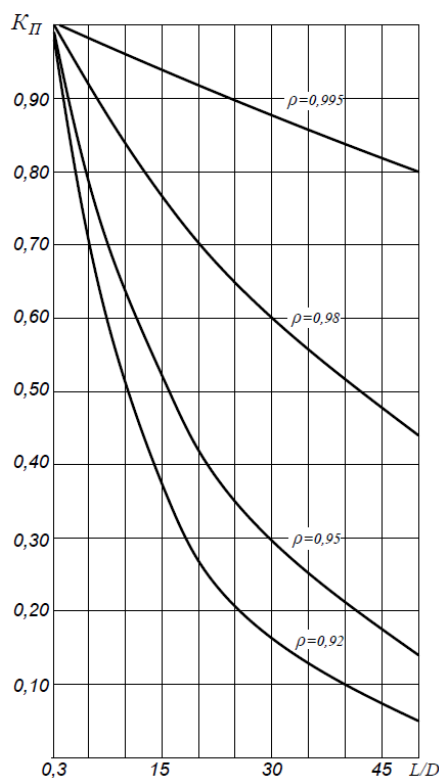


Рис. 1. График для определения коэффициента передачи светового потока  $K_{\Pi}$ ,



- заменяем значение светового потока от светильника  $\Phi$  перенесенного в программу «DIALux evo 10.1» фотометрическим файлом световода в формате *ies* на рассчитанное значение светового потока используемого световода естественного света.

$$\Phi = E_p \cdot S, \quad (2)$$

где  $E_p$  – освещенность рассеивателя световода на выходе в помещение определяемая по формуле (1).

$S$  – площадь выходного основания световода, м<sup>2</sup>.

- запускаем расчет распределения освещенности на уровне рабочей поверхности и получаем среднюю освещенность в помещении ( $E_{вн.}$ ) от световодов естественного света в люксах.

При верхнем освещении нормируется средняя освещенность, поэтому по формуле (3) вычисляем значение КЕО в помещении на уровне рабочей поверхности:

$$КЕО = \frac{E_{вн.}}{E_{нар.}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Следует отметить, что расчетное значение КЕО не зависит от принятого наружного

показателя освещенности, так как изменяя размер и количество световодов и подбирая рассеиватель изменяется и значение освещенности внутри помещения  $E_{вн.}$

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже приведены примеры расчета КЕО от световодов естественного света в общественных(офисных) помещениях при использовании программы «DIALux evo 10.1» по расчету искусственного освещения. Рассматриваемые помещения имеют высоту потолка 2,80 метра и размеры в плане 6х6 и 12х12 метров. В них предполагается запроектировать ,соответственно, 6 световодов естественного света диаметром 700 мм (в помещении 6х6 метров) и 12 световодов естественного света диаметром 900 мм (в помещении 12х12 метров) Длина световодов ( $L$ ) в обоих случаях принята равной 9,0-ти метрам.

Применяемые световоды имеют следующие характеристики:

$r_1 = 0,35$  м – радиус цилиндрической световой шахты(для световодов диаметром 700 мм);

$r_2 = 0,45$  м – радиус цилиндрической световой шахты(для световодов диаметром 900 мм);

$\rho = 0,92$  – коэффициент направленного отражения стенок световой шахты (данные производителя);

$\tau_{11} = 0,89$  – коэффициент светопропускания материала купола световода, (данные производителя);

$\tau_{12} = 0,83$  – коэффициент светопропускания материала рассеивателя выходного отверстия световода (данные производителя).

При проведении программах расчетов, наружная освещенность принята равной  $E_{нар} = 4000$  лк (средняя освещенность днем при сплошной облачности г. Москва в осенне-зимний период).

Световой поток, излучаемый световодом диаметром 700 мм в помещение размером 6х6 метров, равен:

$$\Phi_{лм} = E_{лк} \cdot S_{м^2} = 1270,6 \cdot 0,385 = 489,лм$$

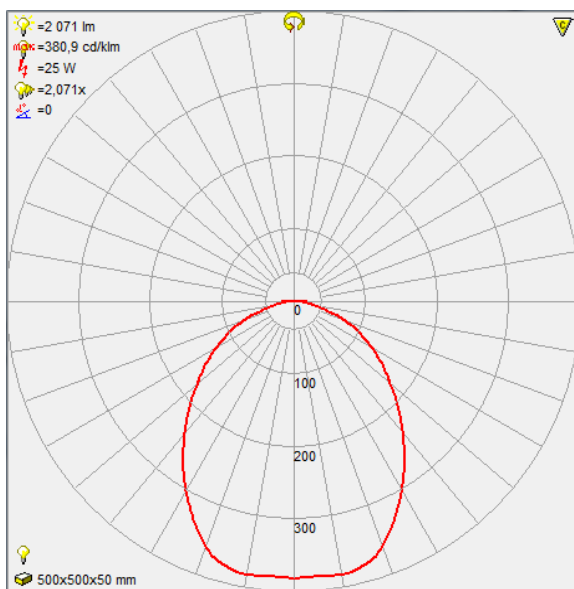
$S$  – площадь выходного основания световода, м<sup>2</sup>.  $S = r^2 \cdot \pi = 0,350^2 \cdot \pi = 0,385$  м<sup>2</sup>.

$$E_{лк} = 4000 \cdot K_{п} \cdot \tau_{11} \cdot \tau_{12} = 4000 \cdot 0,43 \cdot 0,80 \cdot 0,83 = 1270,6$$
 лк

где  $K_{\text{п}}$  – коэффициент передачи светового потока каналом световода, определяемый по таблице 1 в зависимости от отношения длины световода  $L$  к его диаметру  $D$  (для отношения  $9,0/0,70=12,90$   $K_{\text{п}}=0,43$ ).

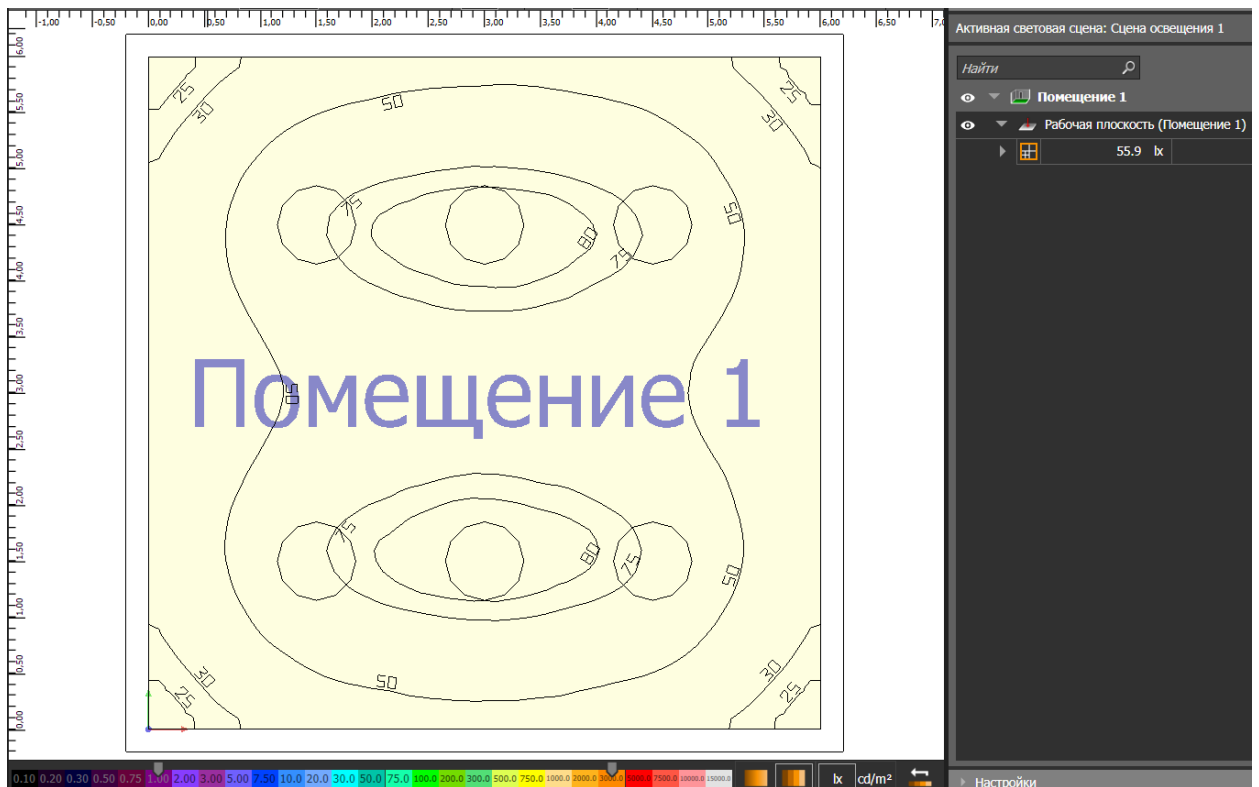
В предварительных настройках программы выбираем объёмную планировку, задаём параметры помещения (6x6 м) и рабочую поверхность. Остальные параметры помещения, такие как отделка помещения, программа устанавливает по умолчанию с возможной корректировкой.

В панели инструментов выбираем вкладку «Свет» и импортируем файл световода естественного света в формате *ies*, рассеиватель которого будет располагаться в проектируемом помещении (см. рис. 2) и выбираем данный файл световода для проекта.



**Рис. 2.** Кривая силы света рассеивателя световода естественного света в полярных координатах из фотометрического файла

Заменяя значение светового потока от светильника  $\Phi$  перенесенного в программу «DIALux evo 10.1» фотометрическим файлом световода в формате *ies* на рассчитанное значение светового потока равное 489 лм используемого световода диаметром 700 мм получим в результате программного расчета распределение освещенности (в люксах) по всему помещению 6x6 метров на уровне условной рабочей поверхности (0.8 м от пола) и вычисленное программой среднее значение освещенности, равное  $E_{\text{ср}}=55,9$  лк (см.рис.3).



**Рис. 3.** Изолинии распределения освещенности на условной рабочей поверхности (0,8 м от пола) в помещении 6х6 метров при расположении в нем 6-ти световодов диаметром  $D=0,70$  м (средняя освещенность  $E_{вн}=55,9$  лк).

Тогда по формуле (3) вычисляем значение КЕО в помещении 6х6 метров от 6-ти световодов естественного света диаметром 700 мм на условной рабочей поверхности (0.8м от уровня пола):

$$KEO = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100\% = \frac{55,9}{4000} \cdot 100\% = 1,40\%$$

Световой поток, излучаемый световодом диаметром 900 мм в помещение размером 12х12 метров, равен:

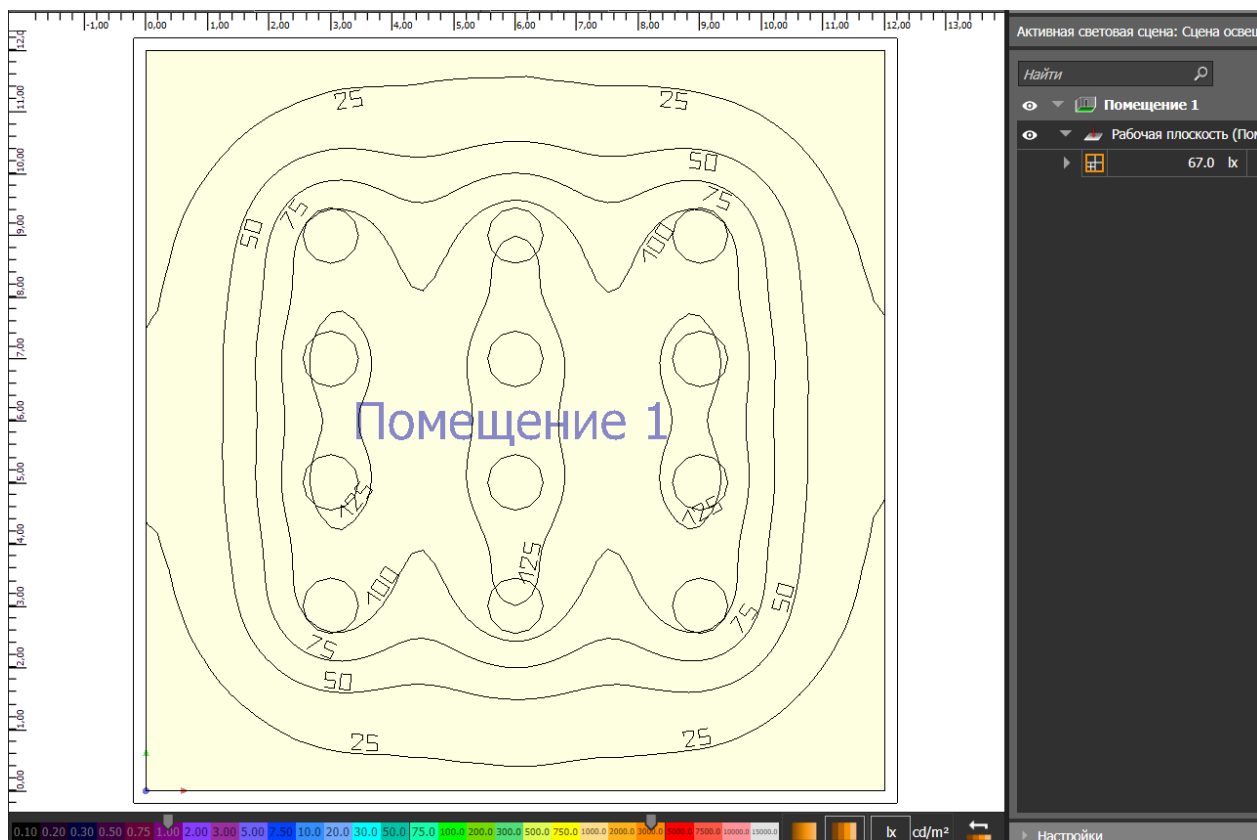
$$\Phi_{лм} = E_{лк} \cdot S_{м^2} = 1507 \cdot 0,636 = 958лм$$

$S$  – площадь выходного основания световода,  $м^2$ .  $S = r^2 \cdot \pi = 0,450^2 \cdot \pi = 0,636 м^2$ .

$$E_{лк} = 4000 \cdot K_{п} \cdot \tau_{11} \cdot \tau_{12} = 4000 \cdot 0,51 \cdot 0,89 \cdot 0,83 = 1507 лк$$

где  $K_{п}$  – коэффициент передачи светового потока каналом световода диаметром 900 мм, определяемый по таблице 1 в зависимости от отношения длины световода  $L$  к его диаметру  $D$  (для отношения  $9,0/0,90=10,00$   $K_{п}=0,51$ ).

Заменяя значение светового потока от светильника  $\Phi$  перенесенного в программу «DIALux evo 10.1» фотометрическим файлом световода в формате *ies* на рассчитанное значение светового потока равное 958 лм используемого световода диаметром 900 мм получим в результате программного расчета распределение освещенности (в люксах) по всему помещению 12х12 метров на уровне условной рабочей поверхности (0.8 м от пола) и вычисленное программой среднее значение освещенности, равное  $E_{вн}=67,0$  лк (см.рис.4).



**Рис. 4.** Изолинии распределения освещенности на условной рабочей поверхности (0,8 м от пола) в помещении 12х12 метров при расположении в нем 12-ти световодов диаметром  $D=0,90$  м (средняя освещенность  $E_{вн}=67,0$  лк).

По формуле (3) вычисляем значение КЕО в помещении 12х12 метров от 12-ти световодов естественного света диаметром 900 мм на условной рабочей поверхности:

$$KEO = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100\% = \frac{67,0}{4000} \cdot 100\% = 1,68\%$$

## ВЫВОДЫ

При наличии фотометрических файлов световодов в формате *ies*, можно рассчитать значение КЕО для любого конкретного помещения от группы световодов естественного света с помощью программ по расчету искусственного освещения. Одной из таких программ, которую можно отнести как одну из приоритетных в светотехнической отрасли, является программа «DIALux evo 10.1». Для широкого применения программы «DIALux evo 10.1» в целях снижения трудоемкости и сокращения времени расчетов естественного освещения помещений с помощью световодов естественного света необходимо паспорта серийно выпускаемых световодов естественного света дополнять фотометрическими файлами, содержащими пространственное распределение силы света, полученными экспериментально на гониофотометре по аналогии фотометрическим файлам, прилагаемым производителем к паспортам на светильники искусственного освещения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды и их применение для естественного освещения зданий // «Промышленное и гражданское строительство». 2007. № 2. С. 53-55.
2. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии. // «Светотехника», 2011. № 5. С. 41-47.
3. Соловьёв А.К. Естественное освещение подземных пространств. //«Светотехника» 2018. № 2. С. 70-74.

4. *Шмаров И.А., Козлов В.А., Бражникова Л.В.* Системы освещения подземных городских пространств и их влияние на показатели комфортности освещения // «Жилищное строительство». 2021. №7. С.13-18 DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-7-13-18>.
5. *Кузнецов А.Л., Оселедец Е.И., Соловьев А.К., Столяров М.В.* Опыт применения полых трубчатых световодов для естественного освещения в России. // «Светотехника», 2011. № 6. С. 4-10.
6. *Калеев А.В.* Применение полых трубчатых световодов для естественного освещения зданий в России. // В сборнике: Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие» Материалы Международных научных конференций. 2020. С. 87-89.
7. *Шмаров И.А., Козлов В.А., Земцов В.В.* Светоприемные устройства полых трубчатых световодов и пути их дальнейшего усовершенствования //Жилищное строительство. 2022. № 6. с. 8–15. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-6-8-15>.
8. *Шмаров И.А., Земцов В.В.* Методика расчета КЕО от трубчатых световодов естественного света // БСТ: Бюллетень строительной техники, 2022, № 6 (1054), с. 27–29.

# ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЁТА АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ СООРУЖЕНИЙ КЖД

В.Г. Куликов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,  
kulikov-miit@mail.ru

## Аннотация

Возводимые и находящиеся в процессе эксплуатации здания и сооружения крупнопанельного домостроения (КЖД) на протяжении всех жизненных циклов подвергаются динамическим и другим видам воздействий. Особую роль и долю динамических воздействий играют ветровые нагрузки, силовое воздействие которых, их модули, линии воздействий и точки приложений трудно предсказуемы. В работе разработан алгоритм нахождения кинематических параметров конструктивных элементов КЖД. Виртуально, здания и сооружения КЖД подвергались горизонтальной высотной «расшивке» в процессе исследования множества отдельных материальных точек соответствующих горизонтальным дискам перекрытий, либо отдельным материальным точкам множества конструктивных элементов КЖД, движущихся по сложным траекториям в результате внешних воздействий.

## ВВЕДЕНИЕ

Проблемы исследования ветровой нагрузки и расчета зданий и сооружений на ветровые воздействия можно разложить на следующие подзадачи:

- 1) изучение ветрового режима местности, основанное на использовании результатов метеорологических и климатологических исследований (в работе не рассматривается);
- 2) оценка сил, вызываемых воздействием ветра на сооружение, которые изучаются на основе решений задач теоретической аэродинамики и данных экспериментальных исследований (в работе не рассматривается);
- 3) определение реакции сооружения на ветровую нагрузку, основанное, как правило, на решении задач статики и динамики сооружений (в работе рассматривается).

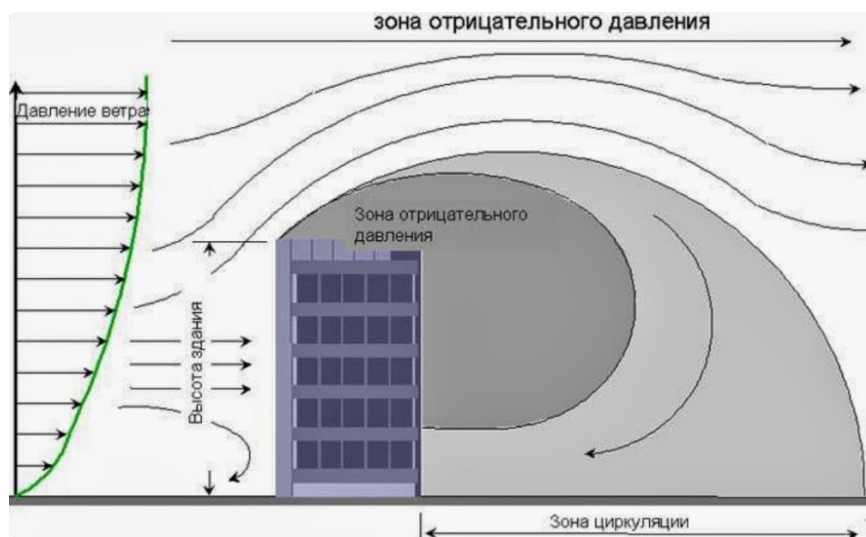


Рис. 1. Характерные реактивные области и зоны давления ветра на здания и сооружения

В процессе внешних воздействий конструктивные элементы, отдельные части зданий и сооружений, а также и здания сами по себе в целом испытывают сложные (как незначительные по амплитуде и частоте, так и значительные, т.е. заметные) внешние воздействия воздушного давления с различной частотой и амплитудой из-за

образующихся и взаимодействующих друг с другом динамических зон избыточного и разряженного давлений воздуха, рис.1.

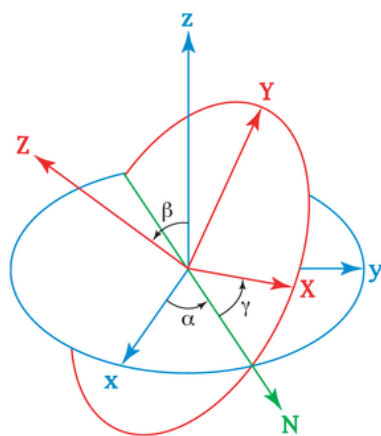
### Цель работы

Разработать алгоритм определения кинематических параметров, скоростей и ускорений сложных траекторий движений (сферического движения) отдельных конструктивных элементов зданий и сооружений КПД, рассматривая их отдельными виртуальными материальными точками соответствующих конструктивов от внешних динамических воздействий.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сферическое движение: Сферическим будем называть движение твердого тела (или материальной точки), при котором одна из его точек в течение всего времени движения остаётся неподвижной. Будем считать, что при сферическом движении твердого тела в каждый момент движения существует прямая, жестко связанная с телом (мгновенная ось вращения), скорость которой равна нулю.

Причём, с точки зрения ранее высказанных положений о невозможности точного определения направлений и модулей сил динамических воздушных воздействий поступим следующим образом. Введем в рассмотрение декартову систему координат и «привяжем» её к рассматриваемой отдельно взятой точке соответствующего конструктивного элемента здания, или к зданию в целом. Кроме этого, как углы изменяющегося внешнего ветрового напора для определения кинематических параметров реагирующих на внешние воздействия отдельных элементов зданий и сооружений или их материальных точек, - введем такие понятия как: 1) угол прецессии, 2) угол нутации и 3) угол собственного вращения, показанные на рис.2.



**Рис. 2.** Угол прецессии, угол ( $\alpha$ ) между осью «x» и линией узлов; Угол нутации, угол ( $\beta$ ) между осями «z» и «Z» (рис.2); Угол собственного вращения, угол ( $\gamma$ ) между линией узлов и осью «X»

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Скорость любой такой точки исследуемого тела при сферическом движении, как векторную величину, будем вычислять, как вращательную скорость  $\vec{u}$  вокруг мгновенной оси вращения:

$$\vec{u} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (1)$$

где  $\vec{\omega}$  – угловая скорость тела;  $\vec{r}$  радиус вектор соответствующей точки, проведенный из неподвижной точки, жестко связанной с исследуемым телом.

Сферическое движение может быть получено, как результат сложения вращений вокруг пересекающихся осей «х,у,з» (рис.2). В этом случае угловую скорость можно определять, как:

$$\vec{\omega} = \sum_{k=1}^n \vec{\omega}_k \quad (2)$$

где -  $\vec{\omega}_1, \vec{\omega}_2, \dots, \vec{\omega}_k$  угловые скорости составляющих вращений

Ускорение любой точки твердого тела при сферическом движении получим как геометрическую сумму вращательного и осе-стремительного ускорений

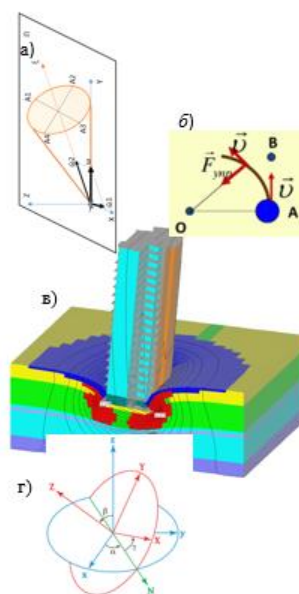
$$\vec{a} = \vec{a}^{вп} + \vec{a}^{ос} \quad (3)$$

$$\vec{a}^{вп} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} \quad (4)$$

где -  $\vec{\varepsilon}$  угловое ускорение

$$\vec{a}^{ос} = \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) \quad (5)$$

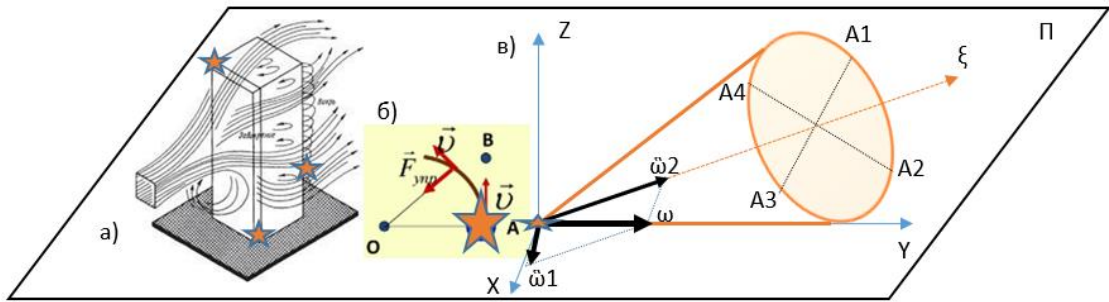
Для этого представим движение и здания и движение отдельных его точек прямым круговым конусом с высотой h, и углом 2α при вершине, который катится без скольжения по горизонтальной неподвижной плоскости, рис.3а. Ось симметрии виртуального конуса вращается равномерно вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\vec{\omega}_1$ . Граф траектории движения отдельно взятой материальной точки конструктива, показанного на рис.3а покажем на рис.3б. Элементы представлений внешних воздействий и реакций на них применим к зданию в целом, рис.3в. Совокупные предыдущие воздействия на основании с учётом определений Л. Эйлера, как сферическое движений совокупности материальных точек покажем на рис.3г.



**Рис. 3.** Схемы (а,б,в,г) для определения кинематических параметров конструктивов подвергнутых стохастическим внешним воздействиям

Определим траектории движения указанных точек и элементов (помеченных на рис.3 условными символами ★), а также определим силовые направления, модули и характеристики динамических воздействий, показанных на рис.4





**Рис. 4.** а) Реактивные области и зоны давления ветра и предполагаемые места исследуемых точек ★; б) граф проекции сферического движения исследуемых точек ★ на соответствующие плоскости системы координат (x,y,z,Рис.2); в) Представление траекторий движения точек A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>,A<sub>3</sub> и A<sub>4</sub> диаметрально расположенных в основании конуса с образующей под углом (α).

Определим модули и скоростей и ускорений точек A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>,A<sub>3</sub>,A<sub>4</sub> расположенных на концах взаимно перпендикулярных диаметров в основании виртуального конуса так, что отрезок A<sub>1</sub>A<sub>3</sub> горизонтален.

Пусть конус совершает сферическое движение, при котором вершина O конуса остается неподвижной. Мгновенная ось вращения совпадает с образующей конуса, касающейся неподвижной плоскости. Выберем систему координат так, чтобы ось Oy совпадала с мгновенной осью вращения. Представим векторы угловой скорости переносного, вокруг оси Oz и относительного, вокруг оси Oξ вращений  $\vec{\omega}_1$  и  $\vec{\omega}_2$ .

#### Алгоритм.

**Инструкция1.** Определим угловую скорость конуса, как сумму угловых скоростей соответствующих вращений:

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_1 + \vec{\omega}_2 \rightarrow \begin{cases} \omega_x = \omega_{1x} + \omega_{2x} \\ \omega_y = \omega_{1y} + \omega_{2y} \\ \omega_z = \omega_{1z} + \omega_{2z} \end{cases} \quad (6)$$

Если  $\vec{\omega} = \{0, \omega, 0\}$      $\vec{\omega}_1 = \{0, 0, -\omega_1\}$      $\vec{\omega}_2 = \{0, \omega_2 \cos \alpha, \omega_2 \sin \alpha\}$

$$\text{то } \vec{\omega} = \{0, \omega_1 \operatorname{ctg} \alpha, 0\} \quad (7)$$

Угловую скорость  $\vec{\omega}$  можно определить используя рис.1,используя геометрические приведенные построения.

**Инструкция2.** Определим угловое ускорение конуса  $\vec{\varepsilon} = \dot{\vec{\omega}}$ , как скорость конца вектора  $\vec{\omega}$ , поворачивающегося вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\vec{\omega}_1$ , применив формулу Л. Эйлера:

$$\vec{\varepsilon} = \vec{\omega}_1 \times \vec{\omega} = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\omega_1 \\ 0 & \omega_1 \operatorname{ctg} \alpha & 0 \end{bmatrix} = \{\omega_1^2 \operatorname{ctg} \alpha, 0, 0\} \quad (8)$$

**Инструкция3.** Скорости точек A<sub>i</sub> определим, используя соотношение Л. Эйлера:

$$\vec{v}_{A_i} = \vec{\omega} \times \vec{r}_i = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & \omega_1 \operatorname{ctg} \alpha & 0 \\ x_i & y_i & z_i \end{bmatrix} \quad (9)$$

где  $\vec{r}_i = \{x_i, y_i, z_i\}$  радиус-вектор точки A<sub>i</sub>

$$\bar{r}_1 = \{h \cdot \operatorname{tg} \alpha, h \cdot \cos \alpha, h \cdot \operatorname{tg} \alpha\} \quad \bar{r}_2 = \left\{0, \frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha} \cdot h, 2h \cdot \sin \alpha\right\} \quad (10)$$

$$\bar{r}_3 = \{-h \cdot \operatorname{tg} \alpha, h \cdot \cos \alpha, h \cdot \sin \alpha\} \quad \bar{r}_4 = \left\{0, \frac{h}{\cos \alpha}, 0\right\}$$

Тогда

$$\bar{v}_{A1} = \{h\omega_1 \cdot \cos \alpha, 0, -h\omega_1\} \quad \bar{v}_{A2} = \{2h\omega_1 \cdot \cos \alpha, 0, 0\} \quad (11)$$

$$\bar{v}_{A3} = \{h\omega_1 \cdot \cos \alpha, 0, h\omega_1\} \quad \bar{v}_{A4} = \{0, 0, 0\}$$

**Инструкция 4.** Ускорение точки  $A_i$  найдём, как сумму осе-стремительного  $\bar{a}_{Ai}^{oc}$  и вращательного  $\bar{a}_{Ai}^{bp}$  ускорений следующим образом:

$$\bar{a}_{Ai} = \bar{a}_{Ai}^{oc} + \bar{a}_{Ai}^{bp} \quad (12)$$

$$\bar{a}_{Ai}^{oc} = \bar{\omega} \times \bar{v}_{Ai} = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & \omega_1 \cdot \operatorname{ctg} \alpha & 0 \\ v_{Ax} & v_{Ay} & v_{Az} \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\bar{a}_{Ai}^{bp} = \bar{\varepsilon} \times \bar{v}_{Ai} = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \omega_1^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha & 0 & 0 \\ v_{Ax} & v_{Ay} & v_{Az} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Откуда

$$\bar{a}_{A1} = \{-h\omega_1^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha, -h\omega_1^2 \cdot \cos \alpha, 0\} \quad \bar{a}_{A2} = \left\{0, -2h\omega_1^2 \cdot \cos \alpha, \frac{-h\omega_1^2}{\sin \alpha}\right\} \quad (15)$$

$$\bar{a}_{A3} = \{h\omega_1^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha, -h\omega_1^2 \cdot \cos \alpha, 0\} \quad \bar{a}_{A4} = \{0, 0, 0\}$$

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены варианты образований зон избыточных (со своим знаком) давлений на здания и сооружения, приводящие к возможности возникновения сферических форм реактивных траекторий движений элементов конструкций;
2. Приведены факторы весьма вероятно приводящие к возникновению реактивного сферического движения элементов конструкций или здания в целом;
3. Разработана расчётная схема для определения сложных траекторий движений конструктивных элементов зданий и сооружений;
4. Разработан алгоритм определения кинематических параметров сферических форм реактивных движений конструктивных элементов зданий и сооружений.
5. Обосновано проявления эффектов сферического движения от ветрового напора не только на конструктивные элементы, но и на основания зданий и сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабенко, М. А. Введение в теорию алгоритмов и структур данных. / М.А. Бабенко, М.В. Левин. - М.: МЦНМО, 2014. - 144 с.
2. Верещагин, Н. К. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 3. Вычислимые функции / Н.К. Верещагин, А. Шень. - Москва: СИНТЕГ, 2002. - 192 с.
3. Вирт, Н. Алгоритмы и структуры данных / Н. Вирт. - М.: [не указано], 1989. - 760 с.
4. Вирт, Н. Алгоритмы и структуры данных=программы / Н. Вирт. - М.: [не указано], 1992. - 539 с.
5. Гилл, А. Введение в теорию конечных автоматов / А. Гилл. - М.: [не указано], 2005. - 985 с.
6. Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Тонкостенные пространственные системы: Учебник для вузов /Под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1983. – 488 с
7. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. - М.: «Высшая школа», 2004. - 380 с.
8. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с.
9. Бате Л., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. – 448 с.

# АТРИБУТИВНАЯ СХЕМА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ ДЕМОНТАЖА

О.Н. Кузина<sup>1</sup>, А.Ю. Козина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>kuzinaon@mgsu.ru

<sup>2</sup>Kozina.A@mosinzhproekt.ru

## Аннотация

В данной статье представлены результаты прикладного исследования этапа жизненного цикла объекта капитального строительства – демонтаж, снос и последующее управление полученными потоками отходов строительства и сноса.

При условии разработки единого алгоритма формирования состава эксплуатационной информационной модели на стадии демонтажа, появляется возможность сократить процент нестыковок между двумя категориями информационных моделей (моделей, формирующихся непосредственно перед демонтажем и сносом и моделей, которые прошли весь жизненный цикл объекта начиная с самого начала). Следовательно, первичная задача – формирование состава разделов эксплуатационной информационной модели на основе данных об очередности мероприятий выведения из эксплуатации зданий в формируемом ПОД и разбивки моделей по соответствующим категориям (МДС 12-64.2013 Типовой проект организации работ на демонтаж (снос) здания (сооружения)). Параллельно с этим, в элементы модели добавляется ряд атрибутивных характеристик, необходимых для проведения автоматизированного расчёта образования отходов строительства и сноса на основе данных информационной модели объекта строительства.

После получения и анализа данных на основе Перечня мероприятий по выведению из эксплуатации зданий, строений и сооружений в разрабатываемом проекте организации демонтажа формируется база поправочных коэффициентов для материалов всех элементов эксплуатационной информационной модели. Затем разрабатывается алгоритм выведения из эксплуатации конкретного объекта капитального строительства с учётом получения максимальной экономической выгоды и минимизации нанесения ущерба окружающей среде.

## ВВЕДЕНИЕ

Поручение Президента РФ от 19 июля 2018 года N Пр-1235 Правительству проложен курс на цифровизацию отрасли, которая предполагает формирование такой системы строительного производства, которая позволит управлять жизненным циклом объектов капитального строительства, используя цифровые технологии [1]

Демонтаж, снос и управление получаемым потоками отходов строительства и сноса являются самыми слаборазвитыми или вовсе неразвитыми этапами жизненного цикла объекта строительства с точки зрения цифровизации [2], так как для прослеживания полного цикла, хотя бы, одного объекта, необходимо не одно поколение в эквиваленте человеческого ресурса. Технологии, которыми сейчас располагают учёные, позволяют проводить прогнозные расчёты для примерной оценки объекта строительства на его финальных стадиях [3]. Следовательно, ошибки, нестыковки, которые могут появиться со временем, а также на этапе эксплуатации при проведении капитальных ремонтов, реконструкций и реставрации, приводят к потере большого объема данных об объекте строительства [4-5].

Технология информационного моделирования (ТИМ) – технология накопления данных об объектах строительства с их последующей обработкой, анализом, хранением,

передачей и использованием в целях повышения качества и скорости проведения работ, сокращения стоимости и издержек на всех этапах жизненного цикла объекта.

Данное определение не является полным, так как на данном этапе развития ТИМ в Российской Федерации, нет понимания использования полученных до этапа эксплуатации данных, а, следовательно, и на этапах демонтажа, сноса, а также последующего управления образовавшимися отходами строительства и сноса [6]. В настоящее время, в основных нормативных документах, регламентирующих работы с использованием ТИМ или состав информационной модели на постэксплуатационной стадии, информация не раскрыта, либо не представлена вовсе. На основе аналитического обзора профессиональной литературы, нормативной документации, а также изысканий, проводимых по выбранной тематике в Российской Федерации и зарубежом, был сделан вывод: с учётом темпов внедрения ТИМ в строительную сферу в Российской Федерации проект организации демонтажа (ПОД) объектов строительства можно разделить на две большие категории:

1. Информационная модель сформирована в начале жизненного цикла объекта строительства;
2. Информационная модель формируется на постэксплуатационной стадии жизненного цикла объекта строительства.

Из этого следует, что состав и наполненность моделей будут различны. При условии разработки единого алгоритма формирования состава эксплуатационной информационной модели на стадии демонтажа, появляется возможность сократить процент нестыковок между двумя категориями информационных моделей. Следовательно, первичная задача – формирование состава разделов эксплуатационной информационной модели на основе данных об очередности мероприятий выведения из эксплуатации зданий в формируемом ПОД и разбивки моделей по соответствующим категориям (МДС 12-64.2013 Типовой проект организации работ на демонтаж (снос) здания (сооружения)) [7]. Параллельно с этим, в элементы модели добавляется ряд атрибутивных характеристик, необходимых для проведения автоматизированного расчёта образования отходов строительства и сноса на основе данных информационной модели объекта строительства.

После получения и анализа данных на основе Перечня мероприятий по выведению из эксплуатации зданий, строений и сооружений в разрабатываемом проекте организации демонтажа формируется база поправочных коэффициентов для материалов всех элементов эксплуатационной информационной модели [8]. Затем, проводится автоматизированный расчёт получаемых при демонтаже и сносе объекта строительства отходов строительства и сноса. На основе всех полученных данных формируется Паспорт отходов объекта, а также алгоритм последующего управления отходами строительства и сноса, с учётом деления разделов эксплуатационной информационной модели по категориям очередности демонтажа (сноса).

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Вариант проведения расчётов на основе существующей ЭИМ.

Процесс сноса зданий делится на части:

- А. Демонтаж оборудования и внутренних инженерных систем и сетей здания;
- В. Разбор и снос конструкций здания.
- С. Складирование на специализированной площадке с учетом разделения полученных материалов на отходы, подлежащие разным видам утилизации и захоронению на полигонах.

Для осуществления процесса на основе данных из информационной модели необходимо получить сводную модель самого здания.

Согласно Перечню мероприятий по выведению из эксплуатации зданий, строений и сооружений в формируемом проекте организации демонтажа (ПОД):

1) производится полное отключение и демонтаж контрольно-измерительных приборов, автоматики и прочих инженерных систем, имеющих отношение к сносимому зданию при их наличии. Приборы и оборудование, пригодные для повторного применения, передаются на склад собственника сносимого объекта.

Следовательно, первыми в работу идут модели разделов:

- ТХР – Технологические решения;
- АСП - Автоматизация систем пожаротушения;
- ЭС - Электроснабжение;
- АОВК - Автоматизация отопления, вентиляции и кондиционирования;
- КСОБ - Комплексная система обеспечения безопасности;
- СЭЭО - Силовое электрооборудование и электрическое освещение (внутреннее);
- ТМР - Тепломеханические решения.

Далее, идет работа с системами, которые сопряжены с конструктивными элементами (проходить сквозь них или находиться внутри):

- ОПВВ - Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция;
- ГСН - Газоснабжение (внутренние устройства);
- ОТ - Отопление;
- ВСВК - Внутренние системы водоснабжения и канализации;
- ТРТС - Тепломеханические решения тепловых сетей;

2) Выполнить отключение и вырезку наземных и подземных вводов (выпусков) сетей газа, электроснабжения, водопровода, канализации и других инженерных коммуникаций, при их наличии.

Следовательно, это разделы модели:

- НВСТ – Наружное воздухообеспечение и теплоснабжения;
- НГП - Наружные газопроводы;
- НВС - Наружные сети водоснабжения;
- НСДК - Наружные сети дождевой канализации;
- НСК - Наружные сети канализации;
- НСС - Наружные сети связи и сигнализации;
- НСЭС - Наружные сети электроснабжения;

3) Последовательность разборки конструкций зданий и сооружений производится сверху вниз, обратной монтажу конструкций элементов, следовательно, происходит переход на работу с моделями:

- АР – Архитектурные решения;
- КР – Конструктивные решения;

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

С учётом различий в каждой из категорий, необходимо провести некоторое разделение атрибутивных схем по определенным признакам:

1. Тип мероприятия по МДС 12-64.2013;
2. Тип системы, подлежащей демонтажу / сносу;
3. Наличие уникальных отличительных черт системы / раздела;

Таким образом, при первом приближении, получаем 9 атрибутивных схем, подразделённым согласно перечисленным выше признакам. Данное деление представлено в Таблице 1.

Таблица 1. Деление и состав атрибутивных схем.

| Наименование раздела ЭИМ   | Тип мероприятия по МДС 12-64.2013   | Типовой номер атрибутивной схемы | Тип системы (тип деления трубная/кабельная) | Состав уникальных для раздела выгружаемых атрибутов   |
|--|---|----------------------------------|---|---|
| Технология производства (чертежи технологические)                  | Производится полное отключение и демонтаж контрольно-измерительных приборов, автоматики и прочих инженерных систем, имеющих отношение к сносимому зданию при их наличии. Приборы и оборудование, пригодные для повторного применения, передаются на склад собственника сносимого объекта. | 1.1                              | -   | 1) Тип оборудования;<br>2) Производитель;<br>3) Срок эксплуатации;<br>4) Тип мероприятия по утилизации;   |
| Автоматизация отопления, вентиляции и кондиционирования            |   | 1.2                              | кабельная                                   | 1) Тип системы;<br>2) Материал(ы), входящий в состав элемента;<br>3) Масса материала(ов) в элементе;<br>4) Объем материала(ов) в элементе;<br>5) Процент физического износа;<br>6) Код вида отхода строительства и сноса (ОСС);<br>7) Вид мероприятия по утилизации образуемого ОСС;<br>8) Срок образования ОСС;                            |
| Автоматизация систем пожаротушения                                 |   | 1.2                              | кабельная                                   |   |
| Комплексная система обеспечения безопасности                       |   | 1.2                              | кабельная                                   |   |
| Силовое электрооборудование и электрическое освещение (внутреннее) |   | 1.2                              | кабельная                                   |   |
| Электроснабжение   |   | 1.2                              | кабельная                                   |   |
| Тепломеханические решения  |   | 1.3                              | трубная                                     |   |
| Тепломеханические решения тепловых сетей                           | Демонтаж инженерных систем, которые сопряжены с конструктивными элементами (проходит сквозь них или находится внутри)   | 2.1                              | трубная                                     |   |
| Внутренние системы водоснабжения и канализации                     |   | 2.1                              | трубная                                     |   |
| Газоснабжение (внутренние устройства)                              |   | 2.1                              | трубная                                     |   |
| Отопление  |   | 2.1                              | трубная                                     |   |
| Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция                          |   | 2.2                              | -   |   |
| Наружные газопроводы   | Выполняется отключение и вырезку наземных и подземных вводов (выпусков) сетей газа, электроснабжения, водопровода, канализации и других инженерных коммуникаций, при их наличии.  | 3.1                              | трубная                                     | 1) Тип системы;<br>2) Материал(ы), входящий в состав элемента;<br>3) Масса материала(ов) в элементе;<br>4) Объем материала(ов) в элементе;<br>5) Процент физического износа;<br>6) Код вида отхода строительства и сноса (ОСС);<br>7) Вид мероприятия по утилизации образуемого ОСС;<br>8) Срок образования ОСС;<br>9) Объем утилизируемого |
| Наружное воздухоснабжение и теплоснабжения                         |   | 3.1                              | трубная                                     |   |
| Наружные сети водоснабжения  |   | 3.1                              | трубная                                     |   |
| Наружные сети канализации  |   | 3.1                              | трубная                                     |   |
| Наружные сети дождевой канализации                                 |   | 3.1                              | трубная                                     |   |
| Наружное электроосвещение  |   | 3.2                              | кабельная                                   |   |
| Наружные сети связи и сигнализации                                 |   | 3.2                              | кабельная                                   |   |

|                                |  |     |           |  |
|--------------------------------|--|-----|-----------|--|
| Наружные сети электроснабжения |  | 3.2 | кабельная | грунта при производстве работ по вырезке вводов (выпусков);  |
| Архитектурные решения          | Производится разборка конструкций зданий и сооружений сверху вниз, обратной монтажу конструкций элементов. | 4.1 | -         | 1) Тип системы;<br>2) Материал(ы), входящий в состав элемента;<br>3) Масса материала(ов) в элементе;<br>4) Объем материала(ов) в элементе;<br>5) Процент физического износа;   |
| Конструктивные решения         |  | 4.2 | -         | 6) Код вида отхода строительства и сноса (ОСС);<br>7) Вид мероприятия по утилизации образуемого ОСС;<br>8) Срок образования ОСС;<br>9) Объем утилизируемого грунта при производстве работ по разбору фундамента (только по схеме 4.2); |

## ВЫВОДЫ

Итогом формирования модели подобного вида будет являться не только полностью заполненный паспорт отходов для сносимого объекта капитального строительства, но и полностью рассчитанные объемы образования отходов строительства и сноса. Также все участники инвестиционного-строительного процесса получают следующие технологические и технические решения:

- совершенствование инструментов формирования Проекта организации демонтажа объекта капитального строительства;
- формирование полных и законченных атрибутивных схем для каждого из разделов эксплуатационной информационной модели;
- создание унифицированной формы строения информационной модели объекта капитального строительства [9];
- формирование единой среды для формирования, развития и перехода по всем этапам жизненного цикла объекта капитального строительства, а также его информационной модели.

При разработке эксплуатационной информационной модели необходимо учитывать не только состав её разделов, но и атрибутивный состав каждого из элементов. Необходимость охватить широкий круг нюансов и уникальных характеристик требует тщательной проработки модели с точки зрения её наполнения. Одновременно с этим требуется подготовка специалистов, готовых обладая необходимыми знаниями строительной деятельности, обеспечить разработку, организацию и сопровождение такого вида информационной модели объекта капитального строительства [10].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поручение Президента РФ от 19 июля 2018 года N Пр-1235 Правительству РФ.
2. *Ginzburg A.* Information modeling of the construction and demolition waste system.
3. *Гинзбург А.В.* BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России, 2016, No5 (153), – с. 28–31.
4. *Олейник С.П., Чулков В.О.* Управление обращением с отходами строительства и сноса.
5. *Чулков В.О., Назиров Б.Э.* Рециклинг отходов строительства и сноса при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов.
6. *Олейник П.П., Чулков В.О.* Проблема обращения с отходами строительства и сноса.
7. МДС 12-64.2013 Типовой проект организации работ на демонтаж (снос) здания (сооружения)

8. *Kuzina O.* Information technology application in the construction project life cycle//IOP Conference Series Materials Science and Engineering - July 2020. 869:062044.
9. *Гинзбург А.В., Хаустова А.Ю.* Унификация разработки информационных моделей зданий при проектировании демонтажа // Отходы и ресурсы. — 2020 №1. — URL: <https://resources.today/PDF/07INOR120.pdf> DOI: 10.15862/07INOR120.
10. *Гинзбург А.В.* Информационные технологии для строительных специальностей // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021 [Электронный ресурс] : сборник докладов Второй Национальной научной конференции (г. Москва, 8 декабря 2021 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, управление научной политики. — Электрон. дан. и прогр. (22 Мб) — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — Режим доступа: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VR, AR, MR-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Л.А. Адамцевич<sup>1</sup>, Ю.В. Камаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>AdamtsevichLA@mgsu.ru

<sup>2</sup>IuliiaKamaeva@yandex.ru

## Аннотация

Целью данной статьи является проведение анализа применения VR, AR, MR-технологий на этапах жизненного цикла объектов капитального строительства, а также выбранных на основе проведенного анализа решений, представленных на рынке.

В рамках проведенного исследования определены ключевые игроки отрасли, а также выявлены преимущества использования подобных технологий. Благодаря внедрению подобных инноваций реализуется принципиально иные бизнес-процессы или значительно повышается эффективность уже существующих, кроме того, ускоряется процесс проведения план-фактного анализа, что положительно сказывается на выдерживании сроков сдачи объекта капитального строительства и повышении его качества.

Таким образом, для улучшения существующих процессов в строительстве, повышения эффективности взаимодействия всех сотрудников проекта и предоставления работающего инструментария, позволяющего «вынести» технологии информационного моделирования за пределы офиса можно использовать ИТ-решения с VR, AR, MR-технологиями.

**Ключевые слова:** строительство, информационные технологии, VR, AR, MR-технологии, виртуальная, дополненная и смешанная реальности, позиционирование, визуализация, ТИМ.

## ВВЕДЕНИЕ

В сегодняшних реалиях, когда поток информации неуклонно возрастает во всех сферах деятельности, в том числе проектно-строительной, эффективно обрабатывать его прежними инструментами и средствами становится невозможно.

В целом потребность внедрения цифровых технологий обусловлена сформированной проблематикой строительной отрасли, в частности – неэффективным взаимодействием сотрудников, отсутствием единого источника актуальной информации и контроля, трудоемкими и длительными процессами.

В этой связи значительно возросла тенденция использования технологических инноваций в том числе решений, основанных на VR, AR, MR-технологиях, чему посвящено значительное количество публикаций [1-10 и др.].

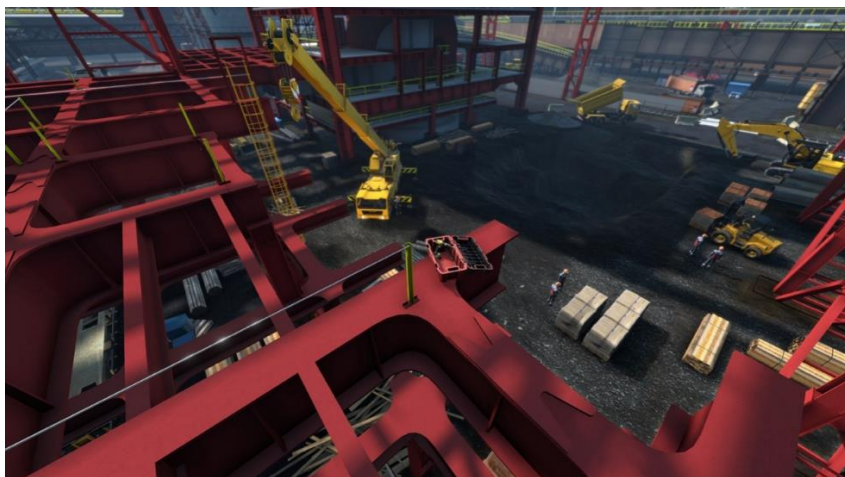
Вышеупомянутые технологии все более активно внедряются на этапах жизненного цикла объектов капитального строительства, создавая возможность специалистам отрасли работать в единой информационной среде и обеспечивая доступ к текущим трехмерным ТИМ-моделям и другой информации о проекте.

При этом необходимо отметить, что центральная роль отведена технологии информационного моделирования – ТИМ. Данная технология еще до момента возведения объекта способствует выполнению следующих функций: визуализация, моделирование и расчеты, а решения, основанные на VR, AR, MR-технологиях, служат логичным продолжением и способствуют более эффективному управлению процессами проектирования, строительства, эксплуатации, по сути являясь инструментами, которые позволяют выносить ТИМ на строительную площадку и эффективно работать независимо от стадии проекта.

На современном этапе на рынке есть игроки, и разработанные ими ИТ-решения позволяют без пространственных искажений визуализировать и встроить цифровые объекты в реальный мир.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализируем существующие решения, основанные на VR, AR, MR-технологиях. Зачастую технологию VR используют преимущественно для обучения. Так частная Американская строительная компания – Gilbane, посредством симуляции обучает сотрудников и студентов правилам выполнения строительных работ в VR. VR-очки используют на этапе проектирования объекта для демонстрации модели, проведения практических работ или согласования деталей проекта [11].



**Рис. 1.** Пример применения технологии VR в строительстве [11]

В России технологии виртуальной реальности также нашли свое применение. Так, компания «Газпром-нефть» активно использует VR при строительстве крупных производственных объектов, с помощью специализированных VR-очков проектировщики и строители детально осматривают объект и производят сопоставление графика строительства и отслеживают поставки материально-технических ресурсов.

Большую популярность и применение в строительстве нашли технологии дополненной (AR) и смешанной (MR) реальности. Этот факт обусловлен тем, что именно ИТ-решения, основанные на данных инновациях, приносят отрасли более ощутимую пользу. Проанализируем ключевые AR и MR-решения, существующие на рынке.

Одним из инновационных лидеров в отрасли выступает Американская компания Trimble. Ключевой сферой деятельности которой выступает разработка систем позиционирования и глобальной навигации, а также разработка ИТ-решений для сфер проектирования и строительства и производство геодезических приборов.

Наиболее популярным решением выступает продукт Trimble XR10 with HoloLens 2. Это – умная каска, с интегрированными очками дополненной реальности, позволяющая работникам, которые трудятся на объектах повышенной опасности, эффективно использовать возможности гарнитуры, не покидая площадку.

Благодаря синергии технологий позиционирования, AR и MR, решение выносит ТИМ-модель на строительную площадку. Благодаря улучшенному углу обзора – 43 градуса, решение способствует сопоставлению практически реализованных работ с планом и с более высокой точностью.

Глубокая интеграция с системами управления строительством и сопутствующими программами, применяющимися в отрасли, по факту предоставляют всем сотрудникам проекта единый источник достоверной и актуальной информации как для сотрудников офиса, так и для специалистов строительной площадки.

Trimble XR10 with HoloLens 2 эффективно визуализируют ТИМ-модели, их элементы и метаданные, что позволяет строителям провести проверку соответствия частично построенных сооружений с будущими сооружениями, а также «план-факт», то есть оперативно выявлять коллизии (непосредственно на строительной площадке) [12].



**Рис. 2.** Trimble XR10 with HoloLens 2 [12]

На российском рынке можно выделить ряд игроков. Одним из них выступает ИТ-компания «БРИО МРС». Платформа смешанной реальности для строительства BRIO MRS, аналогично решению компании Trimble позволяет работать с технологиями информационного моделирования непосредственно на строительной площадке. В отличие от решения Trimble XR10 with HoloLens 2, платформа BRIO MRS представляет собой специализированное устройство (в виде планшета) с предустановленным программным обеспечением.

Решение позволяет реализовать принципиально иные бизнес-процессы или значительно повысить эффективность уже существующих. В платформе все данные синхронизируются с программной частью платформы, что позволяет обеспечить эффективное взаимодействие между офисом и стройплощадкой.

Благодаря функционалу платформы, в частности ее программной части, все правки автоматически переносятся в проектную модель объекта, совершенствуя ее, и далее передаются в BIM-модель. После данного процесса проектная документация может быть сформирована автоматически.

Платформа работает как в режиме смешанной реальности, так и дополненной.

Также MR-платформа предоставляет строителям возможность мобильной передачи, рассмотрения и утверждения моделей, просмотра чертежей и проектных планов. Благодаря чему использование решения гарантирует полноценный контроль над ходом работ, что положительно сказывается на своевременном обнаружении коллизий, избежание дорогостоящих ошибок, и в целом позволяет своевременно сдавать объекты при этом с высоким качеством и с соблюдением всех норм безопасности [13].

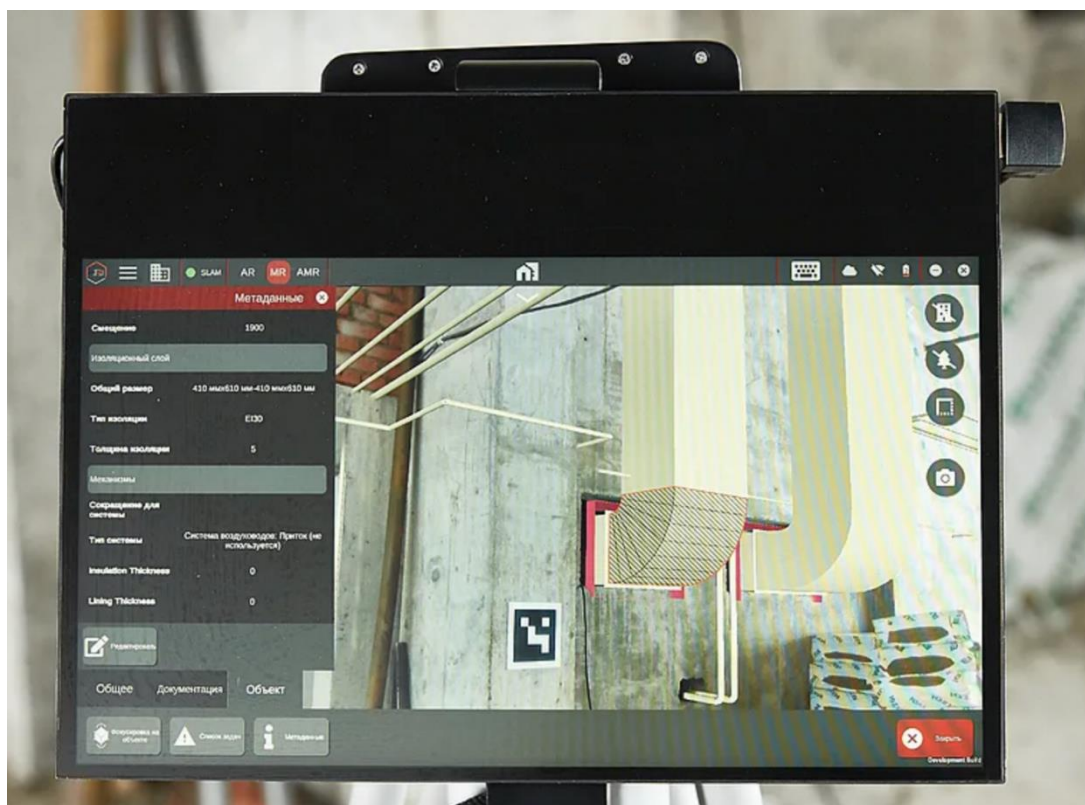


Рис. 3. MR-платформа BRIO MRS [13]

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рынке строительной индустрии существует целый ряд ИТ-решений, позволяющих визуализировать ТИМ-модели непосредственно на строительной площадке. Этот функционал реализован благодаря стеку инновационных технологий, в частности, VR, AR, MR-технологиям и систем позиционирования. Наибольшую эффективность, безусловно, демонстрируют ИТ-решения на базе MR, ведь именно данная технология позволяет встраивать объекты модели с более высокой точностью и без пространственных нарушений.

Таблицы 1. Сравнение VR, AR, MR-технологий

| Технология                  | VR   | AR  | MR   |
|-----------------------------|--|---|--|
| Краткое описание технологии | Полностью виртуальная среда                            | Реальная среда с наложением цифровых объектов | Реальная среда с интегрированными в пространство цифровыми объектами (можно взаимодействовать) |
| Использование джойстиков    | Да   | Нет   | Нет  |
| Разрешение экрана           | От 960x1080 пикселей на глаз                           | Проецируется в сетчатку глаза                 | В зависимости от аппаратной части решения  |
| Производительность          | Высокая  | Высокая                                       | Высокая  |
| Занимаемое пространство     | Минимально-комфортная площадь использования 2x2 кв. м. | Нет четкой привязки к размеру пространства    | Нет четкой привязки к размеру пространства   |

## ВЫВОДЫ

При использовании подобных ИТ-продуктов строителям становится проще и быстрее производить план-фактный анализ, визуализировать инженерные системы, включая подземные коммуникации, а также проводить сопоставление геометрических размерных характеристик зданий, проемов и систем.

Современные ИТ-решения способствуют своевременной передаче, рассмотрению и утверждению как BIM-моделей, так и планов, включая чертежи строительства, также есть опции внесения электронных пометок и контроля версий (без использования бумажных носителей).

В целом решения на основе технологий виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальности позволяют эффективнее управлять процессами проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов на всех стадиях жизненного цикла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конев М.В. Применение виртуальной реальности в области автоматизации и управления//В сборнике: Студент: наука, профессия, жизнь. Материалы VIII всероссийской студенческой научной конференции с международным участием: в 4 ч.. Омск, 2021. С. 33-38.
2. Шабалин М.С., Назаров Е.С., Якубович А.М., Лосев К.Ю. Возможности использование AR и VR в процессе жизненного цикла здания в России// В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 563-566.
3. Баранова Д.В. Применение технологии виртуальной реальности для BIM-проектов// В сборнике: Современные методы организации и управления строительством. Сборник статей молодых ученых, аспирантов, молодых специалистов, студентов. 2020. С. 337-343.
4. Шакшак О.М., Евсиков И.А. Оценка BIM проекта на основе многопользовательского VR-тура//В сборнике: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 304-310.
5. Железнов М.М., Хайдар А.Н.А.Д. Методология выбора устройств GPS для применения в задачах привязки данных дистанционного зондирования для изысканий и строительства// В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. Москва, 2022. С. 938-942.
6. Ободников В.Д., Алексеев С.А., Каган П.Б. Применение VR-технологий в BIM проектировании// В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 189-193.
7. Ольховский Н.О., Крюкова А.А. VR/AR - Технологии как локальные инновации в строительном бизнесе//Актуальные вопросы современной экономики. 2020. № 10. С. 149-156.
8. Гинзбург А.В., Шилова Л.А., Шилов Л.А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. – 2017.-№9.- С. 16-20
9. Петровский М.Л. VR технологии в обучении и строительстве//В сборнике: Актуальные проблемы архитектуры. Материалы 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х частях. Сер. "Актуальные проблемы современного строительства" 2018. С. 193-195.
10. Салосин А.С., Кукина А.А., Петроченко М.В. Анализ возможностей VR- и AR-технологий и оценка их применения в сфере строительства//В сборнике: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией А.А. Семенова. Санкт-Петербург, 2021. С. 205-213.
11. Официальный сайт строительной компании – Gilbane. url: gilbaneco.com (дата обращения – 02.12.2022)
12. Официальный сайт строительной компании – Trimble. url: trimble.com (дата обращения – 02.12.2022)
13. Официальный сайт строительной компании – briomrs.ru. url: briomrs.ru (дата обращения – 02.12.2022)

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ ОБЩИХ ДАННЫХ

К.С. Семёнова<sup>1</sup>, Е.В. Макиша<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>semeonowp@yandex.ru

<sup>2</sup>MakishaEV@mgsu.ru

## Аннотация

**Актуальность.** Целью данной работы является разработка и автоматизация алгоритма передачи информационных моделей строительных объектов в среде общих данных с использованием программ планирования задач. Достижение этой цели позволит облегчить работу BIM-специалистов, минимизировать вероятность появления ошибок и ускорить процесс выгрузки модели за счет автоматизации механической работы, не требующей использования критического мышления и узко специализированных знаний.

Для достижения этой цели сформулированы следующие задачи:

- описание организации структуры среды общих данных;
- сравнительный анализ планировщиков задач и выбор подходящего;
- разработка алгоритма передачи информационных моделей строительных объектов;
- создание bat-файла на основе представленного алгоритма,
- настройка программы планирования задач.

**Материалы и методы.** Для разработки алгоритма были описаны организационная структура среды общих данных, взаимодействие специалистов друг с другом и документооборот между различными областями в процессе ее использования. Сравнительный анализ планировщиков задач позволил выбрать подходящее для реализации поставленной цели приложение. В ходе проведения анализа был выявлен ряд характеристик, участвующих в принятии решения. Результатом стал выбор встроенного приложения планирования задач Windows, который полностью удовлетворяет заявленным требованиям.

**Результаты.** По полученным данным был разработан алгоритм передачи информационных моделей строительных объектов заказчику на основе запуска кода, написанного в bat-файле. Данный алгоритм представлен в виде блок-схемы. Также описаны требуемые настройки в выбранном планировщике заданий Windows.

**Выводы.** Предварительно настроенная среда общих данных и корректно прописанные правила запуска кода в планировщике задач позволят избавить BIM-специалистов от рутинной работы, связанной с регулярной выгрузкой моделей.

## ВВЕДЕНИЕ

С развитием технологий информационного моделирования [1], [2] и наращиванием мощностей технических и программных инструментов, модели строительных объектов становятся более детализированными и качественными [3]. При увеличении количества атрибутивной информации и повышении уровня проработки геометрии возникает необходимость делить модели на части внутри одного раздела, такие как конструктив<sup>1</sup>, который может включать в себя металлические конструкции (КМ) и железобетонные конструкции (КЖ). Это позволяет упростить работу специалистов в условиях

---

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства»

коллективной работы. Однако постоянно увеличивающееся количество файлов проекта значительно усложняет работу BIM-специалистам, которые должны настраивать и следить за корректными совмещением и увязкой моделей между собой. Также повышается трудоемкость выполнения задач, связанных с регулярной передачей информационных моделей<sup>2</sup> заказчику и их выгрузкой в различные форматы для дальнейшей проверки на коллизии в специализированных программных продуктах [4], [5]. Данные процессы может облегчить грамотно организованная среда общих данных.

Таким образом будет актуальна разработка алгоритма и автоматизация выгрузки информационных моделей в указанную директорию среды общих данных. Для автоматизации передачи информационных моделей между зонами и директориями в данном исследовании предлагается использовать программный код, написанный в bat-файле, автономный запуск которого осуществляется с помощью планировщиков задач. Данный метод наиболее популярный и не требует дополнительных ресурсов. Программная реализация занимает небольшое количество времени и является понятной для большинства пользователей.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Анализ организационной структуры среды общих данных, взаимодействия специалистов друг с другом и документооборота между различными областями в процессе ее использования.
2. Анализ программ планирования задач.
3. Разработка алгоритма передачи цифровых информационных моделей строительных объектов между областями среды общих данных.
4. Создание bat-файла на основе представленного алгоритма. Настройка программы планирования задач.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

### *2.1. Структура среды общих данных*

Среда общих данных (СОД, англ. Common Data Environment, CDE) представляет собой комплекс программно-технических средств, использующий единый источник данных и обеспечивающий управление, хранение и обмен данными об информационных моделях на всех стадиях жизненного цикла объекта капитального строительства и недвижимости [6]. Организация и порядок взаимодействия с такой средой определяет структуру директорий, правила загрузки данных, порядок создания и администрирования проекта, права доступа и процессов архивации.

Структура среды общих данных состоит из следующих зон:

1. Основные:
  - WIP (Work In Progress) – зона рабочих данных;
  - shared – зона общих данных, предназначенных для обмена;
  - published – зона хранения опубликованных данных;
  - archive – зона хранения архивированных данных.
2. Интерпретированные как основные зоны на основе источников:
  - incoming – зона входящих данных;
  - resources – зона ресурсов.

---

2 ГОСТ Р 10.0.03-2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией = System of standards on information modeling of buildings and structures. Building information models. Information delivery manual. Part 1. Methodology and formats: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 июня 2019 г. n 279-стг: дата введения 2019-09-01 / подготовлен Ассоциацией организаций по развитию технологий информационного моделирования в строительстве и ЖКХ (БИМ-Ассоциация). - Москва: Стандартинформ, 2019. - БЗ 6—2019/9, с.32. - Текст: непосредственный.

### 3. Дополнительные:

- temporary – зона временных данных;
- deleted – зона удаленных данных.

Организация структуры директорий, которая в дальнейшем определяет способ взаимодействия в условиях коллективной работы, устанавливается в BIM-стандарте компании [7].

Входящая информация, включающая в себя технические задание и требования внешнего участника проектной группы, из области Incoming, проходя этап проверки, анализа, обработки и корректировки, перемещается в зону ресурсов. Данная последовательность действий необходима для того, чтобы организовать централизованное хранение всей информации [8], [9], что в последствии облегчит и ускорит поиск необходимых материалов для специалистов. Также в процессе работы над проектом новые данные для совместного пользования и передачи сохраняются в зону Resources. К таким материалам могут относиться спецификации, типовые решения, задания на отверстия от проектировщиков инженерных систем для архитекторов и конструкторов и т.д.

Первоначальное взаимодействие проектировщиков с моделями разрабатываемого проекта начинается в зоне WIP. В ней находятся незавершенные рабочие модели, принадлежащие специалистам одного раздела. Как правило, предварительно необходимо настроить уровни доступа ко всем директориям во избежание ошибок при несогласованном использовании модели другого раздела, которая находится на стадии разработки. Для обмена информацией между проектировщиками, работающими над одной дисциплиной, создается зона Temporary, в которую попадают временные файлы, не относящиеся к проектной или рабочей документации. Данная область периодически очищается от неиспользуемых данных.

На следующем этапе, после завершения основных работ над информационной моделью, она перемещается в область Shared. Доступ к данной зоне есть у проектировщиков различных разделов. На основе файлов, хранящихся в этих директориях, создаются сводные мультидисциплинарные модели разрабатываемого проекта [10], [11]. Тем самым специалисты инженерных разделов могут использовать модели, содержащие архитектурную и конструктивную часть, для проектирования своих систем. При необходимости внесения корректировок в другой дисциплине создаются дополнительные документы с заданием и обоснованием принятого решения. В соответствии с правилами, описанными в BIM Execution Plan BEP - плане выполнения BIM-проекта, через определенные промежутки времени или по требованию собирается актуальная сводная модель из разработанных разделов. Это необходимо для координации и проверки проектов главными инженером и архитектором проекта или заказчиком [12]. Именно эту модель передают для обнаружения коллизий в специализированные программные продукты [13]. После каждой проверки отчеты и файлы актуальные на текущий день сохраняются в отдельной директории с указанием даты. На основе этих данных проектировщики устраняют ошибки и вносят необходимые корректировки. [14]

После этапа согласования все файлы, в том числе отчеты по коллизиям [15], переносятся в зону опубликованных данных Published. Вся информация сохраняется в соответствии с форматами, указанными в Employer's Information Requirements EIR-техническом задании заказчика [16].

После сдачи проекта, когда он принят заказчиком, все данные переносятся в зону Archive, доступ к которой ограничен только на чтение. Полный комплект информации о проекте необходимо проверить на отсутствие файлов, не относящихся к проектной и рабочей документации. Данные в этой папке могут использоваться в дальнейшем при принятии проектных решений.



## 2.2. Анализ программ планирования задач

Программы планирования задач – приложения, которые запускают другие программы в зависимости от заданных условий:

- 1) периодичности запуска приложений или открытия файлов;
- 2) указанного времени;
- 3) перехода операционной системы (ОС) в спящий и другие режимы.

Для анализа были выбраны следующие планировщики задач:

nnCron<sup>3</sup> - планировщик задач, имеющий собственный язык для написания кодов, основанный на синтаксисе языка программирования Forth.

В данной программе можно автоматизировать не только запуск приложений, но и закрывать окна, устанавливать напоминания, завершать работу системы и т.д. Одна из ключевых особенностей nnCron – это выполнение системных операций, таких как включение и выключение компьютера, синхронизация времени, запуск спящего режима и т.п.

Данный программный продукт представлен в двух интерфейсах:

- a) классический – командная строка в формате cron.tab-файлов систем Unix,
- b) расширенный – графический интерфейс.

Стоимость подписки на данный программный продукт невысокая: для граждан постсоветских стран для некоммерческого использования – бесплатно, в противном случае – 1000 рублей.

1. Планировщик заданий Windows<sup>4</sup> [17] - встроенный инструмент операционной системы Windows, предназначенный для автоматизации работы пользователя.

Основная функция – запуск файлов и оправка писем по электронной почте. Данное приложение имеет удобный, интуитивно понятный интерфейс. При создании задачи можно задать триггеры – условия, после наступления которых будет выполнено заданное действие.

Планировщик заданий Windows доступен для любой версии операционной системы и является абсолютно бесплатным.

2. Advanced Task Schedule<sup>5</sup> – это многофункциональный планировщик задач, позволяющий автоматически запускать программы, скрипты и пакетные файлы, открывать документы и интернет-страницы, отображать всплывающие сообщения и напоминания, воспроизводить звуки, отправлять сетевые и электронные сообщения, выключать и перезагружать компьютер, останавливать запущенные процессы, устанавливать и закрывать сетевые подключения, выполнять архивные и файловые операции.

В программе существует возможность использования логических операций для увеличения функционала представленных базовых команд.

Advanced Task Scheduler предназначен для работы в операционной системе Windows. Первые 30 дней использования программы являются пробными, далее необходимо оформить подписку, стоимость которой зависит от функциональности. Год обновления и поддержки на одного пользователя обойдется 59,95 – 149,95\$.

Краткий сравнительный анализ программ планирования задач представлен в Таблице 1.

---

<sup>3</sup> nnCron: официальный сайт. – URL: [http://www.nncron.ru/index\\_ru.shtml](http://www.nncron.ru/index_ru.shtml) (дата обращения: 17.12.2022). - Текст: электронный.

<sup>4</sup> Планировщик заданий Windows: официальный сайт. – URL: <https://winda10.com/zapusk/planirovshhik-zadaniy-windows-10.html> (дата обращения: 17.12.2022). - Текст: электронный.

<sup>5</sup> Advanced Task Scheduler: официальный сайт. – URL: <https://www.advscheduler.com/> (дата обращения: 17.12.2022). - Текст: электронный.

Таблица 1. Сравнительный анализ планировщиков задач

| № | Характеристика                          | Планировщик задач                                |                                     |                      |
|---|---|--|-------------------------------------|----------------------|
|   |   | Advanced Task Scheduler                          | nnCron                              | Планировщик Windows  |
| 1 | Открытие файлов в спящем режиме         | да   | да                                  | да                   |
| 2 | Задание периодичности запуска           | да   | да                                  | да                   |
| 3 | Стоимость лицензии                      | 59,95 – 149,95\$.                                | 1000 рублей                         | бесплатно            |
| 4 | Графический интерфейс                   | да   | нет                                 | да                   |
| 5 | Простота установки                      | простая  | возникают ошибки при установке      | не требует установки |
| 6 | Дополнительные настройки с помощью кода | частично, возможность заданий условий if и delay | да, на языке программирования Forth | нет                  |

Для автоматизации алгоритма передачи цифровых информационных моделей строительных объектов между областями среды общих данных подойдет встроенный планировщик заданий Windows по нескольким причинам:

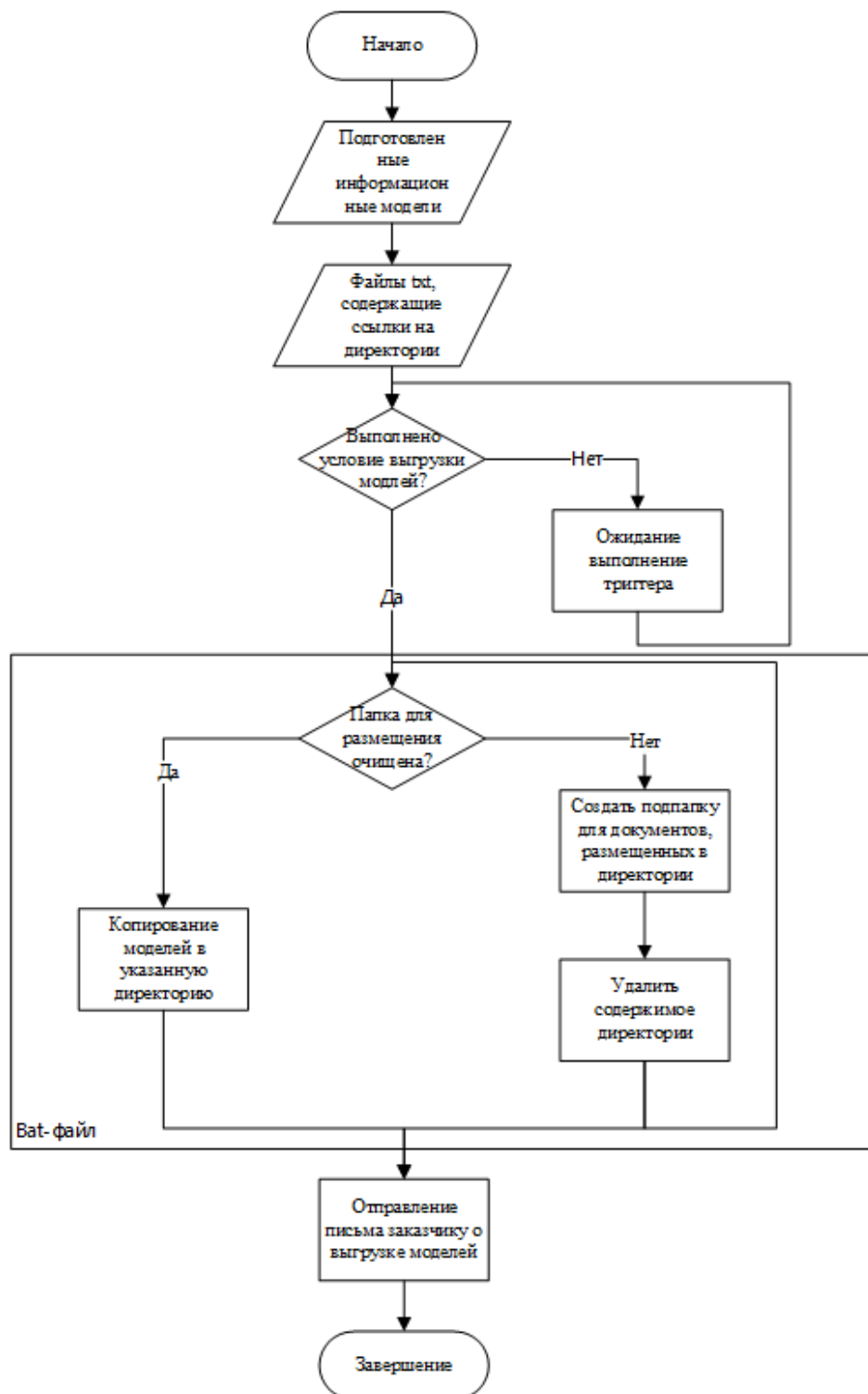
- a) он абсолютно бесплатный,
- b) не требует дополнительной установки,
- c) пользуется доверием у многих пользователей,
- d) решает основную задачу данной работы.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Алгоритм работы bat-файла при передаче цифровых информационных моделей строительных объектов между областями среды общих данных будет состоять в следующем:

- 1) получение списка моделей с указанными ссылками из txt-файла,
- 2) копирование моделей в указанную директорию.

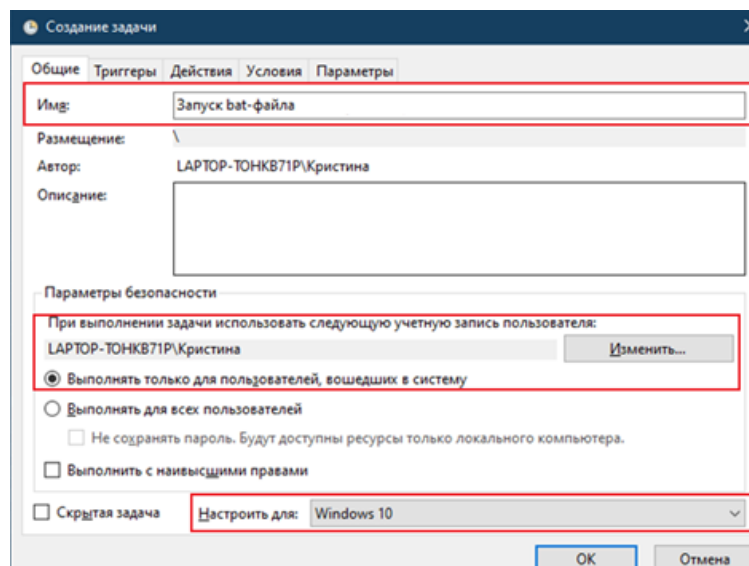
Детализированная схема работы алгоритма автоматизированной передачи моделей заказчику представлена на Рис. 1.



**Рис. 1.** Блок-схема работы алгоритма

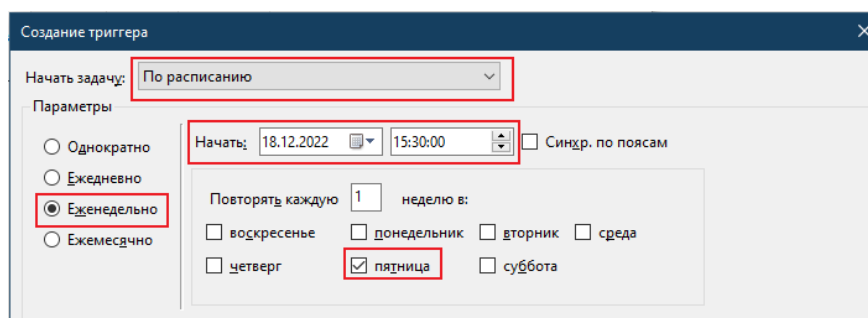
Для автоматизации передачи информационных моделей строительных объектов между зонами среды общих данных на основе представленного алгоритма был написан bat-файл, который автоматически запускается с помощью программы планирования задач.

Во вкладке «Общие» задается имя задачи, учетная запись пользователя, который может ее запускать и операционная система устройства (Рис. 2).



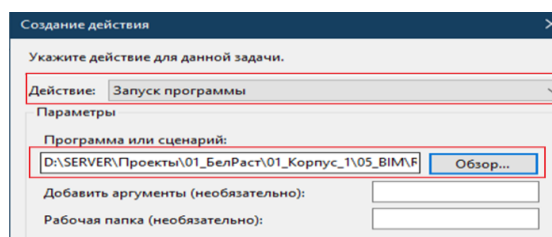
**Рис. 2.** Установка общих параметров задачи

Во вкладке «Триггер» устанавливается расписание запуска файла (Рис. 3).



**Рис. 3.** Установка расписания запуска задачи

Во вкладке «Действия» задается действие и путь файла, который необходимо запустить (Рис. 4).



**Рис. 4.** Создание действия

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Грамотно организованная среда общих данных позволяет упростить взаимодействие специалистов в условиях совместной работы и облегчит поиск необходимого расположения моделей.

Автоматизация представленного алгоритма [18] не только облегчит работу проектировщиков и BIM-специалистов, но и позволит существенно экономить время обмена данными и снизить стоимость этого обмена [19]. Заказчик в свою очередь будет своевременно получать актуальную информацию с письменным уведомлением, не задействовав дополнительные ресурсы со стороны подрядчика.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Теличенко В. И., Лapidус А. А., Морозенко А. А.* Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве/ Научное издание. — М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2008. — 144 с.
2. *Игнатова Е. В.* Геометрическое компьютерное моделирование: учебно-методическое пособие - Москва: МИСИ-МГСУ, 2019. - 49 с. – ISBN 978-5-7264-2015-8 (сетевое). - ISBN 978-5-7264-2014-1 (локальное). – Текст: непосредственный.
3. *А. Е. Чурбанов, Ю. А. Шамара* - Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса. - Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. - 2018. - N 7. - С. 824-835. - ISSN 1997-0935
4. *Игнатова Е.В.* Технологии информационного моделирования зданий: учебно-методическое пособие / Игнатова Е.В., Шилова Л.А., Давыдов А.Е. — Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2019. — 55 с. — ISBN 978-5-7264-2017-2. — Текст: электронный // IPR SMART. — URL: <http://lib-04.gic.mgsu.ru/lib/2019/172.pdf> (дата обращения: 18.12.2022). - Текст: электронный.
5. *Гинзбург А. В.* Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61-65. – Текст: непосредственный.
6. *Лосев К.Ю.* Подход к информационной поддержке среды общих проектных данных в жизненном цикле объекта капитального строительства // Вестник Евразийской науки, 2018 №6, <https://esj.today/PDF/94SAVN618.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
7. Эффективность применения информационного моделирования и необходимость BIM-стандарта. - Текст : непосредственный // Строительство: новые технологии - новое оборудование. - 2016. - N 4. - С. 35-40
8. *C. Han, J. Kunz, K. Law.* Making automated building code checking a reality // Facility Management Journal. – 1997. – pp. 22–28.
9. *Thomas H. Beach, Jean-Laurent Hippolyte, Yacine Rezgui.* Towards the adoption of automated regulatory compliance checking in the built environment. Automation in Construction. Volume 118, October 2020, 103285. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103285>.
10. *Alcinia Zita Sampaio.* BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering. Journal of Software Engineering and Applications. 2017. No. 10. Pp. 194 –210.
11. *Christoph Sydora, Eleni Stroulia.* Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM. Automation in Construction. Volume 120, December 2020, 103368. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103368>.
12. Green BIM. How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction. – McGraw-Hill Construction, 2010.5.
13. *Singh, V., Gu, N. and Wang, X.* A Theoretical Framework of a BIM-Based MultiDisciplinary Collaboration Platform. Automation in Construction. 2011. No. 20. Pp. 134–144.
14. *Solihin W., Eastman C.* Classification of rules for automated BIM rule checking development. Automation in Construction. 2015; 53:69-82. DOI: 10.1016/j. autcon.2015.03.003
15. *Галкина Е.В.* Перспективы использования систем проверки информационных моделей в России: Научное обозрение. 2017. № 21. С. 159-161. – EDN UQLZJS. - Текст: непосредственный.
16. *Осипов, А.* EIR, BIP и CDE - BIM без сложных слов / А. Осипов, М. Девятова // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2021. – № 2(230). – С. 16-18. – EDN QRVVAM.
17. *Грейвилл, Р.* Планировщик задач: пора взросления // Windows IT Pro/ RE. – 2012. – № 8. – С. 45. – EDN PULTXV.
18. *Гинзбург А. В.* Системы автоматизации проектирования в строительстве: учебное пособие для вузов // М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2014. 664 с. - Текст: непосредственный.
19. *Макиша, Е. В., Мочкин К. А.* Состояние и перспективы применения систем проверки информационных моделей строительных объектов: Строительство: наука и образование. – 2021. Т. 11. № 4. С. 70-86. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_47995064\\_63177621.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47995064_63177621.pdf) (дата обращения: 18.12.2022) - Текст: электронный.

# СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ ЗДАНИЯ

**Ж.В. Касымов**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,  
Kasymovjean@yandex.ru*

## **Аннотация**

В статье производится анализ возможных способов автоматизации моделирования здания на примере реакторного здания атомной электростанции. Исследование проводилось в процессе возникновения потребности на автоматизацию проектирования и моделирования здания. Рассмотренные способы автоматизации могут решить как проблемы концептуального проектирования объемно- планировочных решений на ранней стадии проектирования, так и проблему выполнения трудоемких задач по моделированию информационных моделей зданий. Целью исследования являлось определение способов автоматизации моделирования и их применения. По результатам исследования по способу реализации виды автоматизации были разделены на 3 вида: полная автоматизация существующими методами программного интерфейса; автоматизация, требующая создания самостоятельного программного решения и автоматизация, требующая применения различных способов машинного обучения. Были написаны плагины и скрипты в соответствии с проведенным исследованием, применяемые при проектировании здания.

## **ВВЕДЕНИЕ**

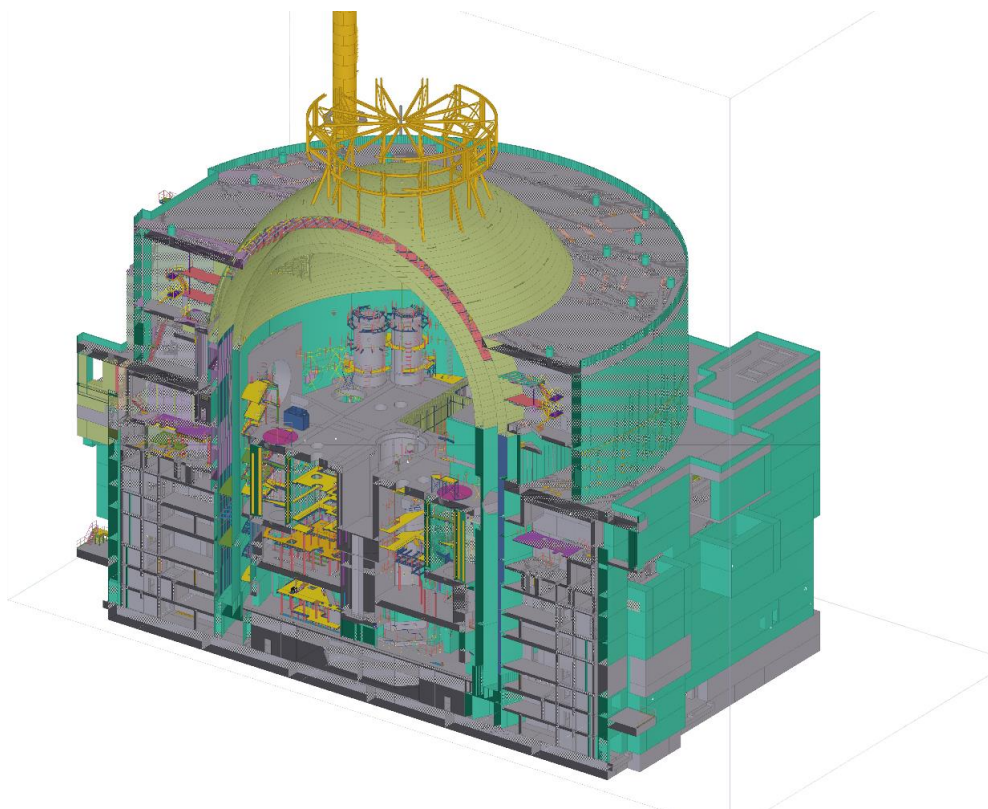
На сегодняшний день при создании информационной модели зданий используются различные программные комплексы, процесс моделирования в которых трудоемок и занимает большую часть времени проектирования. Также, отсутствует системный подход в анализе эффективности объемно- планировочных решений. В данной статье основной целью было проведение исследования по способам автоматизации моделирования зданий на примере реакторного здания атомной электростанции.

В процессе проектирования зданий и сооружений часто встречаются задачи, при работе с которыми требуется автоматизация. Такие задачи по способу реализации можно разделить на 3 вида: полностью автоматизирующиеся существующими методами программного интерфейса, требующие создания самостоятельного программного решения, нетривиальные задачи, требующие применения различных способов машинного обучения.

Если для решения первых двух типов задач есть возможность написать последовательность действий с известным количеством неизвестных для их решения, то последний вид задач характеризуется отсутствием логического решения между входными и выходными данными. Такие задачи часто встречаются при проектировании объемно-планировочных решений зданий, выборе варианта расстановки различного оборудования зданий, выборе расположения функциональных зон здания. В существующих сводах правил описаны минимальные требования к решению приведенных выше задач с точки зрения пожарной безопасности и эргономики. На практике же архитекторы и инженеры пользуются собственным субъективным опытом при решении поставленных задач, который может отличаться от наиболее рационального и удобного решения с точки зрения эксплуатации здания. Для решения такого типа задач предполагается использование методов машинного обучения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования поставленные задачи решались на примере проектирования реакторного здания атомной электростанции, показанного на рис. 1.



**Рис. 1.** 3D модель проектируемого реакторного здания атомной электростанции

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Постановка задач автоматизации процесса проектирования;
2. Анализ существующих способов взаимодействия программы для информационного моделирования зданий с другими (Application Programming Interface (далее API));
3. Написать программы для задач, которые возможно автоматизировать с помощью написания последовательности команд языке программирования для выполнения операций (далее скриптов) с применением существующих классов и методов из открытого API;
4. Написать программы для задач, при решении которых требуется создание независимо компилируемого программного модуля, динамически подключаемого к основной программе (далее плагин);
5. Выделить задачи, требующие нетривиального решения и машинного обучения;
6. Сделать выводы и определить перспективы развития исследуемой темы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполнена автоматизация моделирования под программу, предназначенную для для информационного моделирования зданий Autodesk Revit. Для анализа API данной программы была исследована техническая документация из открытого доступа сети интернет (рис. 2).

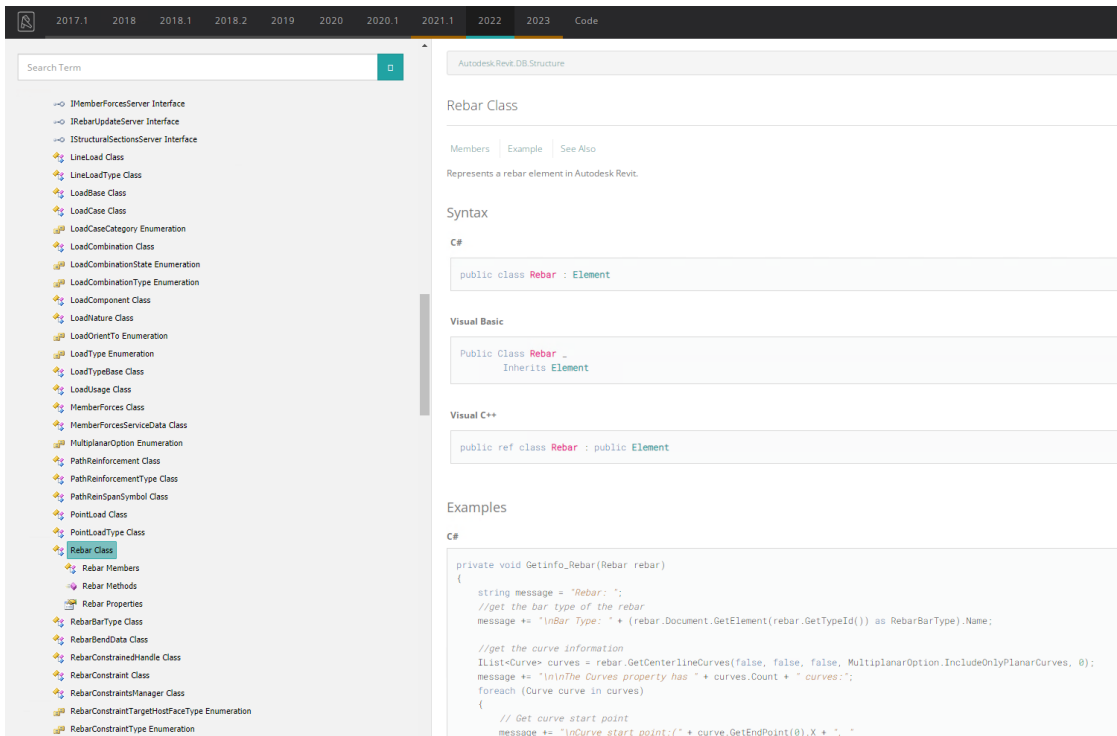


Рис. 2. Документация Revit API

Выделены задачи, которые возможно решить с помощью использования документации из открытого доступа. Их решение осуществилось через создание скриптов в программе блочного программирования Dynamo, включающего в себя блоки, выполняющие независимые функции. Также, использовались блоки, в которых можно было описать недостающие функции на языке программирования Python (рис. 3). Представленные на рисунках скрипты осуществляют работу с данными элементов 3D модели здания.

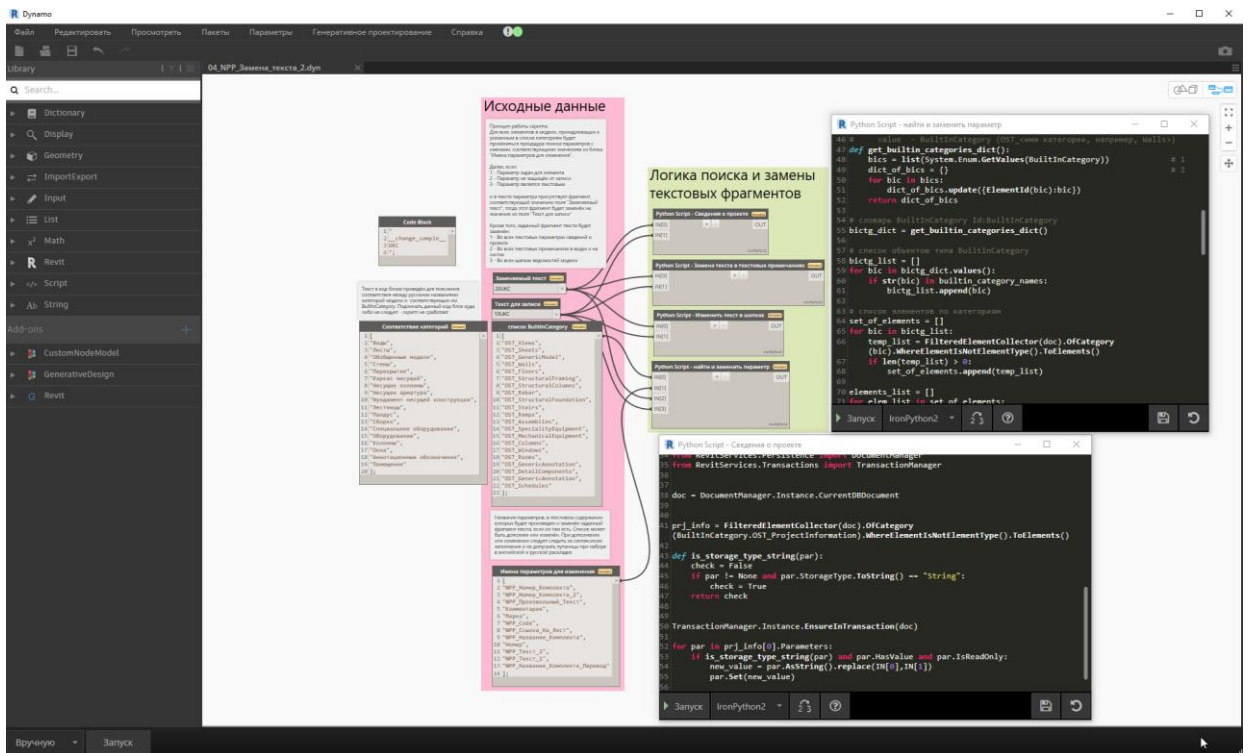


Рис. 3. Скрипт для автоматизации замены значений выбранных параметров для всех объектов 3D модели здания



Были выделены более комплексные задачи, для решения которых необходимо создание плагина с пользовательским интерфейсом для возможности подробного изменения исходных данных. Также, данные задачи отличались более сложной работой с геометрией и необходимостью создания классов для работы с разными объектами аналитической геометрии (рис. 4). На рис. 5. Выделены классы созданного плагина, содержащие в себе код для работы с аналитической геометрией. В данных классах описаны сущности плоскости, прямой, точки, а также функции для поиска пересечения прямых, плоскостей, нахождения угла поворота между плоскостями, векторного, скалярного произведения и других функций, необходимых для реализации данного плагина.

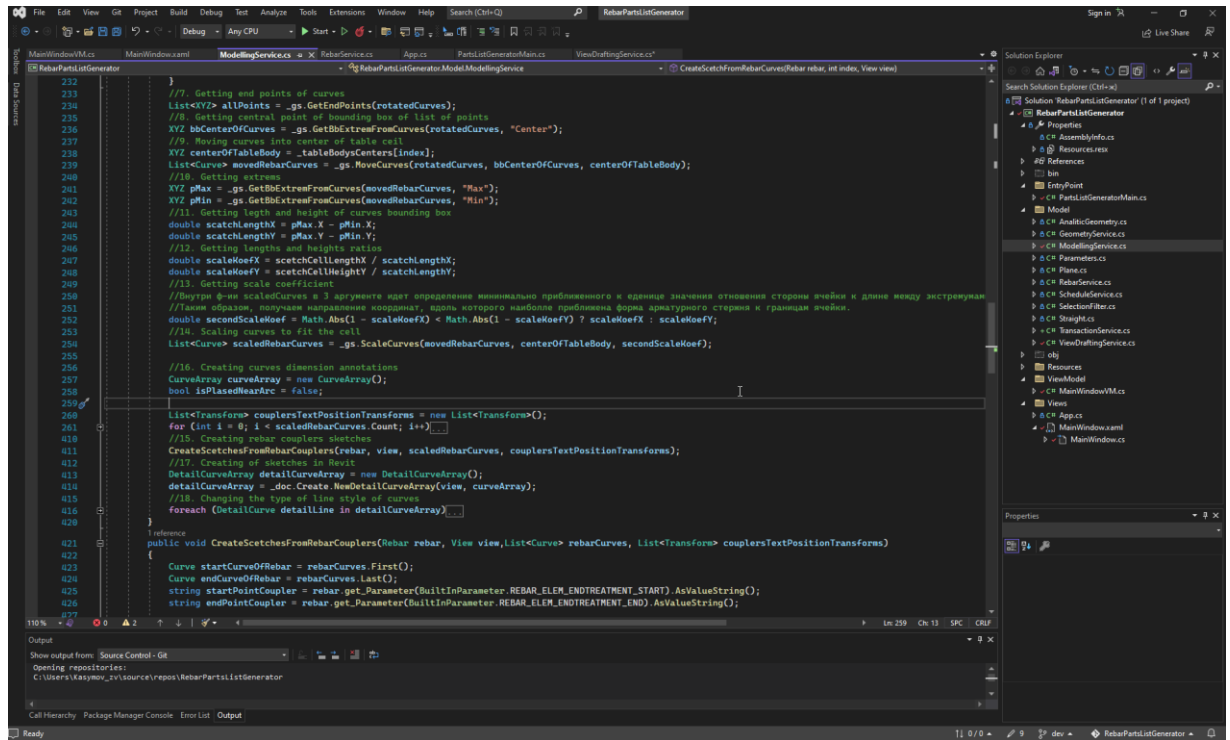
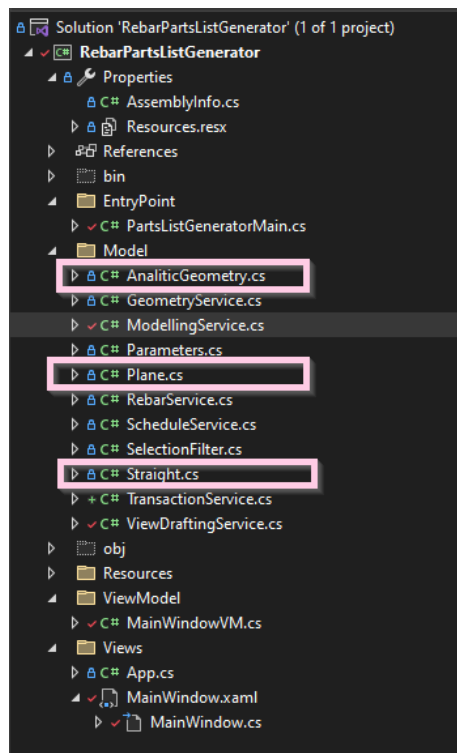


Рис. 4. Интерфейс программы Visual Studio, содержащий плагин для автоматизированного моделирования чертежного вида всех уникальных эскизов арматуры здания



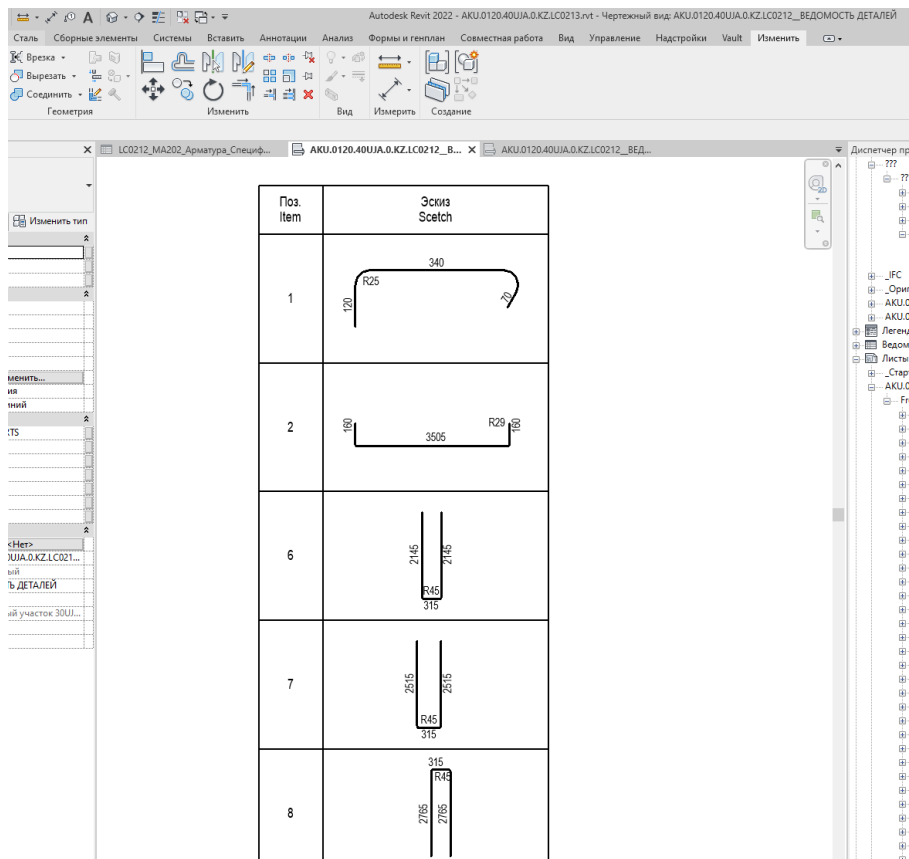
**Рис. 5.** Диспетчер проекта плагина

На рис. 6 изображена часть 3D модели здания, с арматуры которой осуществлялось автоматизированное моделирование чертежных видов арматуры.



**Рис. 6.** Часть реакторного здания.

Часть результата работы данного плагина изображена на рис. 7.



**Рис. 7.** Часть результата работы плагина.

Оставшиеся задачи автоматизации были отнесены к тем, для решения которых необходимо применять методы машинного обучения, оптимизационные методы для поиска кратчайших путей. Примеры таких задач: наиболее оптимальное расположение оборудования и различных сетей снабжения внутри производственного помещения; точное определение видов арматуры для армирования различных элементов здания по результатам изополей армирования.

## ВЫВОДЫ

В рамках данного исследования изучены способы решения задач по автоматизации моделирования и проектирования здания на примере проектирования реакторного здания. Изучена актуальность исследования, выявлены задачи, не поддающиеся тривиальным решениям. В ходе исследования были созданы скрипты и плагины для автоматизации проектирования и моделирования различных элементов здания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин В.Н. СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА» // Инновации и инвестиции. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-primeneniya-tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-stroitelstve>.
2. Игнатова Е.В., Игнатов В.П. Анализ направлений исследований, основанных на концепции информационного моделирования строительных объектов // Вестник МГСУ. 2011. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-napravleniy-issledovaniy-osnovannyh-na-kontseptsii-informatsionnogo-modelirovaniya-stroitelnyh-obektov-1>.
3. Лосев К. Ю. Подход к информационной поддержке среды общих проектных данных в жизненном цикле объекта капитального строительства // Вестник евразийской науки. 2018. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-informatsionnoy-podderzhke-sredy-obshchih-proektnyh-dannyh-v-zhiznennom-tsikle-obekta-kapitalnogo-stroitelstva>.
4. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А. BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. №1 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii>.
5. Беликова А.С., Варибрус Д.С. BIM-проектирование в строительстве // Инновационная наука. 2019. №4.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-proektirovanie-v-stroitelstve>.

6. *Волков А.А. , Седов А.В.* Математическое моделирование процессов автоматизации проектирования инженерных систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2011. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-protssosov-avtomatizatsii-proektirovaniya-inzhenernyh-sistem-zdaniy-i-sooruzheniy-1>.
7. *Андрющенко Н.А.*, Автоматизация и оптимизация работы в комплексе "Autodesk Revit" // Инновационная наука. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-i-optimizatsiya-raboty-v-komplekse-autodesk-revit>.

# ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЭТАПНОГО ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЖИМА «МОНТАЖ»

**Л.В. Мовсесова**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4,  
movse@lan.spbgasu.ru*

## **Аннотация**

На примере 14-этажной монолитной секции жилого дома выполнено информационное моделирование несущей конструкции в программном продукте Autodesk Revit 2022.1, импорт модели в расчётный программный комплекс ЛИРА10.12. Проведён расчёт схемы в двух постановках задачи - по линейной методике без учёта последовательности возведения и по методике моделирования процесса фактического строительства (режим «Монтаж»), с последующим сравнением результатов. Показана существенная разность результатов расчётов по двум методикам как в напряжённо-деформированном состоянии конструкций, так и в конструктивных результатах – требуемом армировании. Обоснована важность учёта последовательности возведения строительных конструкций здания моделированием этапов его возведения - применение режима «Монтаж» в расчётном программном комплексе.

## **ВВЕДЕНИЕ**

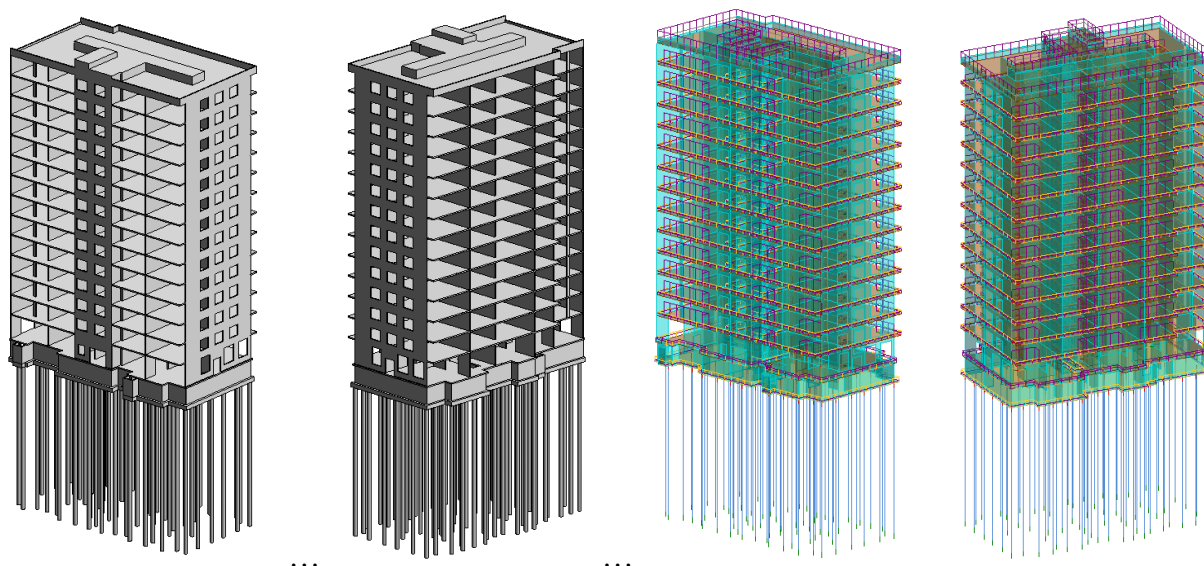
ВМ-технология даёт возможность не просто проектировать интеллектуальные 3D-модели, а позволяет создавать полный виртуальный аналог сооружения и работать всем участниками проекта, где бы они не находились, в одном информационном пространстве [1,6,7]. В числе прочего, ВМ-модель легко преобразуется в расчётную схему. В настоящее время значительная часть расчётов строительных конструкций, зданий и сооружений проводятся без учёта последовательности возведения, что не всегда верно [2]. Процесс фактического строительства в общем случае является многоэтапным и тесно связан с последовательностью выполняемых операций на строительной площадке. При этом последовательно меняется и напряжённо-деформированное состояние конструкций, возведённых на более ранних этапах, по мере возведения конструкций и приложений нагрузок на последующих этапах строительства.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Объект исследования – 14-этажная секция многоэтажного жилого здания.

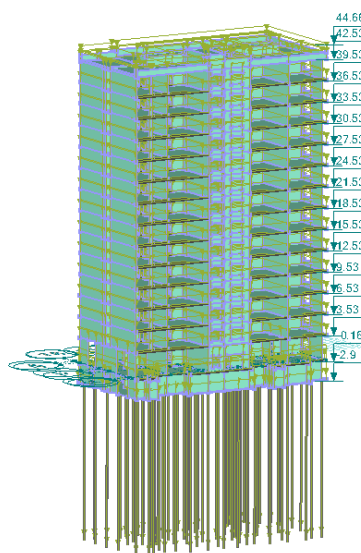
Размеры секции в плане 30,7x16,4 м. Секция имеет подвал и 14 надземных этажей, а также надстройки поверх основного покрытия (выход на кровлю, верх лифтовой шахты и надкоридорный вентиляционный канал). Высота подвала 2,9 м, первого этажа 3,6 м, 2-14-го этажей 3,0 м, надстройки на кровле разновысотные от 1,3 м до 2,13 м, монолитный парапет по кровле высотой 0,88 м. Шаг поперечных стен переменный, от 2,5 до 7,1 м. Конструктивная схема перекрестно-стенная с наличием отдельностоящих простенков/пилонов. Толщина ростверка 600 мм. Фундамент свайный - 74 буронабивные сваи Ф520 длиной 22.9 м. Толщина всех стен, простенков, пилонов и парапета, а также стен шахт лифтов – 0,16 м. Толщина плит перекрытий 180 мм. Толщина нижней и верхней плит в шахтах лифта 200 мм. Материал свай и ростверков В30. Материал всех стен, простенков/пилонов, плит (нулевого цикла и надземной части) В25.

Информационная модель несущих конструкций здания построена с применением ВМ-технологии в программном продукте Autodesk Revit 2022.1. Специальным инструментом выполнены необходимые «корректировки аналитической модели». Приложены нагрузки и сформированы загрузки и их комбинации.



**Рис. 1.** BIM-модель и аналитическая модель с нагрузками в Autodesk Revit 2022.1.

Аналитическая модель с нагрузками и их комбинациями импортирована в расчётный комплекс ЛИРА10.12, в результате чего получена расчётная схема, сформированная конструктивными элементами. Обычно интеграция трехмерной модели объекта параметрической архитектуры, созданного с помощью программы Autodesk Revit, в конечноэлементную модель производится посредством IFC-форматирования [5]. Отличительной особенностью расчётного комплекса ЛИРА являются конструктивные элементы, которые можно как создавать в самой программе, так и экспортировать из Revit [3]. В процессе подготовки схемы к расчету программа автоматически делит конструктивные элементы на конечные элементы [4]. Проверена и подтверждена корректность передачи геометрии, сечений, материалов, нагрузок и загрузений.



**Рис. 2.** Расчётная схема в ЛИРА10.12, сформированная конструктивными элементами.

Методика исследования – выполнение расчётов в двух постановках задачи с последующим анализом и сравнением результатов.

Задача 1 – линейный расчёт схемы с одновременным воздействием всех нагрузок.

Задача 2 - расчёт схемы в режиме «Монтаж» с моделированием поэтапного/поэтажного возведения конструкций, учитывающим последовательное изменение напряжённо-деформированного состояния возведённых конструкций от вновь возводимых.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате выполненного анализа и сравнения напряжённо-деформированного состояния расчетной модели в двух постановках задачи (линейный расчёт и режим «Монтаж») выявлена существенная разница результатов.

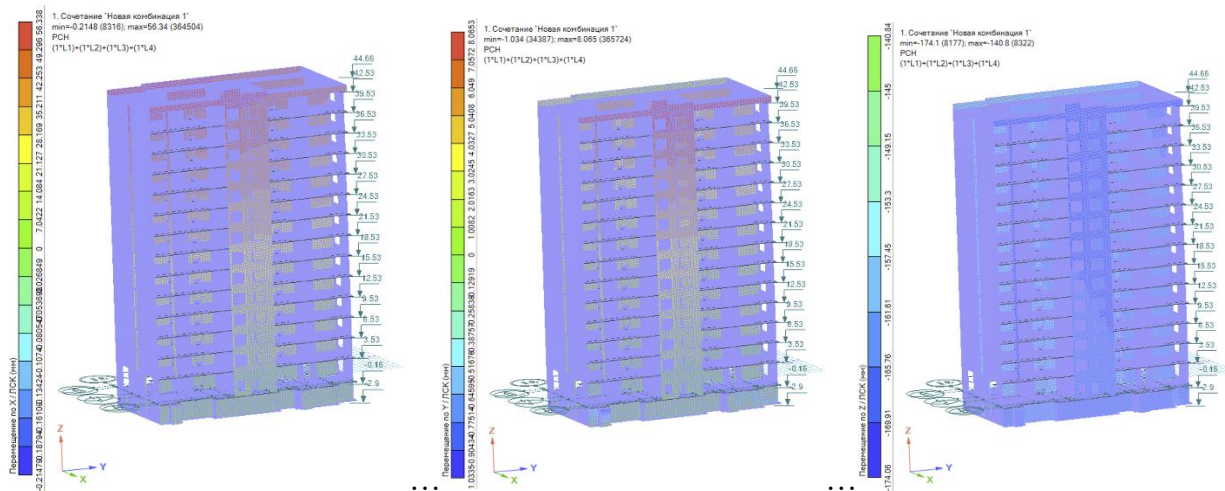


Рис. 3. Деформации схемы по X, Y, Z при линейном расчёте, мм.

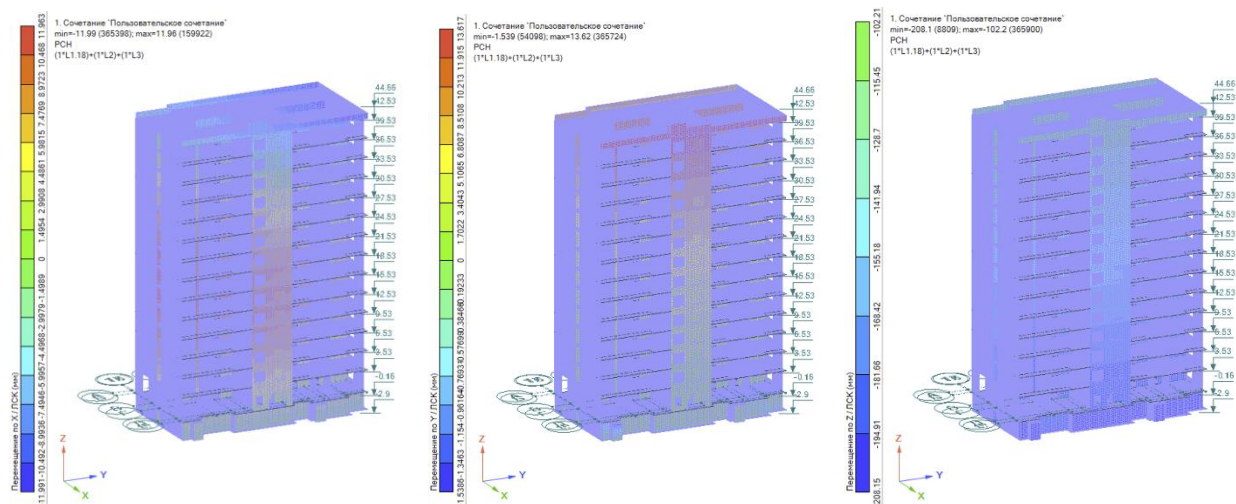
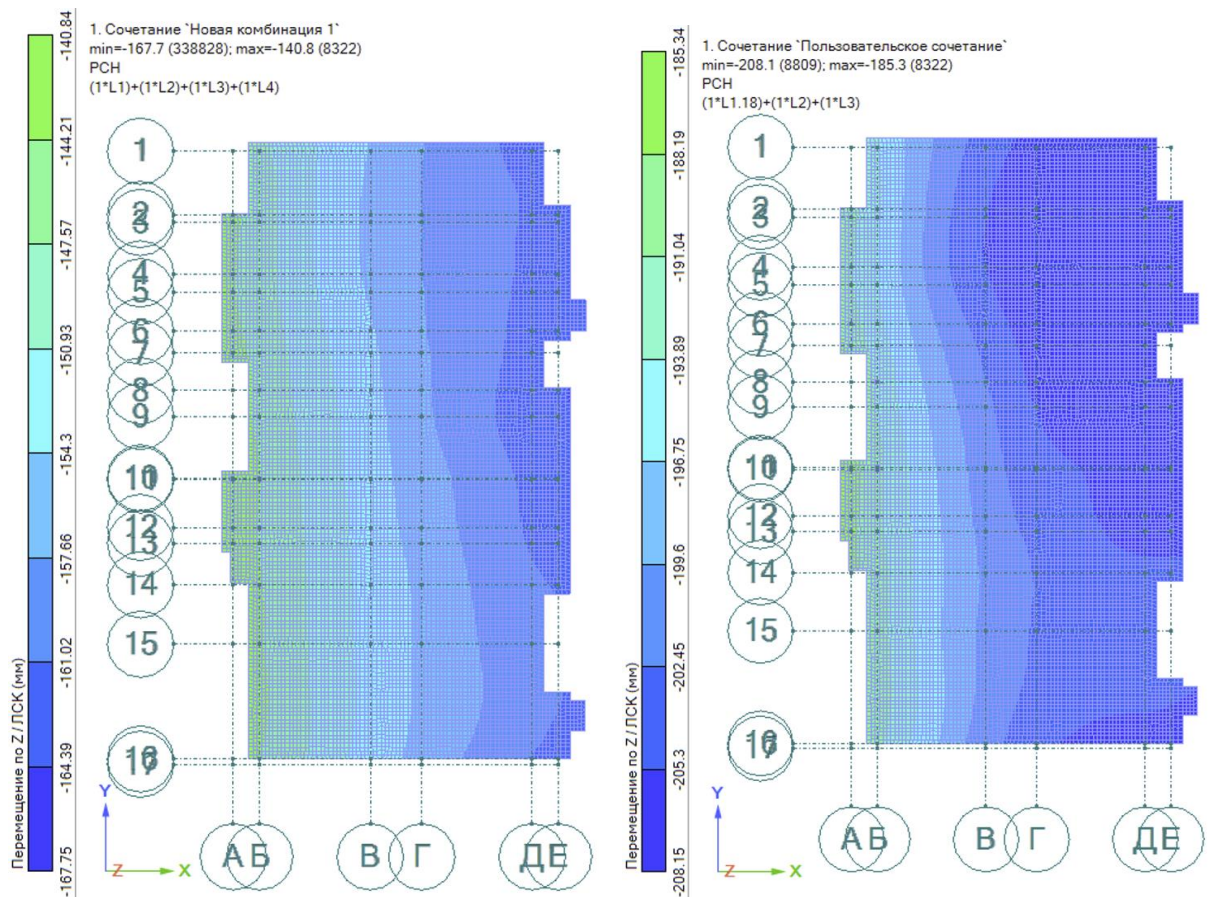


Рис. 4. Деформации схемы по X, Y, Z при расчёте в режиме «Монтаж», мм.

Минимальное/максимальное перемещение схемы по оси X составило: при линейном расчёте -0.2/+56,3мм; при режиме «Монтаж» -11.99/+11.96мм. Минимальное/максимальное перемещение схемы по оси Y составило: при линейном расчёте -1.03/+8,06мм; при режиме «Монтаж» -1.53/+13.6мм. Минимальное/максимальное перемещение схемы по оси Z составило: при линейном расчёте -140.84/-174,06мм; при режиме «Монтаж» -102.21/-208.15мм.

Показательны различия в полученных расчётных осадках и разностях осадок плитного ростверка при линейном расчёте и при использовании режима «Монтаж».



**Рис. 5.** Осадки и их неравномерности в ростверке при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), мм.

При линейном расчёте минимальная/максимальная расчётная осадка -140.84/-167.75 мм; при применении режима «Монтаж» минимальная/максимальная расчётная осадка -185.34/-208.15 мм.



Существенная разница в полученных результатах напряжённо-деформированных состояний, очевидно, отражается и на получаемых результатах конструктивных расчётов, например, требуемых площадях армирования.

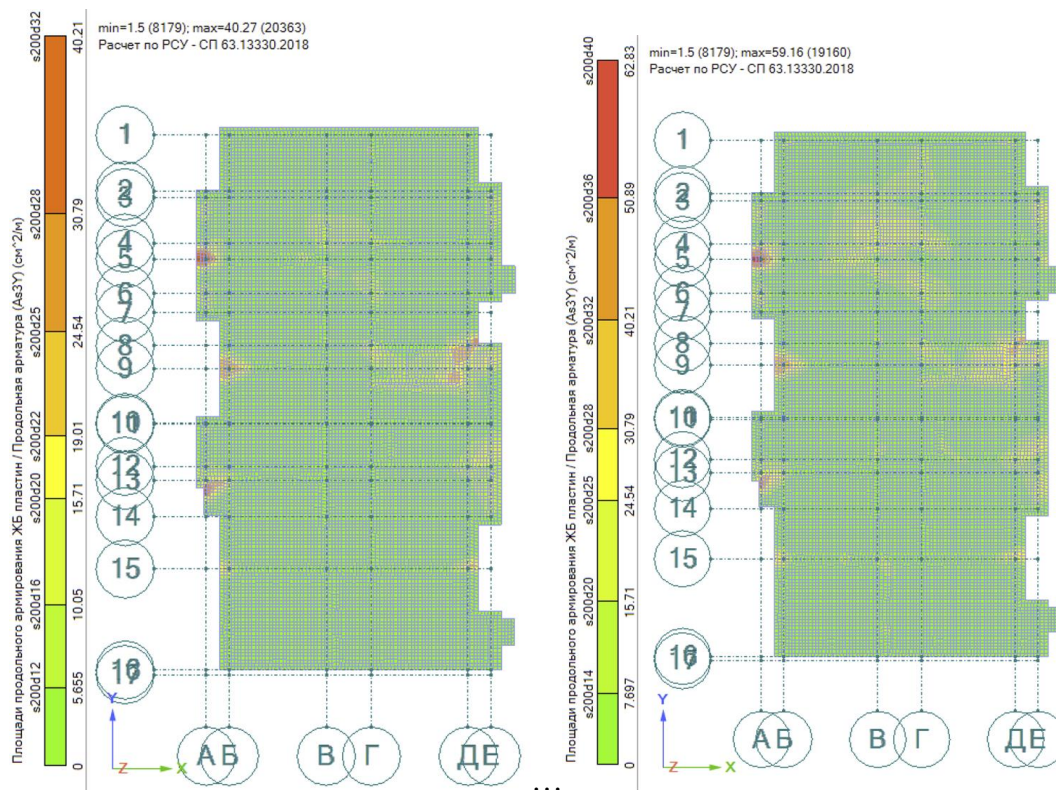


Рис. 6. Нижняя арматура (1-й ряд) в ростерке при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), см<sup>2</sup>/м.

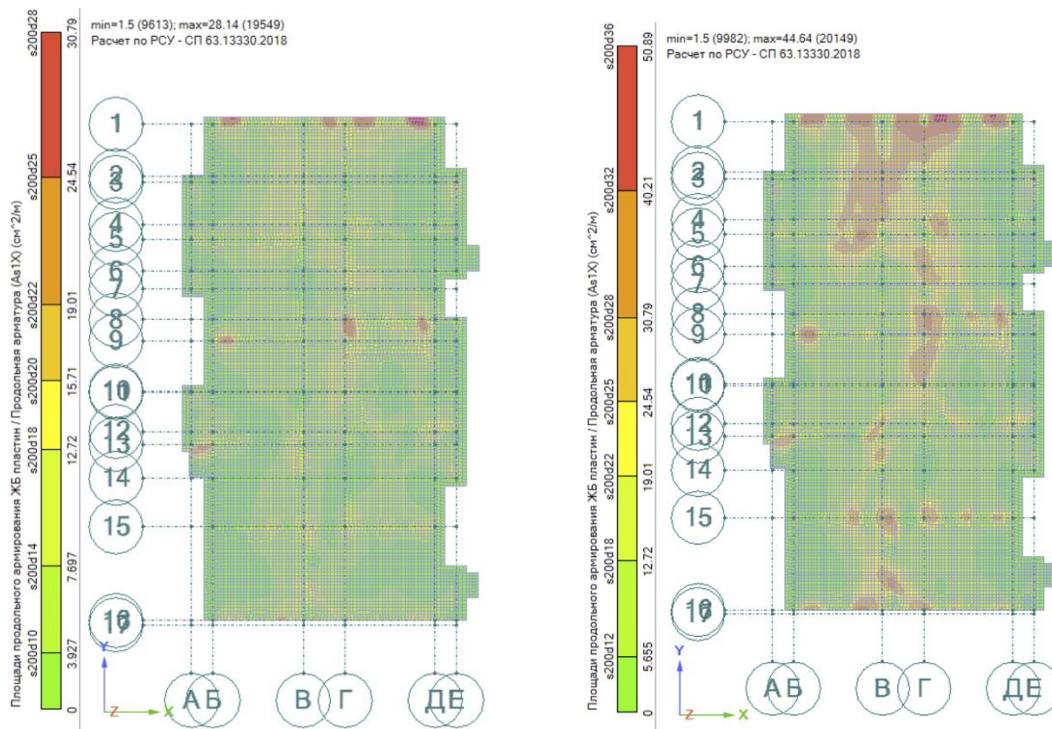
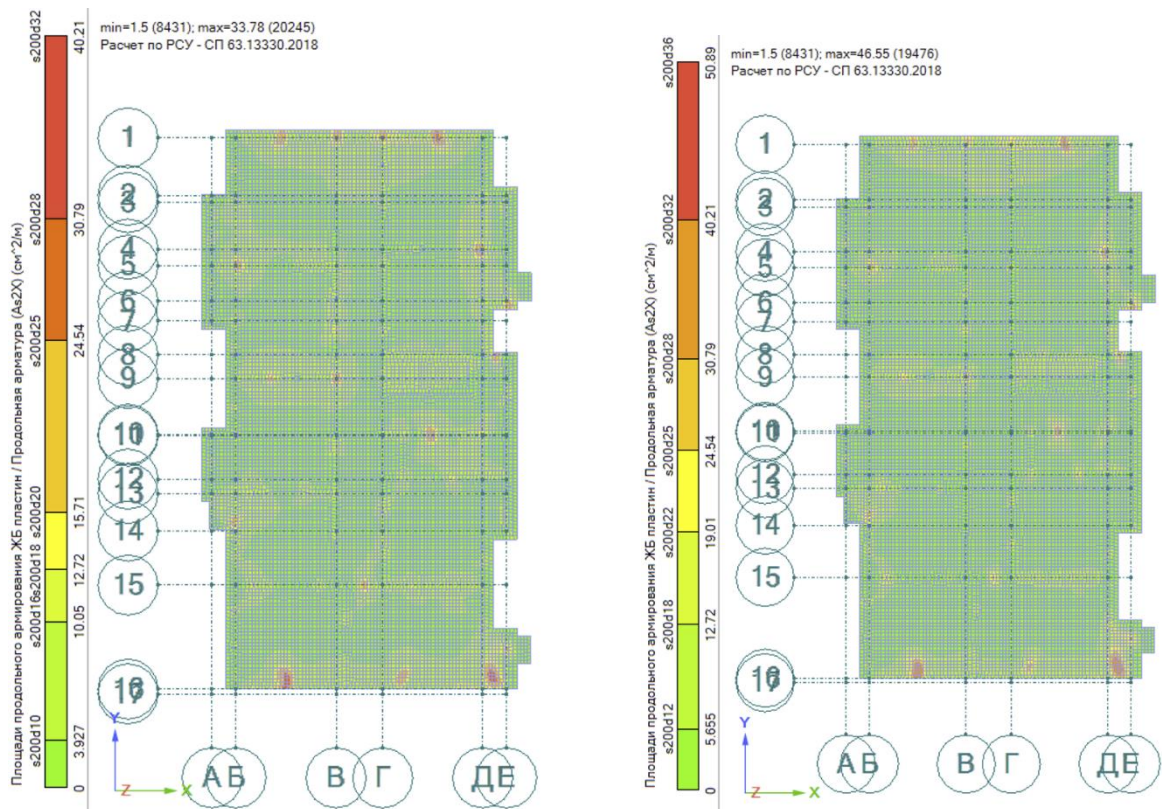
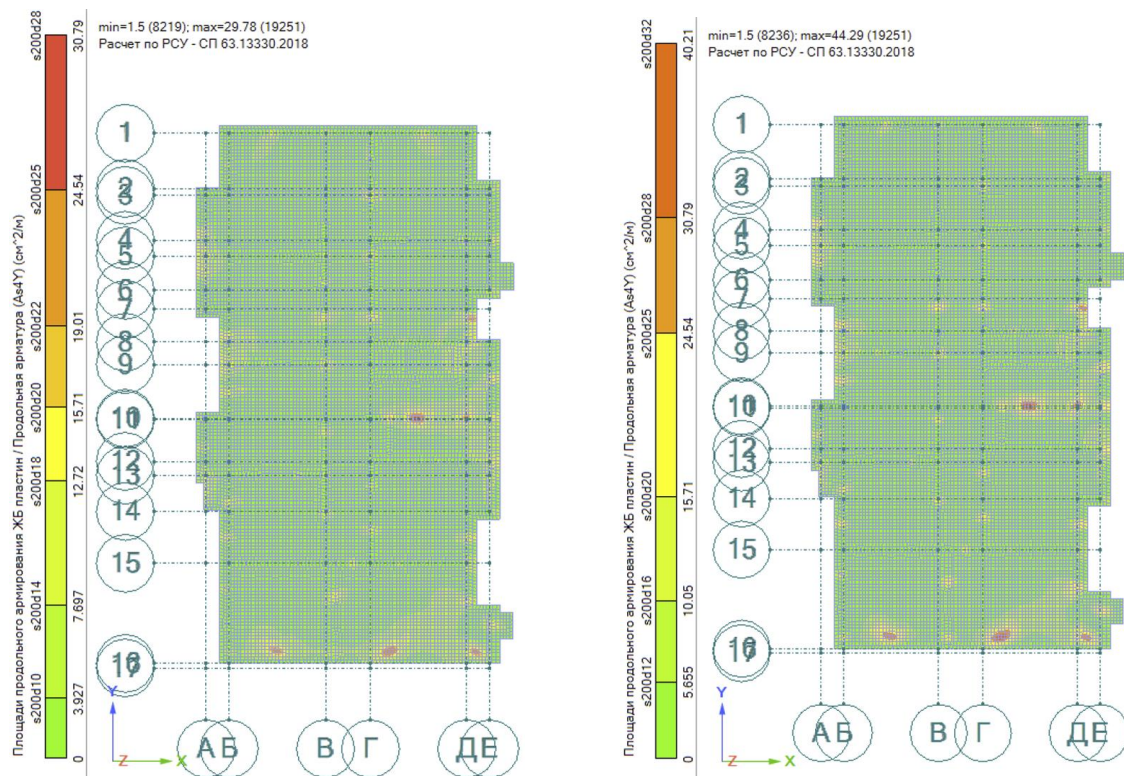


Рис. 7. Нижняя арматура (2-й ряд) в ростерке при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), см<sup>2</sup>/м.

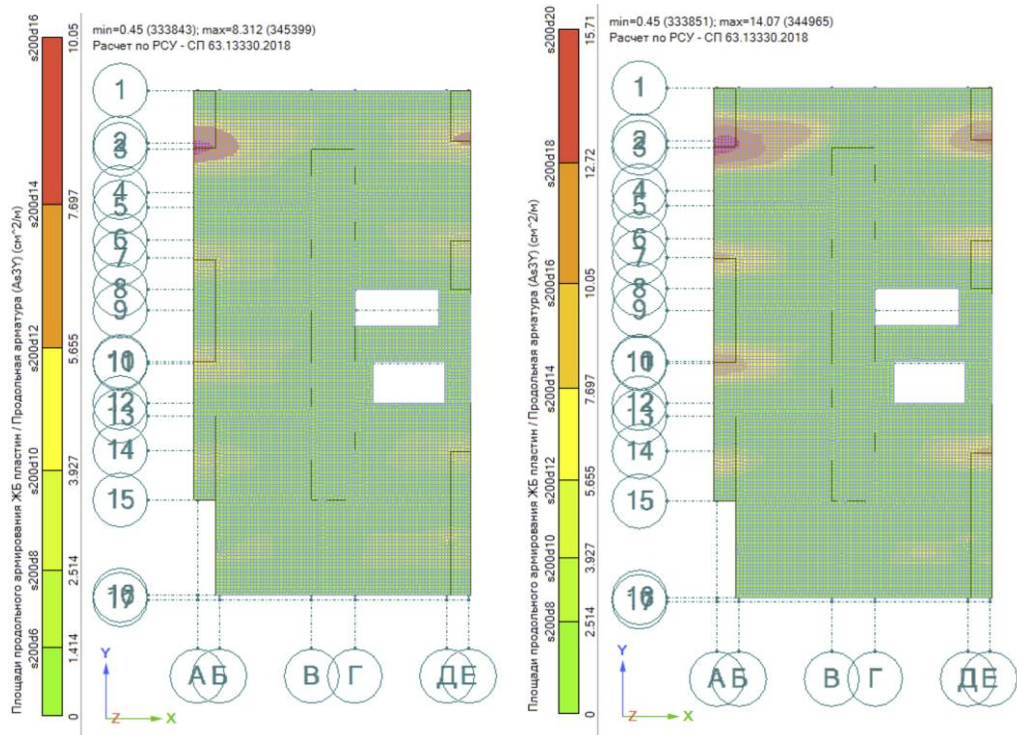


**Рис. 8.** Верхняя арматура (3-й ряд) в ростровке при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), см<sup>2</sup>/м.



**Рис. 9.** Верхняя арматура (4-й ряд) в ростровке при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), см<sup>2</sup>/м.

Примечательно, что разность результатов наблюдается не только в конструкциях нижней части здания, которые при применении режима «Монтаж» меняли своё напряженно-деформированное состояние на каждом шаге расчёта, но и на верхних конструкциях. В качестве примера – требуемое расчётное армирование в плите перекрытия над 13-м этажом.



**Рис. 10.** Нижняя арматура (1-й ряд) в плите над 13-м этажом при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа),  $\text{см}^2/\text{м}$ .



**Рис. 11.** Нижняя арматура (2-й ряд) в плите над 13-м этажом при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа),  $\text{см}^2/\text{м}$ .

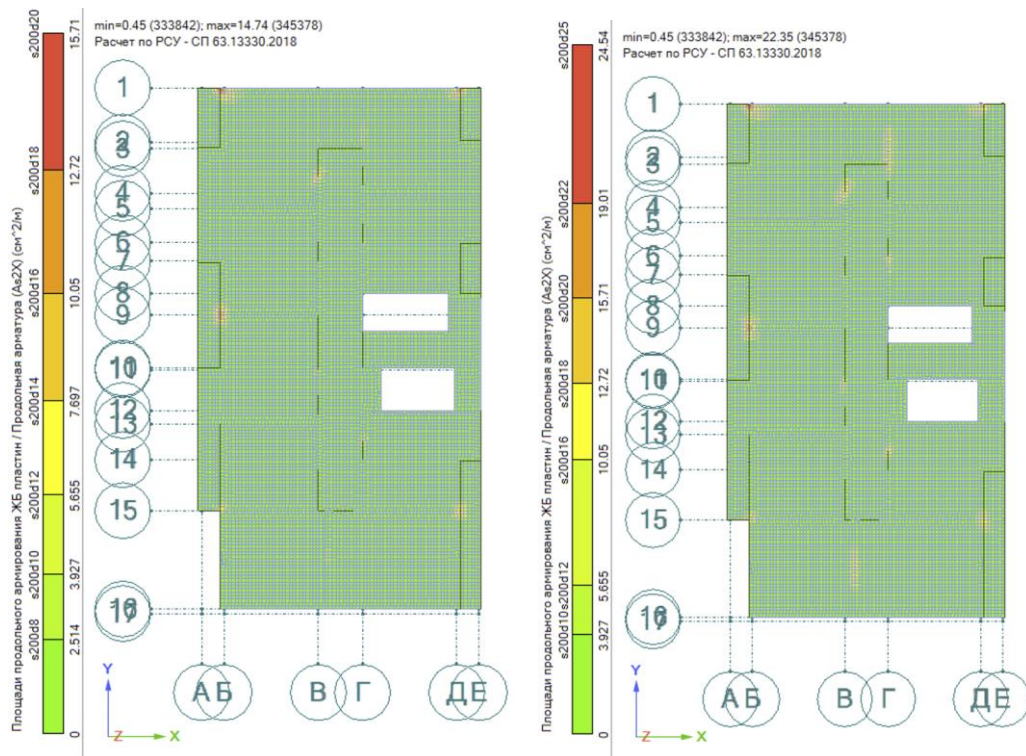


Рис. 12. Верхняя арматура (3-й ряд) в плите над 13-м этажом при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), см<sup>2</sup>/м.

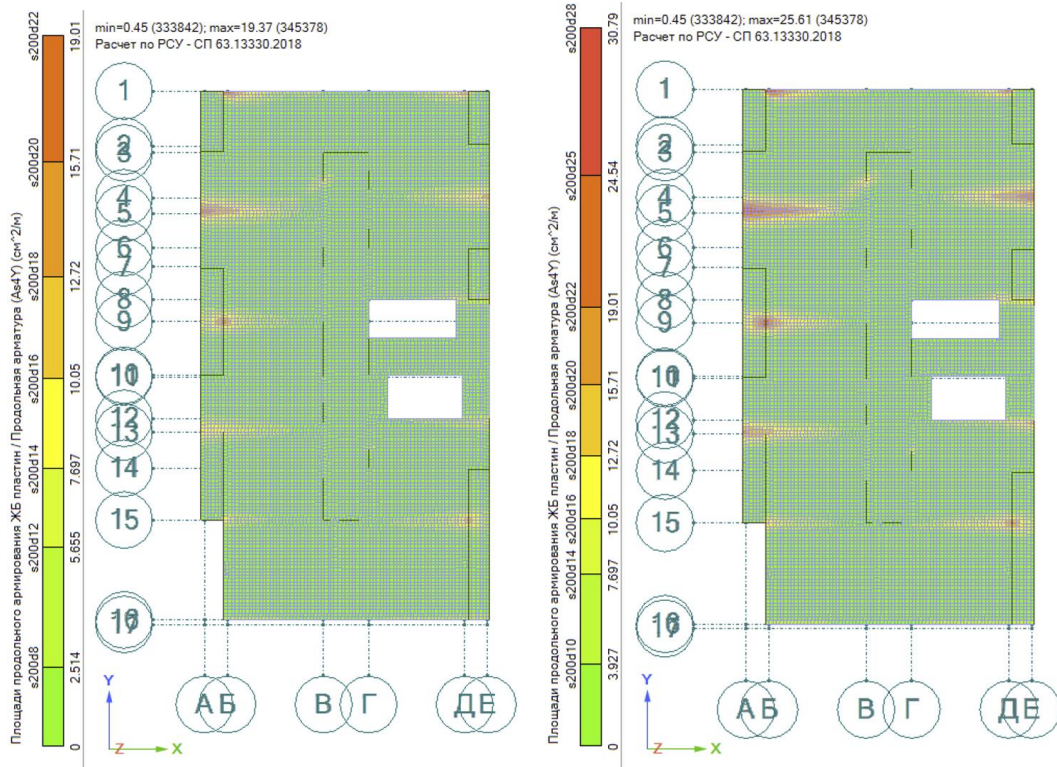


Рис. 13. Верхняя арматура (4-й ряд) в плите над 13-м этажом при применении линейного расчёта (слева) и при использовании режима «Монтаж» (справа), см<sup>2</sup>/м.

## ВЫВОДЫ

Результаты проведённых расчётов схемы в двух постановках задачи - по линейной методике без учёта последовательности возведения и по методике моделирования процесса фактического строительства (режим «Монтаж») показывают существенную разность как в напряжённо-деформированном состоянии конструкций, так и в конструктивных результатах – требуемом армировании. Таким образом доказана важность учёта последовательности возведения строительных конструкций здания моделированием этапов его возведения - применение режима «Монтаж» в расчётном программном комплексе. Развитием методики моделирования поэтапного возведения здания могло бы стать детальное моделирование процессов постепенного набора прочности несущих конструкций самого здания (путём поэтапного изменения жесткостных характеристик несущих конструкций, что уже может быть реализовано имеющимся инструментарием, реализованным в расчётном программном комплексе ЛИРА10.12) и моделирование реологических процессов в грунтовом массиве основания под зданием (развития осадок во времени на период не только строительства, но и эксплуатации здания с применением нелинейных математических моделей грунта).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Хаймин, Д. И.* Информационное моделирование на этапе возведения строительного объекта // Молодой ученый. — 2022. — № 50 (445).
2. *Канев Д. А.* Применение модуля Монтаж для расчета высотных зданий в ПК ЛИРА 10. База знаний ЛИРА софт. Заметка эксперта. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=KiClqEQW634>
3. *Низина Т. А., Ошкина Л. М., Сельдюшов А. А.* Анализ совместной работы Autodesk Revit и ПК Лира 10.10 [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2021. – №6. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/analiz-sovmestnoj-raboty-autodesk-revit-i-pk-lira-10-10>
4. *Секулович М.* Метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1993. 660с.
5. *Кравченко Г.М., и др.* Применение информационного моделирования при исследовании уникальных объектов параметрической архитектуры. // Инженерный вестник Дона, №1 (2019).
6. *Талапов В. В.* Основы BIM – введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК-Пресс, 2011. 392с.
7. *Талапов В. В.* Технология BIM: Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 410с.

# ОБЛАЧНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФОТО КОНТРОЛЛИНГА ИСТОРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Н.А. Гаряев<sup>1</sup>, Ахмед Раафат Али Ахмед<sup>2</sup>, Мохамед Хассан Агтаи Мохамед Агтаи<sup>3</sup>,  
Эль Мавед Ахмад<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>[garyaev@mgsu.ru](mailto:garyaev@mgsu.ru)

<sup>2</sup>[rafat.alitai205@gmail.com](mailto:rafat.alitai205@gmail.com)

<sup>3</sup>[ahmadalazze10@mail.ru](mailto:ahmadalazze10@mail.ru)

<sup>4</sup>[a.a.mawed@gmail.com](mailto:a.a.mawed@gmail.com)

## Аннотация

Облачная автоматизированная система фото контроллинга истории выполнения строительных работ - это инструмент, который позволяет эффективно управлять процессом строительства и отслеживать прогресс работ с помощью фотографий. Система может работать в облаке, что позволяет участникам проекта получать доступ к ней с любого устройства с интернет-подключением. Система фото контроллинга содержит базу данных фотографий, которые постоянно обновляются в ходе строительных работ. Каждая фотография может быть привязана к определенному этапу работ и сопровождаться описанием и комментариями.

## ВВЕДЕНИЕ

С появлением инноваций в строительстве, основанных на IT-решениях, отрасль начала модифицироваться и выходить на новые уровни. Контроль строительных работ — это один из важнейших моментов современной строительной отрасли, особенно в кризисные времена.

Многие компании внедряют различные инструменты, которые дают возможность удаленно обмениваться данными по проекту в единой информационной среде без посещения объекта строительства и позволяют удаленно контролировать различные процессы на стройке.

Поскольку в управлении строительными проектами на данный момент важна скорость и эффективность реализации, а без применения автоматизированной системы управлять и контролировать качество строительных работ в таких комплексных, как сейчас, современных объектах практически невозможно.

При выполнении строительных работ необходим непрерывный контроль за всем происходящим на стройке. Контролировать нужно постоянно и особенно скрытые работы.

Использование новых информационных технологий значительно упрощает процесс контроля за работой строителей и упрощает отчетность для самих строительных организаций. Очевидно, что развитие информационных технологий и внедрение автоматизированных систем с облачными технологиями в строительство позволяет усовершенствовать и облегчить решение этой задачи.

Применение облачной фотофиксации значительно упрощает процесс контроля за работой строителей. Упорядоченное хранение снимков и сравнение “было-стало” в цифровом виде, а также фиксация скрытых работ становится дополнительной весомой возможностью контроля для технического заказчика.

Полезность фотофиксации истории событий на строительной площадке во много раз возросла во время пандемии, следовательно фотографии хода строительных работ становятся важным фактором при сохранении рабочих мест, поскольку многие сотрудники уже не могут находиться на объекте.

На Западе в строительной отрасли давно осознали необходимость перехода на цифру, благодаря которому управленцы получают необходимые данные о ходе строительства в разных разрезах: финансы, сроки, качество, технологии и т.п.

Например, можно выделить немецко-американскую компанию HoloBuilder. Они предлагают программно-аппаратный комплекс, позволяющий фиксировать фотографии в режиме 360°. Человек, осматривающий стройку, надевает на голову специальное устройство, идентифицирующее себя на чертеже, и начинает обход. В результате получается объемное изображение, такое как Google Street View, но строящегося объекта.

Также есть такая компания, как Multivista, которая предлагает услуги по сбору данных на строительной площадке с использованием новейших технологий. Это фото/видео запись. Также в их арсенале есть технология создания виртуального посещения объекта, реализация которого также происходит благодаря съемке в режиме 360°.

Цель представленной работы: разработка облачной автоматизированной системы фото контроллинга ведения истории выполнения строительных работ для повышения оперативности ведения истории контролируемых органов.

В настоящее время процессом контроля занимается специалист строительного контроля, однако он не может контролировать все виды работ на строительной площадке. На решение этой проблемы направлена предлагаемая разработка автоматизированной системы фото контроллинга ведения истории выполнения строительных работ.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Провести анализ подходов по решению задач автоматизированной системы облачной фотофиксации истории событий на строительной площадке.
2. Изучить Российский и зарубежный опыт.
3. Изучить особенности и проблемы удаленной фотофиксации.
4. Изучить особенности калибровки камер и пути повышения точности
5. фото.
6. Разработать блок-схему и алгоритм автоматизированной системы облачного хранения и доступа.
7. Разработать программную реализацию автоматизированной системы облачной фотофиксации истории событий на строительной площадке на основе разработанного алгоритма.
8. Провести апробацию системы на реальном примере.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В новых реалиях, когда можно применять технологии и цифровые решения, работу специалиста строительного контроля можно существенно упростить, а также поднять продуктивность всего проекта за счет сокращения времени на ряд рутинных процессов.

Автоматизация строительного контроля помогает организациям ускорять темпы строительства, повышать оперативность некоторых работ с подрядчиками. Удаленный фото контроль позволяет заказчикам и генподрядчикам экономить бюджеты за счет раннего выявления нарушений и снижать трудозатраты на проведение этой обязательной процедуры.

Благодаря инструментам удаленной фотофиксации инженеры, соответственно, не перестанут приходить на объекты, но их работа станет менее трудоемкой, а их руководителем станет намного проще управлять процессом строительства даже удаленно и, собственно, минимизировать риски срыва сроков проекта.

Дистанционная фотосъемка строительных мероприятий включает в себя различные технологии, позволяющие физически не находиться на строительной площадке, а проверять проект. Дистанционный контроль, дистанционный фотоконтроль строительства может использовать ряд инструментов и может быть применен к:

1. Общему контролю над проектом через облачное приложение: просмотр журнала выполненных работ, задержек, сбор доказательств, запросов.
2. Анализу продуктивности специалистов, т.е. отслеживанию их деятельности.
3. Здоровье и безопасность: обнаружение объектов камерами, отслеживающими опасные действия (например, персонал на площадке без шлемов).

Удаленная фотофиксация дает возможность управлять проектом удаленно, в офисе или откуда угодно, причем не одним проектом, а несколькими, чтобы видеть ход работ по каждому, используя не только дорогостоящие системы удаленного мониторинга (дроны), но также камеры и цифровые приложения для надзора за строительством.

Дистанционная фотосъемка имеет следующие преимущества:

1. Экономить деньги. Удаленная фотосъемка строительства может повысить производительность, улучшить управление временем и сократить количество отходов.
2. Экономия человеческих ресурсов. Охватывайте несколько областей камерами и передавайте данные на устройства. Верификатору не обязательно проходить все объекты и все точки. Информация отправляется на компьютер или другое устройство для анализа ситуации.
3. Охрана труда и техника безопасности. Рабочие всегда находятся под контролем и, соответственно, контролируется соблюдение техники безопасности на стройке
4. Контроль и мониторинг строительной площадки из любой точки мира. Это стало возможным благодаря Интернету и мобильным технологиям. Нет необходимости в постоянном личном присутствии на строительной площадке для контроля за ней и внесения необходимых работ и корректировок процесса.

Дистанционная фотофиксация строительных мероприятий подразумевает полную фиксацию дефектов, нарушений и проблем на объекте в цифровом виде. В отличие от обычного устранения выявленные недостатки устраняются сразу без обращения, так как перечень недостатков направляется в виде отчета непосредственно с объекта всем ответственным и руководителю объекта. Вместо задержек в несколько дней, как это обычно происходит, когда информация собирается и передается традиционным путем, т.е. проводится инспекция на месте, собираются факты, потом в офисе систематизируется и обрабатываются данные, которые формируются в отчет, далее отчет направляется руководителю и т.д., в несколько кликов информация доносится до руководителя и согласуется незамедлительно в приложении.

Использование облачных сервисов и программ на этапе строительства немного недооценен. Основной проблемой является то, что у многих управленцев нет видения как может заработать строительство с применением современных информационных технологий.

Второй проблемой можно выделить сложность решений, которые предлагают айтишники. На стройплощадке объем и разнообразность информации, количество взаимодействий между участниками строительства может испугать любого ИТ-директора. ИТ-департаменты разрабатывают такие программы, которые, по их мнению, должны упрощать жизнь, а по факту происходит наоборот. Причина всему этому - недружелюбный и непроработанный пользовательский интерфейс. Следовательно, нельзя прорабу и инженеру технадзора давать такой же сложный в использовании продукт, как проектировщику и руководителю проектов. Никто не учитывает специфику работы. Офисные работники и люди на стройке отличаются, они видят мир по-разному.

Также еще одной проблемой удаленной фотофиксации можно выделить неполадки с Интернет-соединением. Если оно нарушается, то файлы, которые отправляются в облачное хранилище становятся недоступными. Это касается мобильных сетей.

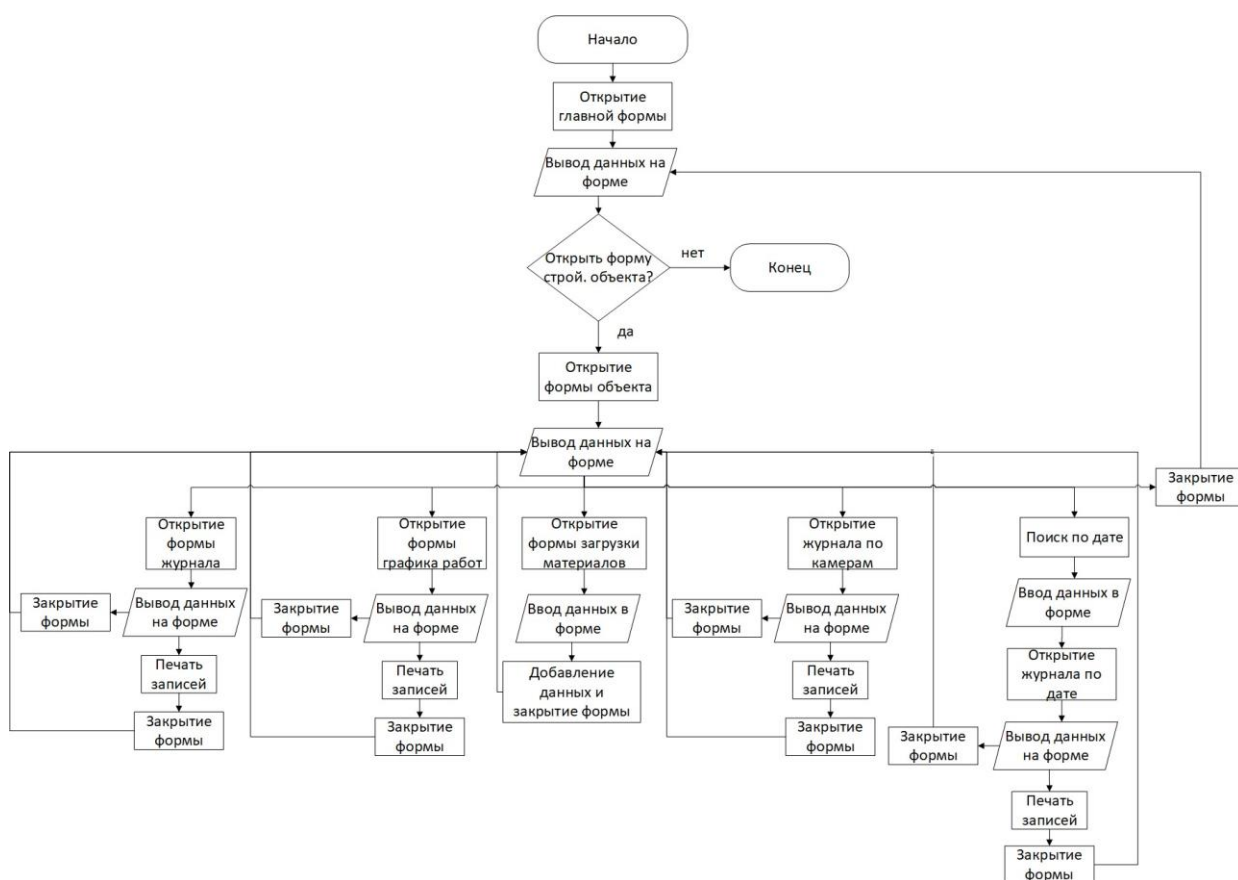
Таким образом, преимуществ у удаленной фотофиксации объектов строительства все-таки больше, чем недостатков. Контроль хода выполнения строительства с помощью



фото, загружаемого в облачное программное обеспечение, существенно экономит время и ресурсы, влияя на продуктивность всего проекта. Такие программные продукты помогают оценить состояние проектов на расстоянии без необходимости ежедневного посещения.

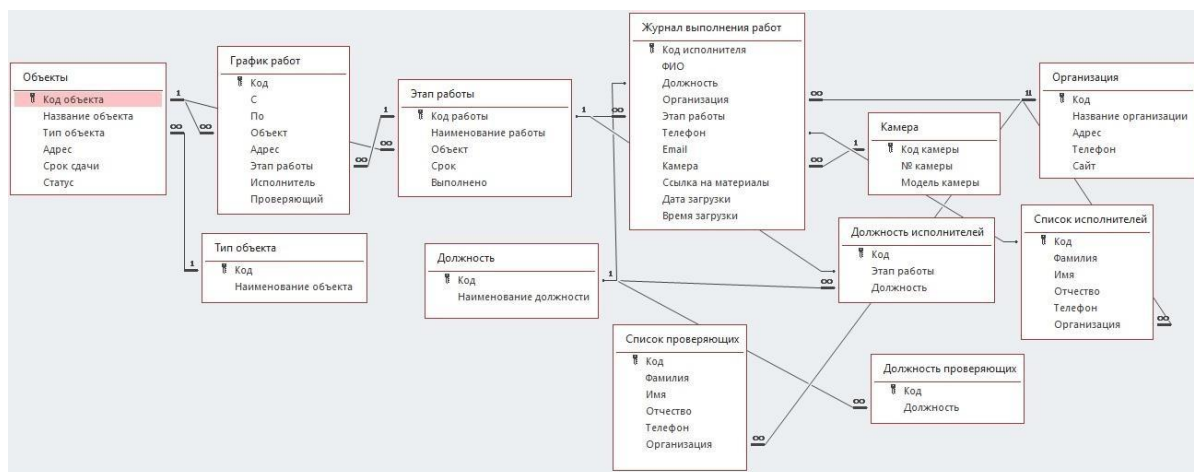
Структура автоматизированной системы облачного хранения и доступа представлена в виде блок-схемы и приведена на рисунке 1.

На основе блок-схемы создана база данных, включающая в себя доступ для исполнителей работ и для проверяющих. У каждого из них будет доступ к нужным им проектам строительства. У исполнителей будет возможность загрузки материалов с камер из облачного хранилища в форму, а также просмотр журнала выполнения всех работ. У проверяющих же будет возможность поиска фоторесурсов по определенной дате и по нужной ему камере, а также, как и у исполнителей будет возможность просмотра истории всех загруженных материалов со стройплощадки. Если у проверяющего возникнут какие-то вопросы или замечания к исполнителю работ, то тот сможет задать их через внедренную электронную почту. Также, если проверяющий захочет распечатать отчет загрузки материалов по какому-то дню, то у него будет такая возможность.



**Рис. 1.** Блок-схема структуры автоматизированной системы облачного хранения и доступа

База данных содержит в себе такие объекты как «Таблицы», «Запросы», «Формы» и «Макросы». База данных содержит 12 таблицы. Эти таблицы должны быть связаны между собой для структурирования запросов, каждая из которых находится в отношении «один ко многим». Схема данных приведена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Схема данных

Апробация системы облачного программного продукта проводилась на примере волгоградской строительной организации «Евробилд», которая имеет у себя 2 строящихся объекта – магазин «Леруа Мерлен» и торговый центр «Либерти».

Разработанная система включает в себя доступ для исполнителей работ и для проверяющих, например, исполнителями работ в данной системе будут подрядные организации, а проверяющим будет инженер по надзору.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, в результате выполнения работы была достигнута цель и решены поставленные задачи.

Был проведен анализ подходов по решению задач автоматизированной системы облачной фотофиксации истории событий на строительной площадке.

Был изучен Российский и зарубежный опыт во внедрении фото контроллинга.

Сформирована блок-схема структуры автоматизированной системы облачного хранения и доступа.

Изучены особенности калибровки камер и пути повышения точности фото. Также рассмотрены особенности и проблемы удаленной фотофиксации.

Разработана автоматизированная система облачной фотофиксации истории событий на строительной площадке на основе разработанного алгоритма.

Выполнена апробация системы на реальном примере Рисунок 3 и 4.

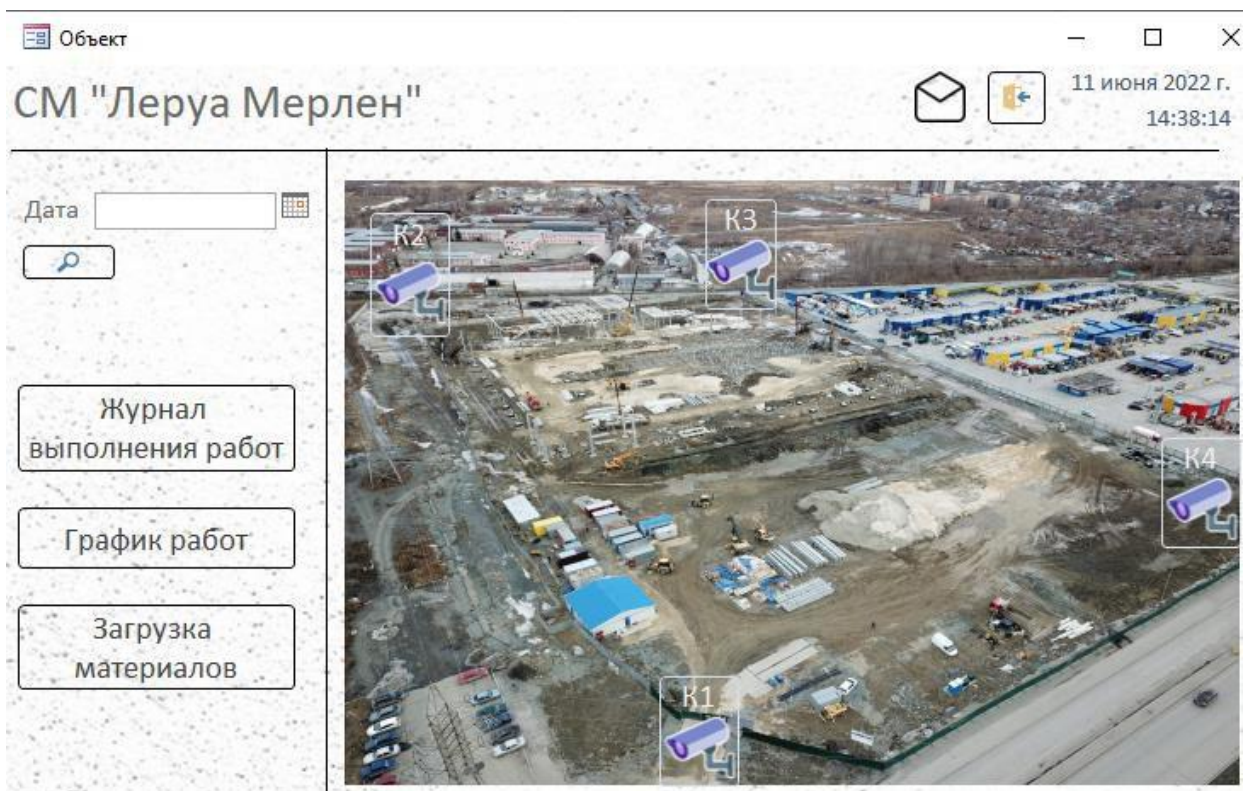


Рис. 3. Страница «Объект»

| ФИО                           | Наименование организации | Этап работы                               | Email            | Телефон           | Камера | Ссылка на материалы   | Дата загрузки | Время загрузки |
|-------------------------------|--------------------------|---|------------------|-------------------|--------|---|---------------|----------------|
| Афанасьев Константин Олегович | ООО "Стройподряд"        | Рытьё котлована или траншей под фундамент | Stpd14@yandex.ru | +7(924)-234-32-42 | 1      | <a href="https://disk.yandex.ru/d/VmAQFomK1UlnA">https://disk.yandex.ru/d/VmAQFomK1UlnA</a>   | 26.05.2022    | 15:44          |
| Афанасьев Константин Олегович | ООО "Стройподряд"        | Рытьё котлована или траншей под фундамент | Stpd14@yandex.ru | +7(924)-234-32-42 | 2      | <a href="https://disk.yandex.ru/d/H-rfOBKlfmzogQ">https://disk.yandex.ru/d/H-rfOBKlfmzogQ</a> | 26.05.2022    | 15:46          |
| Афанасьев Константин Олегович | ООО "Стройподряд"        | Рытьё котлована или траншей под фундамент | Stpd14@yandex.ru | +7(924)-234-32-42 | 3      | <a href="https://disk.yandex.ru/d/ktJ9Oz0qaviMQ">https://disk.yandex.ru/d/ktJ9Oz0qaviMQ</a>   | 26.05.2022    | 15:55          |
| Афанасьев Константин Олегович | ООО "Стройподряд"        | Рытьё котлована или траншей под фундамент | Stpd14@yandex.ru | +7(924)-234-32-42 | 4      | <a href="https://disk.yandex.ru/d/MVS-mphzKrl4dg">https://disk.yandex.ru/d/MVS-mphzKrl4dg</a> | 26.05.2022    | 16:21          |
| Максимов Максим Максимович    | ООО "Альфа"              | Строительство и гидроизоляция             | alfa@yandex.ru   | +7(925)-323-42-42 | 2      | <a href="https://disk.yandex.ru/d/MpAGUT7ywEkh3Q">https://disk.yandex.ru/d/MpAGUT7ywEkh3Q</a> | 27.05.2022    | 14:49          |
|                               |                          |   |                  |                   |        |   |               | 16:16          |

Рис. 4. Журнал выполнения работ

Разработанная облачная автоматизированная система фото контроллинга ведения истории выполнения строительных работ позволяет предварительно оценивать процент выполнения некоторых видов работ, вести журнал событий на строительной площадке, а также проводить удалённые инспекции прямо во время онлайн совещаний. Данные о ходе выполнения каждого проекта всегда доступна в режиме реального времени.

В качестве инструментальных средств, которые использовались при создании системы, применялась такая программа как Microsoft Access для разработки базы данных и облачный сервис Яндекс.Диск для хранения фотоматериалов.

Разработанное программное средство имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс взаимодействия с пользователями. В системе предусмотрена возможность просмотра не только всех материалов сразу, но и также определенных, которые возможно получить при помощи создания запросов. А также связываться через электронную почту с пользователями, которые загрузили данные материалы, все это позволяет своевременно и оперативно выявлять недочеты, ошибки в строительных работах.

## **ВЫВОДЫ**

Подводя итоги, разработанный облачный программный продукт позволяет выполнять все задачи, которые необходимы для эффективного фото контроля ведения истории выполнения строительных работ.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
2. *Гранкин С.Л., Горяев Н.А.* История и принципы технологии создания веб-приложений и веб-сервисов ASP.NET Научное обозрение. 2015. № 14. С. 241-244.
3. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
4. *Гаряев Н.А., Горяева В.В., Рыбина А.В.* Разработка имитационной модели анализа проектных решений удаленных строительных объектов с точки зрения обеспечения строительными материалами и конструкциями. Научное обозрение. 2015. № 13. С. 395-398.
5. *Гаряева В.В.* Разработка методики взаимодействия программных комплексов ALLPLAN и CINEMA 4D в сборнике: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 404-407.
6. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Комплексная оценка технического состояния жилищных проектов на основе компьютерных технологий. Вычисление в трудах гражданского и строительного машиностроения 2014 Международная конференция. 2014. С. 1336-1343.
7. *Garyaev N.A.* Geographically distributed learning network construction industry В сборнике: Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1578-1585.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КООРДИНАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

В.В. Гаряева<sup>1</sup>, С.В. Парфенов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>[garyaevavv@mgsu.ru](mailto:garyaevavv@mgsu.ru)

<sup>2</sup>[sergvirtyoz@yandex.ru](mailto:sergvirtyoz@yandex.ru)

## Аннотация

Автоматизация процесса координации проектных работ - это использование специальных инструментов и технологий для упрощения и ускорения согласования и координации работ, которые выполняются в рамках проекта. Это может включать в себя использование специальных программных систем для управления проектами, систем электронной коммуникации и совместной работы, а также инструментов для отслеживания прогресса проектных работ и управления рисками.

Основная цель автоматизации процесса координации проектных работ состоит в том, чтобы сделать работу более эффективной и упростить ее для участников проекта.

## ВВЕДЕНИЕ

Последние десятилетия наблюдается рост количества проектов, которые были разработаны с помощью автоматизированных систем. Для решения задач, связанных с управлением сложносоставными проектами не обойтись без средств автоматизации.

Управление проектами должно быть основано на возможности анализа проекта как во время его выполнения, так и после завершения отдельного этапа или всего процесса. Это означает то, чтобы анализировать освоенный объем работ, нужно иметь возможность сравнивать основные показатели проекта и плановые показатели проекта.

Проектные работы являются неотъемлемой частью инвестиционного цикла. Из общего объема строительных вложений доля проектных работ невелика. Эта доля обычно составляет от 5 до 7%, реже от 10 до 12%. Однако, проектирование - очень важный этап инвестиционного цикла, влияющий на скорость и стоимость строительства и последующей эксплуатации, и требующий для своего осуществления высококвалифицированных специалистов.

Большинство западных и менее крупных российских проектных организаций в последние годы перешли на САПР, так называемые системы автоматизированного проектирования. За последние 20 лет капитал вооружённости проектировщиков в США вырос примерно до 30 раз. Производительность труда за этот период выросла почти в 2,5 раза. За тот же период в России и бывших советских республиках этот показатель вырос только на 5%. Согласно российским архивам, количество российских проектировщиков примерно в 1,3 раза больше по сравнению со специалистами из США, однако этот показатель не даёт нам увеличить объём выполняемых работ, поскольку в этом параметре мы уступаем американским специалистам практически в 2 раза.

При всём при этом перед созданием систем автоматизированного проектирования, необходимо провести экономический анализ, поскольку по словам начинающих компаний, а также средних фирм, которые уже уверенно закрепились на рынке, использование услуг специалистов из других компаний, более экономически выгодно, нежели формирование и создание собственного штата квалифицированных специалистов, выполняющих эти услуги.

Управление строительством предполагает использование определенных методов и навыков для реализации процесса. Важна последовательность шагов и взаимодействие на разных этапах реализации проектов в строительстве. Большинство из них строго регламентированы действующими нормативными документами.

Для управления взаимодействием участников строительства используются процессы проектного менеджмента, приведенные в соответствующих национальных стандартах.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Цель работы заключается в автоматизации процессов координации проектных работ, позволяющих сократить сроки выполнения работы, а также качественно улучшить процесс работы, исключая при этом человеческий фактор.

Задачи, которые решены в рамках работы:

1. Анализ Российского и мирового опыта автоматизации координации проектных работ на базе информационного моделирования.
2. Рассмотрены существующие решения по автоматизации координации проектных работ на базе информационного моделирования.
3. Разработка алгоритм работы автоматизированной системы для координации проектных работ на базе информационного моделирования.
4. Создание автоматизированной систему для последующей апробации на ее основе процесса координации проектных работ на базе информационного моделирования.

Управление проектами должно быть основано на возможности анализа проекта, как во время его выполнения, так и после завершения этапа или всего процесса. Это означает что, чтобы анализировать освоенный объем работ, нужно иметь возможность сравнивать основные показатели проекта и сравнивать плановые показатели проекта.

Например:

- плановая стоимость выполненных услуг с фактической стоимостью выполненных работ;
- прогнозируемая стоимость запланированных работ.

Одним из ключевых элементов системы автоматизации управления проектами является прогнозирование.

Это функционально должно определять:

- оптимистическую стоимость работ;
- пессимистическую стоимость работ проекта;
- прогнозирование, которое базируется на расписании проекта;
- варианты лучших статистических прогнозов, а также расчёт параметров, характеризующих эффективность по каждому варианту.

Также, более важная функция системного управления проектами - это возможность интеграции с системами учета затрат и контроля за выполнением работ.

Желательно наличие такого функционала, как управление документами проекта. Этот функционал можно реализовать либо в сторонней программе, которая интегрирована с системой управления или непосредственно внутри системы. Систем управления документами позволяет разделить доступ к папкам документов и заблокировать файлы для монопольного редактирования, контролируя при этом версии документа.

Как правило, в промышленную систему управления проектами входят определенные требования. В настоящее время на рынке существует множество программных продуктов, предназначенных для решения задач такого рода.

Проектная работа – создание документации, включающей в себя документы в текстовом и графическом формате и определяющей технические решения для строительства объектов строительства с их частями или сдачи объектов в эксплуатацию.

Проектная документация формируется в объеме, исходя из требований Постановления Правительства РФ №87 от 16.02.2008 г. (ред. от 27.05.2022) "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" и необходима заказчику для прохождения государственной или негосударственной экспертизы и получения разрешения на строительство объекта.

Использование автоматизированных систем для координации проектных работ дает следующие неоспоримые преимущества, такие как: осуществление коммуникации команды проекта в режиме реального времени; своевременное обновление документации, обеспечивающее наглядность и доступность для всех участников; возможность осуществлять контроль над расходами в ходе работы над проектом, а также управлять рисками и прогнозировать результат; повышается возможность своевременного решения возникающих проблем, благодаря наличию отчетов и оперативного доступа к данным.

Сегодня на данный момент в связи с возникшей политической ситуацией нарушена автоматизация координации проектных работ для сотрудников, поскольку наложенные санкции на наше государство не позволяют использовать ряд программных комплексов, в которых данная автоматизация была реализована. Одним из таких программных комплексов является BIM 360, функционал которого позволяет осуществлять такое взаимодействие между сотрудниками компании при создании проектной документации.

В современном мире при появлении облачных хранилищ, заметно сократилось время, необходимое для передачи какой-либо документации. При этом облачные хранилища позволили нам избавиться от хранения больших объёмов макулатуры, черновиков, которые скапливались до завершения проекта.

На сегодняшний день строительная отрасль активно использует облачные технологии. Однако, технологии не стоят на месте и появляются новые решения, при этом проекты становятся все сложнее и сложнее, требуя вовлечения большего количества специалистов. За последние годы к облакам с целью коммуникации подключаются мессенджеры и прочие приложения, позволяющие улучшить взаимодействие сотрудников. Многократное увеличение количества разнообразных коммуникативных приложений приводит к тому, что происходит недопонимание, а также потеря важной информации или срыв сроков и бесполезная работа над устаревшими вариантами проекта и как итог его удорожание.

Компания Autodesk, учитывая все возможности облаков, а также все недостатки предыдущего опыта при их использовании, укомплектовала все основные используемые приложения, а также удалила все лишнее, которые, наоборот, только мешали взаимодействию, добавила новое — и в результате получила новый программный комплекс с возможностью облачного сервиса BIM 360 (рисунок 1).

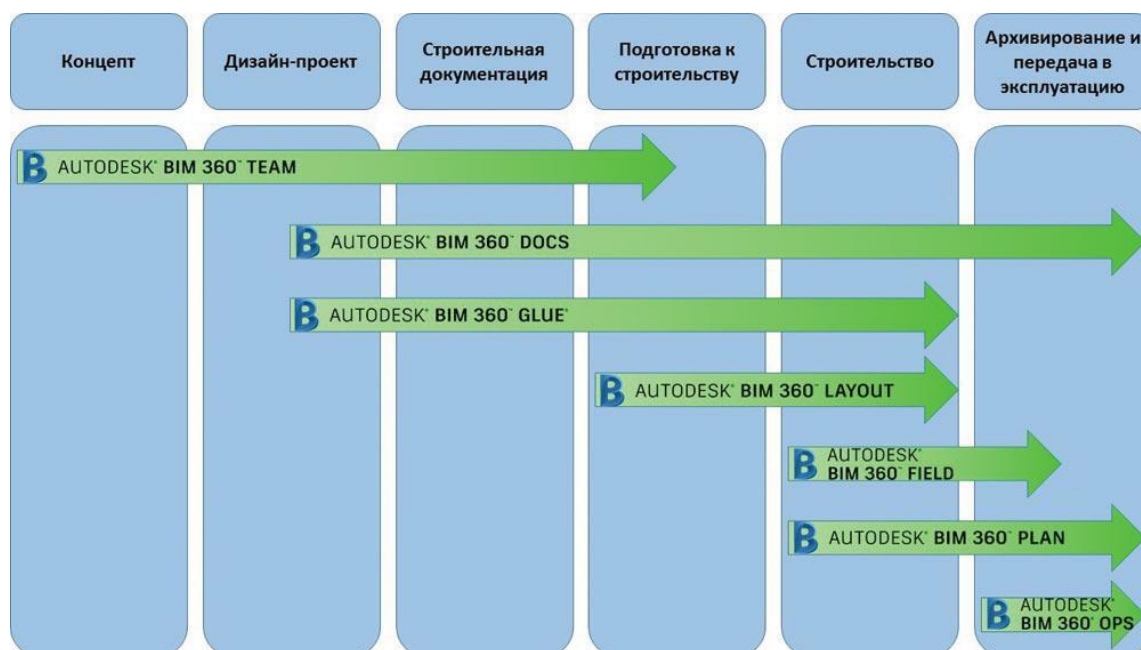


Рис. 1. Работа в ПО BIM 360

Autodesk BIM 360 — это комплекс облачных сервисов, которые используются на разных стадиях, например на стадии проектирования и строительства, при этом доступ к

ним осуществляется как из настольных приложений, так и существует возможность получить доступ с мобильных устройств. BIM 360 позволяет объединить всех участников строительного процесса, тем самым ускорив реализацию проекта и снизив риски.

Облачные решения Autodesk позволяют организовать совместную работу, вести менеджмент, управлять проектами, средствами и строительным производством, планировать строительный процесс, выносить модели на строительную площадку и проводить анализ, а на финальном шаге — спрогнозировать планы по эксплуатации и назначить ответственных за обеспечение технической поддержки объекта (рисунок 2).



Рис. 2. Объединение в ПО BIM 360

BIM 360 Team — программный комплекс, который предназначен для разработки проекта. Этот сервис позволяет хранить до 500 Гбайт проектных данных, просматривать более 50 2D и 3D форматов, при этом объединив всех участников проекта, а также оставлять контекстные комментарии и замечания к проекту, сравнивать версии, в режиме реального времени проводить обсуждение модели в любом месте с любого устройства (рисунок 3).

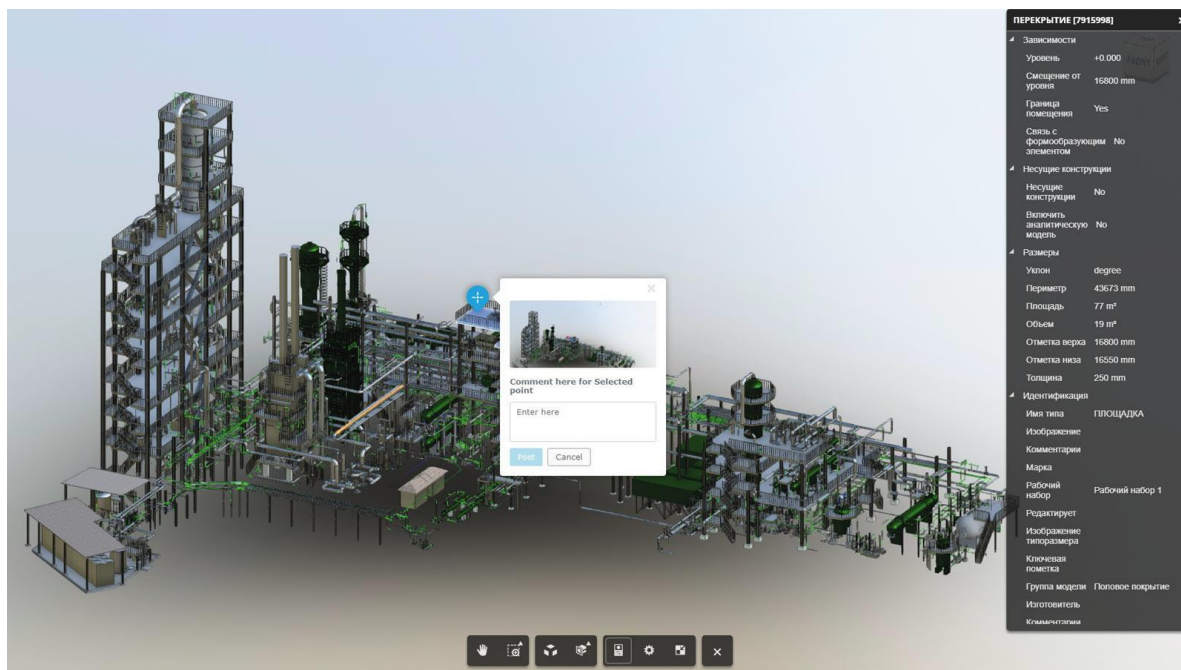


Рис. 3. Обзор модели в BIM 360 Team и инструмент создания контекстных комментариев

BIM 360 Glue — программный комплекс, обеспечивающий координацию и проверку моделей. Он предоставляет широкий спектр возможностей (Рисунок 4 и Рисунок 5). Для проектировщиков это инструмент проверки моделей на пересечения и взаимодействие. Например, BIM-менеджеру или главному инженеру проекта этот инструмент даёт возможность уменьшить время при сборке модели в Autodesk Navisworks: поскольку все



модели уже проверены на пересечения, можно, не расходуя на это время, заняться более конкретными проверками согласно нормативным документам, построением планов графиков и их визуализацией, а также сформировать спецификацию по всей модели.

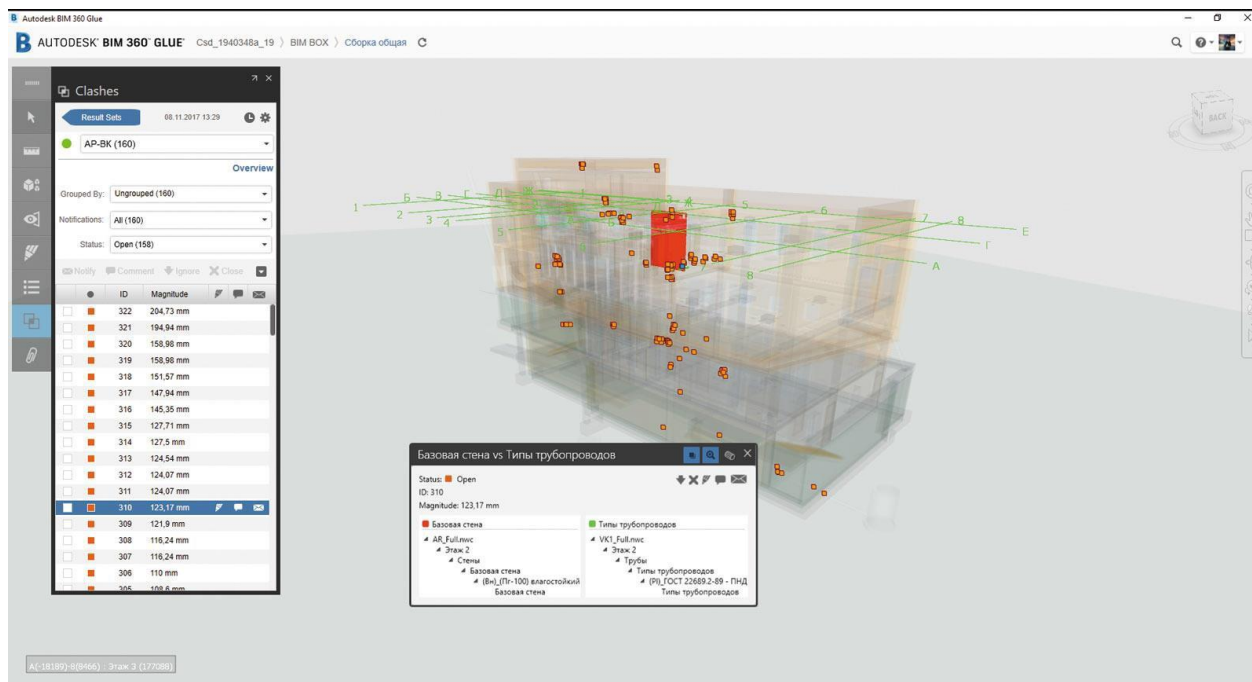


Рис. 4. Поиск пересечений в BIM 360 Glue

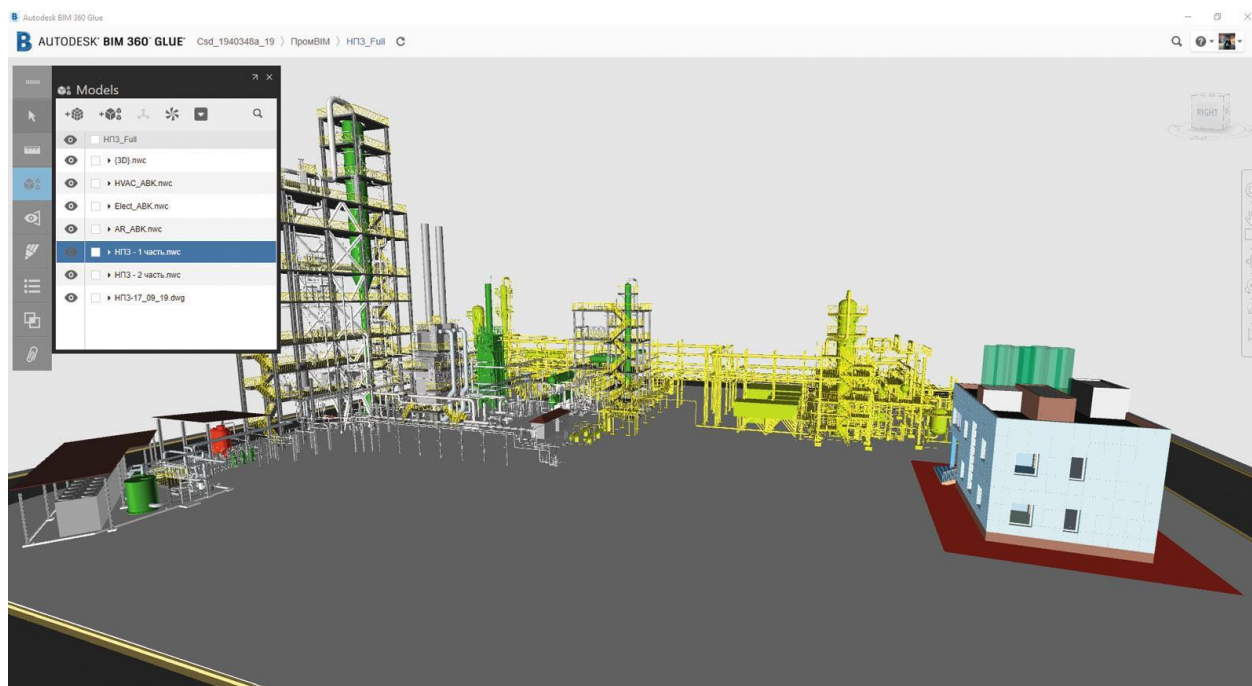


Рис. 5. Координация разделов и обзор модели в BIM 360 Glue

Для стройки же это в первую очередь 3Dмодель на площадке, доступная с планшетов. Для геодезистов, позиционируя их местоположение в 3Dмодели, инструмент позволяет выносить модель на натуральную величину и в режиме реального времени увидеть, какой именно элемент должен располагаться в данной точке съемки, а также осуществлять анализ коллизий от проектных данных возведенных элементов.

BIM 360 Layout — комплекс, который в первую очередь служит в помощь геодезистам. Который с помощью Glue позволяет выносить модель на площадку. Он позволяет уменьшить использование людских ресурсов и рационально использовать их в других работах (рисунки 4 и 5).

Из отзывов, к примеру, известно, что BIM 360 Team позволил увеличить скорость работы проектного отдела на 30%, Docs позволил опередить план график, с помощью Glue стали делать гораздо меньше ошибок и проекты стали более качественными, а с Layout геодезисты тратят в среднем в восемь раз меньше времени на расстановку точек на площадке.

В связи с уходом программного продукта BIM 360 с рынка встал дальнейший вопрос об автоматизации координации проектных работ в России.

Было решено создать сайт, позволяющий осуществлять автоматизацию координации проектных работ на базе отечественных программных комплексов, что в последствии позволит, увеличить скорость работы при той же эффективности.

Далее необходимо разработать и утвердить в компании организационную структуру, которая бы соответствовала требованиям САПР. Информация в компании должна быть распределена таким образом, чтобы исключить повторение информации у участников процесса проектирования. Необходимо организовать координацию между сотрудниками таким образом, чтобы каждый сотрудник имел четкую зону ответственности.

Выбирая программное обеспечение, необходимо брать во внимание работу в течение минимум пяти – шести лет. Необходимо определиться с ресурсами для баз данных и определить их количество, учитывая отказоустойчивость в распределении нагрузки на базу данных. нагрузки.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В результате работы был автоматизирован процесс координации проектных работ, позволяющий сократить сроки выполнения работы, а также качественно улучшить процесс работы, исключая при этом человеческий фактор.

Задачи, которые решены в рамках работы:

1. Проанализирован Российский и мировой опыт автоматизации координации проектных работ на базе информационного моделирования.
2. Рассмотрены существующие решения по автоматизации координации проектных работ на базе информационного моделирования.
3. Разработан алгоритм работы автоматизированной системы для координации проектных работ на базе информационного моделирования.
4. Создана автоматизированная система с последующей апробацией ее на основе процесса координации проектных работ на базе информационного моделирования.

## **ВЫВОДЫ**

Подводя итоги, можно отметить, что на сегодняшний день в связи с возникшей политической ситуацией нарушена автоматизация координации проектных работ для сотрудников, поскольку наложенные санкции на наше государство не позволяют использовать ряд программных комплексов, в которых данная автоматизация была реализована. Основываясь на все вышеперечисленные и упомянутые факты, в рамках работы создан сайт, который позволит обеспечить автоматизацию координации проектных работ и увеличить скорость при работе с проектной документацией, не теряя при этом эффективности, тем самым будет достигнута экономия временных и финансовых ресурсов на стадии проектирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
2. *Гранкин С.Л., Горяев Н.А.* История и принципы технологии создания веб-приложений и веб-сервисов ASP.NET Научное обозрение. 2015. № 14. С. 241-244.
3. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
4. *Гаряев Н.А., Горяева В.В., Рыбина А.В.* Разработка имитационной модели анализа проектных решений удаленных строительных объектов с точки зрения обеспечения строительными материалами и конструкциями. Научное обозрение. 2015. № 13. С. 395-398.
5. *Гаряева В.В.* Разработка методики взаимодействия программных комплексов ALLPLAN и CINEMA 4D в сборнике: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 404-407.
6. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Комплексная оценка технического состояния жилищных проектов на основе компьютерных технологий. Вычисление в трудах гражданского и строительного машиностроения 2014 Международная конференция. 2014. С. 1336-1343.
7. *Garyaev N.A.* Geographically distributed learning network construction industry В сборнике: Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1578-1585.

# КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ «УМНОГО ЗДАНИЯ» НА ПРИМЕРЕ ДЕТСКОГО ДОШКОЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

И.В. Шанюкевич<sup>1</sup>, Е.Д. Курганов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, д. 65,*

<sup>1</sup>*shaniukevich@gmail.com*

<sup>2</sup>*kurganovegor2000@gmail.com*

## Аннотация

Технологическое развитие и цифровая трансформация расширила функциональные возможности зданий, в том числе с применением систем «Умное здание». Технологии и различные элементы системы «Умное здание» становятся доступнее и привычнее пользователем, что увеличивает вероятность их внедрения не только в объекты нового строительства, но и при реконструкции эксплуатируемых зданий. При этом в меньшей степени уделяется внимание их применению в социально-значимые объекты, например, в детские дошкольные учреждения, несмотря на то, что с появлением детей в жизни каждого человека появляются иные приоритеты, ориентированные на безопасность, комфорт и развитие личности детей. В связи с этим, в статье рассмотрена концепция «умного» детского сада, сочетающего в себе как современные цифровые интерактивные методы в рамках формирования площадки «Цифровой детский сад» для развития личности детей разного дошкольного возраста, так и элементы системы «Умное здание» с разработкой адаптированных под детский сад сценариев, вариантом расстановки элементов системы и определением предварительной стоимости оборудования, разработки проекта и монтажа системы. Результаты проведенного исследования могут быть использованы при проектировании и строительстве современных детских садов, находящихся как на этапе ввода в эксплуатацию, так и подвергшиеся ремонтно-восстановительным работам.

## ВВЕДЕНИЕ

Построению и развитию системы образования во все времена уделялось повышенное внимание, а в связи с ориентацией Республики Беларусь на формирование современной цифровой экономики в стране цифровизация системы образования играет первостепенную роль. Цифровая трансформация системы образования заключается в том, чтобы эффективно и гибко применять новейшие информационные технологии как для повышения качества образовательного процесса, так и для перехода к персонализированному обучению [1]. Для этого предусматривается в том числе дальнейшее совершенствование технологической и информационно-коммуникационной инфраструктуры учреждений образования.

Следует отметить, что система образования включает в себя разные уровни, но самый нижний – это дошкольное образование, в связи с чем цифровизацию образования следует начинать именно с него, когда закладываются первоначальные знания об окружающем мире, вырабатываются принципы и привычки поведения, которые определяют в будущем взрослом сознательность и уважение к природе, другим людям и самому себе [2]. При этом необходимо формирование условий, при которых система образования обеспечит соответствие получаемых знаний и навыков изменяющимся требованиям как со стороны общества с учетом ранней интеллектуализацией детей, так и в связи с техническим прогрессом.

Вдобавок существует проблема нехватки мест в детских садах, которая особенно остро проявляется, когда активно застраивается новый микрорайон многоквартирными жилыми домами, в том числе для предоставления гражданам, состоящим на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий, в частности, молодым и многодетным

семьям. И часто строительство детских садов не успевает под нужды таких семей. При этом согласно [3] среди мероприятий в отношении системы образования, направленных на достижение качественного результата при их реализации, выделяется не только строительство, но и реконструкция зданий, относящихся к учреждению образования.

В свою очередь, формирование комфортной и эффективной образовательной среды является одним из ключевых направлений в проектировании и возведении современных детских садов и школ по всему миру, в том числе путем интеллектуализации зданий. При этом есть решения и для существующих зданий, в частности, применение беспроводных интеллектуальных систем, которые позволяют создать необходимые условия для формирования и развития личности детей, сочетающие в себе беспроводные решения и цифровые интерактивные методы.

В этой связи в данной статье рассматривается концепция цифрового детского сада, связывающая беспроводную систему «Умное здание» и современные цифровые интерактивные методы для создания комфортной и цифровой образовательной среды, способствующей разностороннему развитию детей и повышению эффективности работы персонала. В качестве объекта для рассмотрения взят детский сад, расположенный в п. Ченки (Гомельская область) и подлежащий реконструкции, для которого авторами предложен вариант расстановки элементов беспроводной системы «Умное здание», а также применения современных цифровых интерактивных методов по развитию детей разных возрастных групп, с определением предварительной стоимости оборудования, создания проекта и монтажа системы.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В связи с тем, что в Ченковском сельсовете проживают более 1000 несовершеннолетних, из которых около половины дошкольников [4], и поселок активно развивается, а также ежегодно возводятся новые многоквартирные жилые дома, то не хватало проектной мощности существующего детского сада. В связи с этим в 2018 г. было принято решение о реконструкции функционирующего спального корпуса оздоровительного лагеря, построенного в 1981 г., с изменением его назначения под детский сад, который был введен в эксплуатацию в 2020 г. Само здание является двухэтажным с размерами в плане 23,68x19,54м. При этом от старого корпуса при реконструкции фактически оставили только «коробку»: проложили новые коммуникации, изменили планировку, а также строительные конструкции и различные элементы здания были приведены в состояние, удовлетворяющее современным требованиям. Одновременно был осуществлен ремонт существующих крылец с устройством пандуса, устройство лестницы и замена подъемника перед главным входом на участок, устройство групповых площадок, общей физкультурной площадки, возведение теневых навесов, озеленение территории.

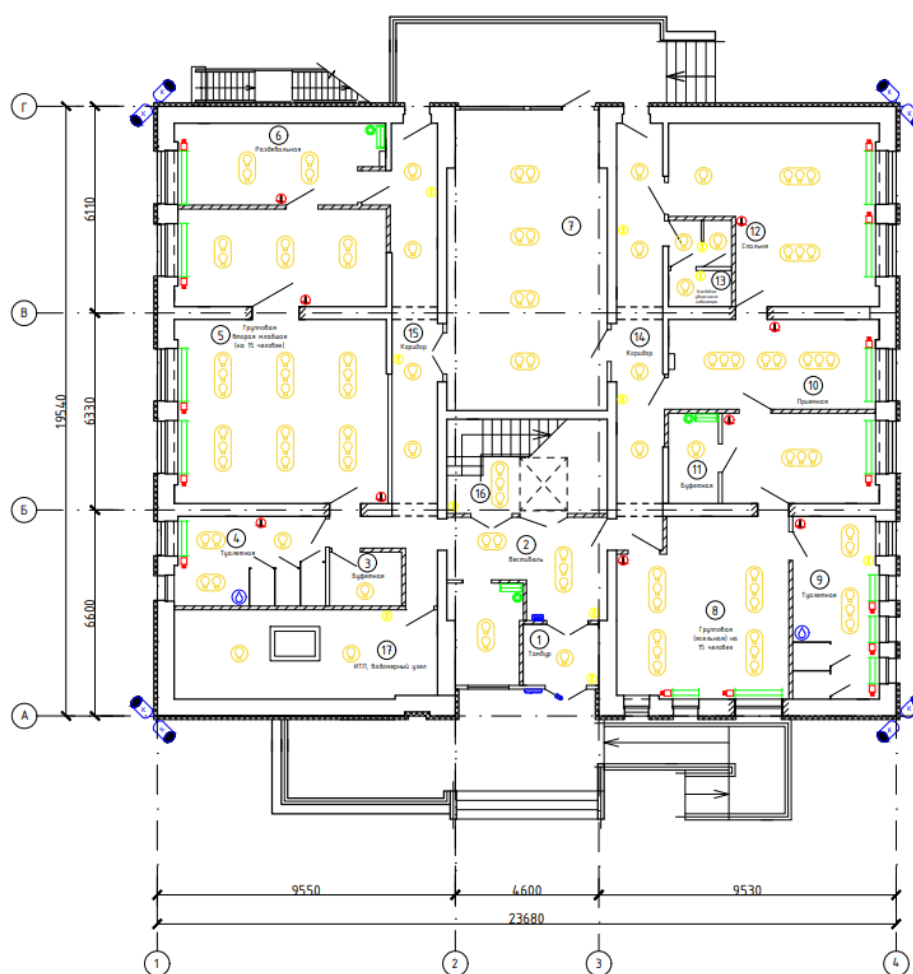
Здание детского сада является дошкольным учреждением общего назначения. Наполняемость групп принята: первая младшая возрастная группа – 15 чел. возраст 2–3 года; вторая младшая возрастная группа – 15 чел. возраст 3–4 года; средняя группа – 20 чел. возраст 4–5 лет; старшая группа – 15 чел. возраст 5–6 лет. Вместимость детского сада – 65 мест. Групповые ячейки в здании после реконструкции по оси «1» включают в себя следующие помещения: раздевальная, групповая, буфетная (размещена смежно с групповой), туалетная (включает зону умывальной и уборной). Функциональная структура групповой совмещает зоны: питания, сна, занятий, игр, подвижной деятельности, выделена рабочая зона воспитателя. Групповые ячейки по оси «2» включают в себя следующие помещения: раздевальная (приемная – для ясельной группы), игровая, спальня, буфетная (размещена смежно с игровой), туалетная (включает зону умывальной и уборной). Функциональная структура игровой совмещает зоны: питания, занятий, игр, подвижной деятельности, выделена рабочая зона воспитателя.

При реконструкции также учтено размещение помещений административного и служебно-бытового назначения: методического кабинета, кабинета заведующей, кабинета

завхоза, помещения персонала (обеденная), место постоянного пребывания персонала (несущего круглосуточное дежурство) – в объеме вестибюля, помещения уборочного инвентаря, кладовой для чистого белья, хозкладовой, ресурсного центра, зала для музыкальных и гимнастических занятий. Медицинская комната с изолятором, прачечная и пищеблок не предусматривается из-за нехватки площадей в здании, однако эти помещения находятся на территории оздоровительного лагеря и могут быть использованы по соглашению сторон. На первом этаже по осям «1», «А» расположено совмещенное помещение ИТП и водомерного узла.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для интеллектуализации здания детского сада авторами были определены пять принципов с точки зрения внедрения беспроводной системы «Умное здание», основанные на источнике [5], и четыре решения для создания инновационной площадки «Цифровой детский сад». В рамках предлагаемой интеллектуализации здания на рисунке 1 и 2 представлены варианты расстановки элементов системы для рассматриваемого здания.



**Рис. 1.** Вариант расстановки элементов беспроводной системы «Умное здание» на этаже 1

При применении беспроводной системы «Умное здание» в такой объект социально-важного назначения как детский сад, авторы акцентируют внимание на направлениях:

- 1) *Улучшение качества дневного сна.* Количество сна, которое получают дети, влияет на их физическое, эмоциональное и психическое благополучие. Национальный фонд сна (NSF) [6] рекомендует следующие часы сна для детей: младенцев (12-15 часов), малышей (11-14 часов), дошкольников (10-13 часов) и школьников (9-11 часов). Так как освещение в комнате влияет на сон ребенка, а также многие дети боятся темноты и не могут хорошо спать в темных комнатах, то в рамках интеллектуализации

детского сада подверглось обновлению внутреннее освещение здания с внедрением «умного» освещения, благодаря чему есть возможность настроить каждый источник света в зависимости от индивидуальных особенностей детей. Также «умное» освещение поможет ребенку передвигаться внутри комнаты (комнат), благодаря связке датчиков движения с «умными» лампочками, что поможет быстрее и безопаснее дойти до уборной, либо к воспитателю (няне), при этом не разбудив остальных детей.



**Рис. 2.** Вариант расстановки элементов беспроводной системы «Умное здание» на этаже 2

- 2) *Контроль времени работы электронных устройств развлекательного характера.* С внедрением беспроводной системы «Умное здание», воспитатель (няня) смогут следить за временем использования детьми различных устройств. Однако мало просто отключить интернет на устройстве или ограничить активность в приложении. Когда ребенок садится за занятия, ему будет трудно войти в состояние, именуемое «поток», после захватывающей игры или просмотра мультфильма. Поэтому важно задействовать режим «Фокусирование», когда включается определенный плейлист успокаивающей музыки, а также таймер 45 минут, по истечению которого, дети смогут сделать перерыв на 10 минут и отдохнуть.
- 3) *Безопасность детей на территории детского сада.* Чаще всего дети не способны долго оставаться на одном месте без движения и игр. При этом достаточно сложно наблюдать за всеми детьми постоянно, особенно при их желании заглянуть в то или иное помещение, не предназначенное для детей. В таком случае можно предусмотреть внедрение «умного» замка, что обеспечит безопасность детей, если они захотят зайти на кухню или в подпольное помещение, где могут храниться опасные для них предметы. Также, внедряя «умные» камеры видеонаблюдения,

воспитатель (няня) получают возможность следить за активностью детей в случае отсутствия или недостаточного наличия воспитателей в комнате, где находятся дети.

- 4) *Контроль качества воздуха.* Физическая безопасность чаще занимает центральное место в рамках обеспечения безопасности всего здания, но есть и другие проблемы, например, загрязнение окружающей среды. Загрязненный воздух может привести к серьезным болезням или последствиям, особенно при наличии заболевания легких. Поэтому важно постоянно поддерживать чистоту воздуха в помещениях детского сада, в том числе путем установки датчиков температуры и влажности воздуха, а также смарт-увлажнителей.
- 5) *Облегчение рабочей рутины для персонала.* Система предоставит контроль за всеми элементами системы «Умное здание» для дистанционного управления. Например, когда дети легли спать, то можно централизованно выключить освещение в конкретном помещении, а также во всем здании при необходимости. Также система анализирует местоположение персонала и при их приближении к определенной комнате, она разблокирует «умный» замок, включит свет, снимет систему безопасности с блокировки и другое. При этом в домофон интегрирован сканер лица, что повысит безопасность эксплуатации здания и территории. При этом есть возможность работы с QR-кодами для доступа к входной двери здания как персонала, так и родителей. Также стоит отметить адаптивный контроль энергопотребления здания, что позволит в зависимости от времени суток системам отопления и освещения регулировать свою работу, что положительно скажется на разумном потреблении энергоресурсов.

Также авторами рассматривается применение цифровых интерактивных решений для формирования инновационной площадки «Цифровой детский сад», к которым относится:











- 1) «*Центр проекций*», оборудованный интерактивной тумбой «Умный пол» [7], который расположен в помещении площадью 63,45 м<sup>2</sup> и предназначен для занятий с детьми в возрасте 2–3 лет. Интерактивный пол – это напольная проекция, которая реагирует на движения. Проекция делится на 2 или 4 части, в каждой из которых ребенок выполняет индивидуальное упражнение либо взаимодействует с другими детьми через единое приложение, что способствует развитию внимания, памяти и логического мышления.
- 2) «*Центр творчества*», оборудованный интерактивной песочницей iSandBOX Small [8], который расположен в помещении площадью 44,94 м<sup>2</sup> и предназначен для занятий с детьми в возрасте 3–4 лет. В интерактивной песочнице, как и в обычной, ключевой элемент – песок, однако, оснащенный специальным оборудованием позволяет создать эффект дополненной реальности, благодаря чему обычный песок превращается в пространство, где открываются пейзажи, которые дети могут сами менять. Проведение таких занятий у детей улучшает координацию движения, способствует развитию творческого мышления, сюжетно–ролевой игры и коммуникативных навыков ребенка, а также стимулирует ребенка узнавать что-то новое, уменьшает повышенную тревожность, боязливость в новых ситуациях.
- 3) «*Цифровая лаборатория*», которая расположена в помещении площадью 44,76 м<sup>2</sup> и предназначена для занятий с детьми в возрасте 4–5 лет. Занятия проводятся в цифровой лаборатории «Наураша в стране Наурандии» [9], которая включает в себя 8 модулей («Температура», «Свет», «Звук», «Сила», «Электричество», «Кислотность», «Пульс», «Магнитное поле»). В ходе игровых занятий ребенку предлагается возможность придумывать свои способы влияния на окружающий мир. Также ребенок при взаимодействии со сверстниками и взрослыми ставит перед собой цель, пытается различными способами ее достичь, находит верное решение и достигает поставленную цель.



- 4) «*Центр познания и движения*», оборудованный виртуальным скалодромом и сенсорными дисплеями Alio [10], который расположен в помещении площадью 63,11 м<sup>2</sup> и предназначен для занятий с детьми в возрасте 5–6 лет. Интерактивный скалодром помогает развивать физические способности и навыки при работе в команде, повышает выносливость и целеустремленность, а также помогает преодолевать свои страхи.

Общая стоимость оборудования, затраты на разработку проекта и монтаж элементов системы для интеллектуализации здания детского сада приведена в таблице 1.

Таблица 1. Перечень и стоимость элементов для интеллектуализации здания детского сада

| Наименование элемента   | Тип элемента            | Условное обозначение   | Стоимость 1 шт., бел.руб. | Количество, шт. | Общая стоимость, бел.руб. |
|---|-------------------------|--|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| Система «Умное здание»  |                         |  |                           |                 |                           |
| Проект  |                         |  |                           |                 |                           |
| Создание проекта (выезд на объект, подбор элементов системы, расстановка приборов в графической программе, подсчет стоимости проекта) | Проект                  |  | 1460                      | 1               | 1460                      |
| Итого раздела «Проект»  |                         |  |                           |                 | 1460                      |
| Оборудование  |                         |  |                           |                 |                           |
| Xiaomi Mesh System AX3000   | Wi-Fi роутер            |    | 195,88                    | 6               | 1175,28                   |
| Xiaomi Smart Home Gateway 3   | Центр управления        |    | 89,00                     | 6               | 534,00                    |
| Xiaomi MiJia Human Body Sensor  | Датчик движения         |    | 44,80                     | 20              | 896,00                    |
| Xiaomi Mi Smart LED Bulb Essential  | Умная лампочка          |    | 36,00                     | 209             | 7524,00                   |
| Xiaomi Mi Smart Lock Pro  | Умный дверной замок     |    | 1100,00                   | 1               | 1100,00                   |
| Dlingsmart C3 Zero AI Video Doorbell  | Умный дверной звонок    |    | 99,00                     | 1               | 99,00                     |
| Tuya Smart Thermostat   | Смарт - терморегулятор  |  | 125,00                    | 31              | 3875,00                   |
| Aqara Temperature and Humidity Sensor   | Датчик температуры      |  | 48,00                     | 20              | 960,00                    |
| Aqara Water Leak Sensor   | Датчик протечки воды    |  | 42,00                     | 4               | 168,00                    |
| Xiaomi Mi Wireless Outdoor Security Camera 1080p  | Камера видеонаблюдения  |  | 159,00                    | 8               | 1272,00                   |
| Кейс для транспортировки  | Кейс                    |  | 430,00                    | 3               | 1290                      |
| Итого раздела «Оборудование»  |                         |  |                           |                 | 18893,28                  |
| Монтаж системы  |                         |  |                           |                 |                           |
| «Установка под ключ»  | Услуга                  |  | 2045,00                   | 1               | 2045,00                   |
| Итого раздела «Монтаж системы»  |                         |  |                           |                 | 2045,00                   |
| Итого по всем разделам Система «Умное здание»   |                         |  |                           |                 | 22398,28                  |
| «Цифровой детский сад»  |                         |  |                           |                 |                           |
| Оборудование  |                         |  |                           |                 |                           |
| «Чудознайка»  | Интерактивный пол       |  | 7927,00                   | 1               | 7927,00                   |
| iSandBOX Small  | Интерактивная песочница |  | 9908,75                   | 1               | 9908,75                   |
| «Наураша в стране Наурандии»  | Цифровая лаборатория    |  | 2853,72                   | 1               | 2853,72                   |
| Вершина   | Интерактивный скалодром |  | 9116,05                   | 1               | 9116,05                   |
| Итого раздела «Оборудование»  |                         |  |                           |                 | 29805,52                  |
| Итого раздела «Цифровой детский сад»  |                         |  |                           |                 | 29805,52                  |
| Итого по всем разделам  |                         |  |                           |                 | <b>52203,8</b>            |

## ВЫВОДЫ

С появлением детей в жизни людей появляются иные приоритеты, в результате чего приходит понимание, что безопасность, комфорт и развитие личности детей стоит на первом месте, особенно когда ребенок начинает посещать различные учреждения образования, начиная с детского сада, в котором ребенок будет проводить большую часть дня. В результате возрастают требования к подобным учреждениям, особенно когда необходимо учитывать потребности и индивидуальные особенности ребенка. При этом в меньшей степени уделяется внимание интеллектуализации и цифровизации детских дошкольных учреждений.

Таким образом, в данной статье была рассмотрена концепция современного цифрового детского сада на примере существующего здания, подлежащего реконструкции. Актуальность предлагаемой концепции обусловлена важностью цифровизации дошкольного образования и повышению уровня комфортности и эффективности пространства, в котором дети будут чувствовать себя безопасно, а воспитатели (няни) улучшат организацию образовательной среды. Следует отметить, что была применена комплексная интеллектуализация детского сада с применением беспроводной системы «Умное здание» и площадки «Цифровой детский сад», что показывает наибольшие возможности, а в следствии чего влияет и на стоимость реализации. Однако, для каждого социально-значимого объекта недвижимости, в частности для здание детского сада, варианты интеллектуализации и цифровизации могут быть различны в зависимости от потребностей заказчика. При этом рассмотренные элементы беспроводной системы «Умное здание» в той или иной степени применяются в настоящее время на различных объектах недвижимости и ожидается, по мнению авторов, что в будущем получат более широкое распространение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 02.02.2021 № 66 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://etalonline.by/document/?regnum=c22100066&q\\_id=4301007](https://etalonline.by/document/?regnum=c22100066&q_id=4301007). – Дата обращения: 18.12.2022.
2. Об утверждении Концептуальных подходов к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 года и на перспективу до 2030 года: Приказ Министра образования Республики Беларусь от 29.11.2017 № 742. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://etalonline.by/document/?regnum=u617e2847&q\\_id=4301200](https://etalonline.by/document/?regnum=u617e2847&q_id=4301200). – Дата обращения: 18.12.2022.
3. О государственной программе «Образование и молодежная политика» на 2021–2025 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.01.2021 № 57 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://etalonline.by/document/?regnum=c22100057&q\\_id=4301184](https://etalonline.by/document/?regnum=c22100057&q_id=4301184). – Дата обращения: 18.12.2022.
4. В Гомельском районе открыли ясли-сад «Радуга-град» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gp.by/mneniya/news217168.html>. – Дата обращения: 18.12.2022.
5. 5 Ways to Make Your Smart Home More Child-Friendly [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.makeuseof.com/ways-to-make-smart-home-child-friendly/>. – Дата обращения: 10.12.2022.
6. How Much Sleep Do Babies and Kids Need? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sleepfoundation.org/children-and-sleep/how-much-sleep-do-kids-need>. – Дата обращения: 10.12.2022.
7. Интерактивный пол тумба «Светлячок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://interactive-project.ru/production/interaktivnyj-pol-tumba/>. – Дата обращения: 10.12.2022.
8. Интерактивная песочница iSandBOX Small [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://isandbox.ru/isandbox/isandbox-small/>. – Дата обращения: 10.12.2022.
9. Цифровая лаборатория для дошкольников и младших школьников «Наураша в стране наурандии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nau-ra.ru/education/nachalnaya-shkola/naurasha-v-strane-naurandii-cory/>. – Дата обращения: 10.12.2022.
10. Умный скалодром [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://playstand.ru/products/interaktivnyiy-skalodrom-sport/>. – Дата обращения: 10.12.2022.

# РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОВЕРКИ АТРИБУТИВНОЙ НАПОЛНЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Н.В. Князева<sup>1</sup>, С.А. Шологин<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*Nknyazeva@mgsu.ru*

<sup>2</sup>*s.shologin@yandex.ru*

## Аннотация

Информатизация и цифровизация работы государственных экспертиз разных регионов России дает возможность совершенствовать методы работы специалистов строительной отрасли, адаптировать подходы к контролю качества проектной документации к ситуации повышения скорости и постоянного роста объемов проектирования. Среди рутинных процессов, составляющих наибольший интерес для целей автоматизации, выделяют проверку атрибутивной наполненности информационной модели. Требования к атрибутивному набору и наполнению элементов у органов государственных экспертиз разных регионов отличаются, поэтому для проектировщиков важно иметь возможность быстрой автоматизированной проверки с возможностью настройки параметров перед передачей модели на оценку экспертам. Цель исследования – систематизировать существующий опыт работы в существующих средах автоматизированной проверки, требования государственных экспертиз и предложить инструмент, позволяющий исключить дополнительные затраты времени и других ресурсов.

Одно из наиболее значимых мест в разработке проектной документации для объектов строительной отрасли занимает экспертиза, которую осуществляют с целью подтверждения соответствия проектной документации техническим условиям и нормативным требованиям. Для прохождения экспертизы проект можно предоставить в виде информационной модели с обязательным внесением и анализом определенного ряда параметров, согласно требованиям экспертиз, что является существенно трудоемким процессом.

В сентябре 2020 года было подписано постановление Правительства РФ №1431, в котором были утверждены правила формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства. Органы госэкспертизы, основываясь на особенности работы в своём регионе РФ, на добровольной основе формируют список требований, предъявляемых к цифровой информационной модели (ЦИМ). Среди самых актуальных проблем прохождения экспертизы ОКС в формате ЦИМ – отсутствие единых требований к информационным моделям [1]. В рамках данной работы были рассмотрены две региональные госэкспертизы, а именно - ГАУ «Московская Государственная Экспертиза» (ГАУ «МГЭ») и Санкт-Петербургский ГАУ «Центр Государственной Экспертизы» (СПб ГАУ «ЦГЭ»). Изначально требования, представленные этими контролирующими органами, имели достаточно большой объем и были сложны для реализации, но постепенно формировались более лаконичные документы и соответствующие способы автоматизации и оптимизации проверок.

Согласно Проекта стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 сентября 2021г., планируется двухкратное увеличение количества проектных организаций, которые применяют технологии информационного моделирования (ТИМ) на практике, а также более чем в десять раз должна увеличиваться доля проектов объектов капитального строительства, имеющих цифровую информационную модель [2].

Доля проектов, разработанные с применением ТИМ и проходящие экспертизу, должна вырасти с 5% (на сегодняшний день) до 50% к 2030г. На сегодняшний день

немного экспертных организаций имеют опыт проверки проектной документации, которая была выполнена с применением ТИМ. Санкт-Петербургским «Центр Государственной экспертизы» был проверен проект, разработанный с применением ТИМ: общеобразовательная школа на 1130 мест по адресу: г. Санкт-Петербург, Парголово, Ольгинская дорога, участок 8. Московской Государственной Экспертизой был проверен санаторий «Красная Пахра» по адресу: г. Москва, пос. Краснопахорское, Красное, ул. Парковая, 10к1.

В связи с повышением сложности и увеличением количества информации об объектах капитального строительства, которые характерны в том числе для раздела отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВиК), возникает потребность в разработке средств автоматизации проверки моделей перед передачей их в экспертизу.

В основе процессов работы над проектом находится информационная модель (ИМ), на базе которой организована работа всех участников инвестиционно-строительного проекта. Создание ИМ системы ОВиК на этапе проектирования преследует следующие цели, принципы и преимущества: параметризация всех элементов системы ОВиК, точность проектирования с целью дальнейшего анализа и оптимизации системы ОВиК, повышение качества проектных решений, быстрота и точность проведения инженерных расчетов для систем ОВиК, удобство накопления и хранения информации, быстрота обмена информацией с целью обсуждения различных сценариев и принятия решений при проектировании систем ОВиК.

Исходными данными для начала проектирования систем ОВиК объекта капитального строительства являются:

- характеристика здания, его функциональное назначение, режим работы, требования к поддержанию микроклимата;
- ориентация здания по сторонам света и географическое расположение объекта;
- способ теплоснабжения, тип и параметры теплоносителя.

Проектирование и расчет систем ОВиК следует выполнять согласно СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», которое среди прочих включает в себя следующие этапы при разработке проектной документации:

- определение требований к системам проекта;
- размещение пространств и создание зон: зоны могут состоять из одного или нескольких пространств, в которых с помощью соответствующего оборудования поддерживаются одни и те же условия окружающей среды
- проведение расчетов воздухообмена, холодильных и отопительных нагрузок;
- создание схемы системы ОВиК;
- проектирование системы ОВиК;

Основные недостатки при проверке:

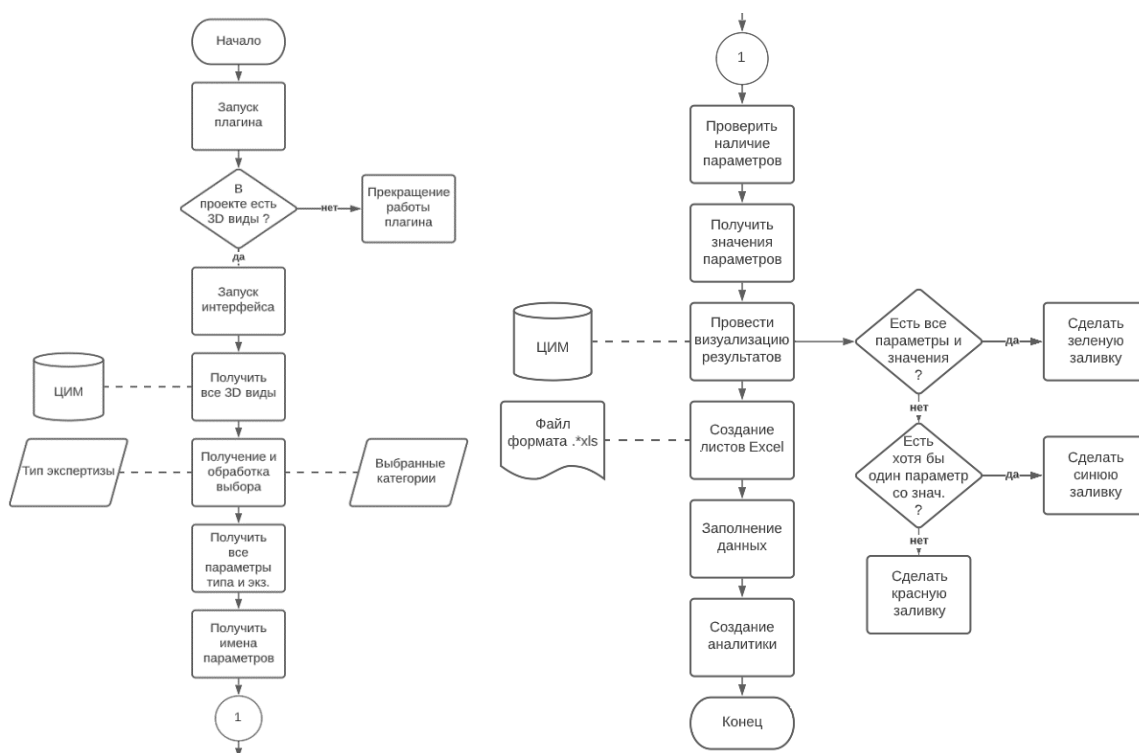
- Несоответствие ЦИМ и проектной документации.
- Отсутствие части разделов ЦИМ.
- Наличие коллизий элементов ЦИМ.
- Некорректное атрибутивное наполнение элементов ЦИМ.

Согласно требованиям Московской государственной экспертизы и Санкт-Петербургской государственной экспертизы, модель должна включать в себя информацию/данные о строящемся объекте. Для того чтобы правильно интерпретировать данные модели, все атрибуты модели должны иметь не только определенный тип данных, а также определенные параметры, необходимые при прохождении экспертизы. Так как экспертиза ЦИМ проходит в формате IFC, то все объекты модели должны быть экспортированы по соответствующим классам, описанным в IFC.

Органы экспертизы разных регионов могут предъявлять свои требования к видам проверок и этапам работы с моделью при проверке, поэтому их количество отличается, но можно выделить основные. Процедуру проверки начинают с этапа входной оценки

корректности геометрии и объема информационного наполнения модели. Входная проверка элементов модели включает в себя проверки геометрического моделирования, например: проверку дверных и оконных проем, с целью исключения нахождения более одного элемента в одном проеме, проверку принадлежности помещений зонам в базовой модели (БМ) и т.д. Если сравнивать требования разных экспертиз, то уже на этом этапе существуют существенные различия в подходах оценки качества проработки и содержания ИМ. Среди требований Санкт-Петербургского Центра Госэкспертизы - создание отдельной модели для раздела технологические решения. Мосгосэкспертиза не конкретизирует эту позицию, что трактуется проектировщиками как необходимость включать оборудование в раздел архитектурных решений. На втором этапе происходит автоматизированная проверка на соответствие требованиям Технических регламентов.

В ходе исследования была сформирована блок-схема работы инструмента автоматизированной проверки информационной модели систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

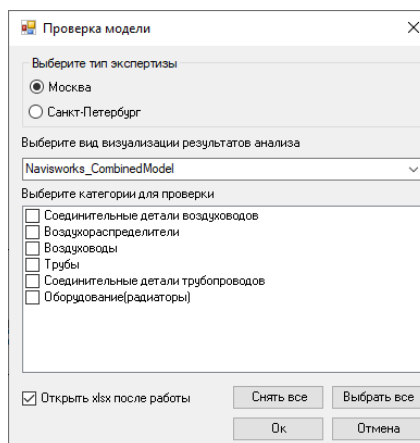


**Рис. 1.** Блок-схема работы инструмента автоматизированной проверки информационной модели систем отопления, вентиляции и кондиционирования

Проверяем модель на наличие требуемых параметров и в случае, если в модели отсутствуют необходимые параметры, то следствием работы информационной системы является визуальное отображение.

Чтобы автоматизировать повторяющиеся действия проектировщика или инженера в Autodesk Revit, занимающие много времени, использовался С# - современный язык платформы .NET, так как объем обрабатываемых данных значительный и требуется высокая скорость обработки этих данных.

При помощи технологии WindowsForm был разработан пользовательский интерфейс, включающий настраиваемые параметры ввода и отображения результатов.



**Рис. 2.** Интерфейс системы автоматизированной проверки

GroupBox – используется для группировки RadioButton с типом экспертизы. Label – текст для подписи управляющих элементов пользовательского интерфейса. ComboBox – выпадающий список, который позволяет выбрать вид из списка всех 3D видов в проекте. CheckBoxList – применяется для выбора одной и более анализируемых категорий. Набор категорий для каждого типа экспертизы свой и при изменении выбора будет изменяться. С помощью CheckBox пользователь может указать открывать или не открывать созданный в результате работы Excel файл. Button – кнопки для запуска плагина, отмены, выбора всех категорий и снятия выбора со них.

Файл отчета будет выгружаться в документ формата xls.

По результатам проверки формируются следующие данные:

1. Сведения о проекте;
2. Общие параметры элементов:
  - Воздуховоды;
  - Соединительные детали воздуховодов;
  - Воздухораспределители;
  - Оборудование (радиаторы);
  - Трубы;
  - Соединительные детали труб;
3. Дополнительные параметры элементов:
  - Воздуховоды;
  - Соединительные детали воздуховодов;
  - Воздухораспределители;
  - Оборудование (радиаторы);
  - Трубы;
  - Соединительные детали труб;
4. Аналитика по проверке:
  - Информация по информационному наполнению всех элементов;
  - Информация по информационному наполнению воздуховодов;
  - Информация по информационному наполнению соединительных деталей воздуховодов;
  - Информация по информационному наполнению воздухораспределителей;
  - Информация по информационному наполнению оборудования (радиаторы);
  - Информация по информационному наполнению труб;
  - Информация по информационному наполнению соединительных деталях труб;
5. Визуализация результатов проверки

Заключительной проверкой является визуализация результатов проверки элементов. По окончании работы, выбранные элементы окрашиваются в соответствующие цвета. Элементы, которые не участвуют в проверке – изолируются, то есть окрашиваются в серый цвет. В случае, если в семействе заполнен хотя бы один параметр и для данного параметра имеется определенное значение (то есть оно не может быть пустым), то элемент системы окрашивается в синий цвет. Если в семействе заполнены и имеются все параметры, то элемент окрашивается в зеленый цвет.

Несмотря на проблему отсутствия единых требований к ИМ, использование ТИМ при прохождении экспертизы проектной документации имеет ряд серьезных преимуществ.

Разработанный инструмент автоматизации проверки поможет сократить срок прохождения экспертизы, автоматизирует процесс анализа проектной документации, снизит трудоемкость подготовки к передаче информационной модели в экспертизу, а также повысит информационную наполненность элементов ЦИМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Шологин С.А., Ильичев Д.С.* BIM - КАК НОВЫЙ СПОСОБ ПРОХОЖДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ // ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ. Москва, 2021. С. 725-729
2. *Кириян Е.* Проходим госэкспертизу информационной модели правильно // САПР и графика. 2020. № 11 (289). С. 28-35.
3. *Лазарева Н.В., Зиновьев А. Ю.* Регламентация выполнения работ при помощи информационных моделей в составе строительно-технической экспертизы // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 11. С. 105-109
4. *Захарова А. М., Авилова И. П.* Экспертиза проектной документации BIM-проектов: характеристика и особенности // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 21 ноября 2019 года / Юго-Западный государственный университет. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 85-88.
5. *Бурцев И. Г., Фоменкова А. И.* Совершенствование методов экспертизы проектов строительства с помощью BIM-технологий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре : Сборник статей 77-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара, 26–30 октября 2020 года / Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, В.Ю. Алпатова. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2020. – С. 389-392.
6. *Юдаева Д. Е.* BIM-технологии и экспертиза проектной документации // Материалы Всероссийской научно-практической конференции аспирантов, докторантов и молодых ученых, Майкоп, 15–17 апреля 2020 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет». – Майкоп: Майкопский государственный технологический университет, 2020. – С. 69-73.
7. *Ланкина, Ю. А.* Оценка эффективности внедрения BIM модели в процесс экспертизы проектной документации // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций : Материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки Российской Федерации, академика РААСН, доктора технических наук, профессора Соломатова Василия Ильича, Саранск, 12–14 декабря 2016 года / Ответственный редактор: Т.А. Низина. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2016. – С. 71-74.



# АЛГОРИТМ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА МИКРОУРОВНЕ

В.С. Канхва<sup>1</sup>, К.Ф. Галеев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>vskanhva@mail.ru

<sup>2</sup>karim-galeev@list.ru

## Аннотация

В данной статье представлены результаты исследования в области внедрения технологий информационного моделирования в строительстве на микроуровне. Проведены статистический анализ удельного веса организаций, использовавших информационные и коммуникационные технологии, индексы цифровизации и интенсивности использования цифровых технологий в организациях, SWOT и PEST- анализы, а также было проведено исследование внедрения технологий информационного моделирования в строительстве.

Предложены алгоритм выбора элементов цифровой трансформации для внедрения на микроуровне, формула расчета эффекта цифровой трансформации, алгоритм разработки дорожной карты цифровой трансформации строительной организации.

## ВВЕДЕНИЕ

Вектор развития социально-экономических систем на всех уровнях на долгосрочную перспективу задает цифровая экономика. Всесторонний анализ и исследования цифровой трансформации, это одни из основных и необходимых инструментов в проведении работы. Владение цифровыми технологиями со временем станет обязательным требованием для любого специалиста в области строительства (не только для проектировщика).

Внедрение цифровых технологий в строительстве связано с решением комплекса задач, поставленных в свете цифровизации экономики страны в целом. Проблемы инновационного развития строительной отрасли предполагают комплексное внедрение цифровых технологий при решении различных задач производства строительных материалов, строительного проектирования и, собственно строительного производства.

Строительство является одной из важнейших отраслей экономики страны, предназначенной для ввода в эксплуатацию новых, а также реконструкции и реставрации действующих объектов производственного, непромышленного и линейного назначения, создает необходимые условия для динамичного социально-экономического развития. Продукцией в строительной отрасли выступают завершенные и введенные в эксплуатацию объекты: гражданские, промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, гидротехнические, военного назначения и другие, образующие основные фонды для всех отраслей национального хозяйства.

Административные барьеры, то что необходимо снизить в государственной политике, это приведет к уменьшению сроков проведения процедуры цифровизации и сокращения нарушений. Но существуют немало нарушений при осуществлении строительной деятельности на всех этапах жизненного цикла объекта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Уровень внедрения цифровых технологий в Российской Федерации находится на начальном этапе. Но все участники строительной отрасли, в том числе государство понимаю востребованность внедрения цифровых технологий. Цифровые технологии в значительной степени с положительной точки зрения влияют на качество, безопасность и эффективность строительства. Государство на своём уровне способствуют продвижению внедрения цифровых технологий. Суть этого продвижения заключается не столько в

самом внедрении цифровых технологий, сколько на саму глубину трансформации управления строительством на всех этапах жизненного цикла объекта.

Сегодня, опираясь на данные Минстроя, в России примерно 20% строительных компаний используют ТИМ, с объемом на рынке в 60 млн. долларов. 1,5% составляет доля российского рынка ТИМ от мирового рынка, при 15% ежегодном темпе роста. На рисунке 1 представлена карта уровня внедрения ТИМ и 3D моделирования в строительстве.



**Рис. 1.** Карта уровня внедрения ТИМ и 3D моделирования в строительстве

ГИСОГД предоставляет информацию об ИСП в цифровом виде в более чем тридцати субъектах РФ.

Стейкхолдеры строительного инвестиционного проекта и заказчики в строительной отрасли имеют трудности, связанные с разрозненностью существующих информационных систем. Цифровая среда, единая цифровая платформа и объединенная информационная система, то что необходимо сделать на уровне государственного управления.

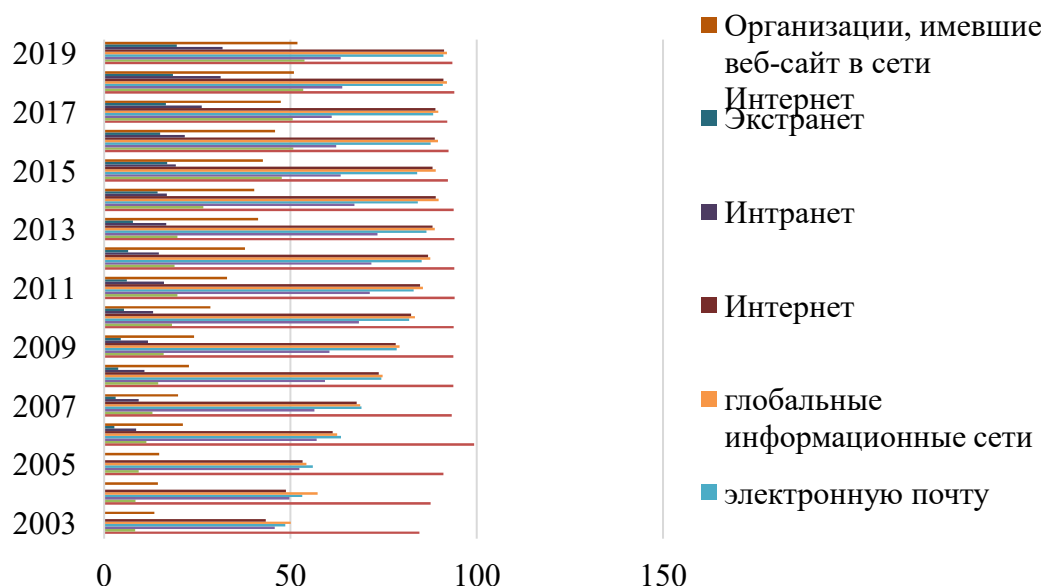
Распространенность цифровых технологий в строительных организациях, важнейший фактор в развитии и повышении уровня цифровизации отрасли.



**Рис. 2.** Индекс цифровизации и интенсивности использования цифровых технологий в организациях

Анализируя рис. 2. можно сделать вывод, что рост использования цифровых технологий, плавный и достаточно стабильный.

Осуществление цифровой трансформации строительной отрасли на сегодняшний день возможно, за счет необходимого количества технологий, таких как 3D печать, создание цифровых двойников и аналитику, информационное моделирование, робототехнику и искусственный интеллект.

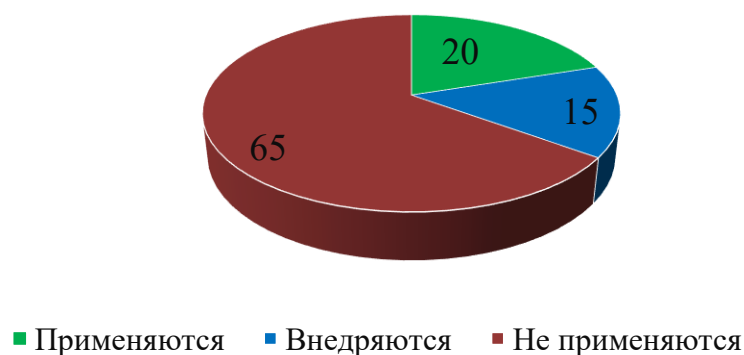


**Рис. 3.** Удельный вес организаций, использовавших информационные и коммуникационные технологии, %

Все эти технологии задают ритм для цифровой трансформации строительных предприятий и всех её составляющих.

Наличие базовых цифровых решений, стадия жизненного цикла объекта, сквозные цифровые технологии, количество вариантов использования технологии, это все те факторы, которые повлияют на динамику цифровизации в строительной отрасли.

Как утверждает НОСТРОЙ, ТИМ используют примерно 20% компаний строительной отрасли (см. рис.4).



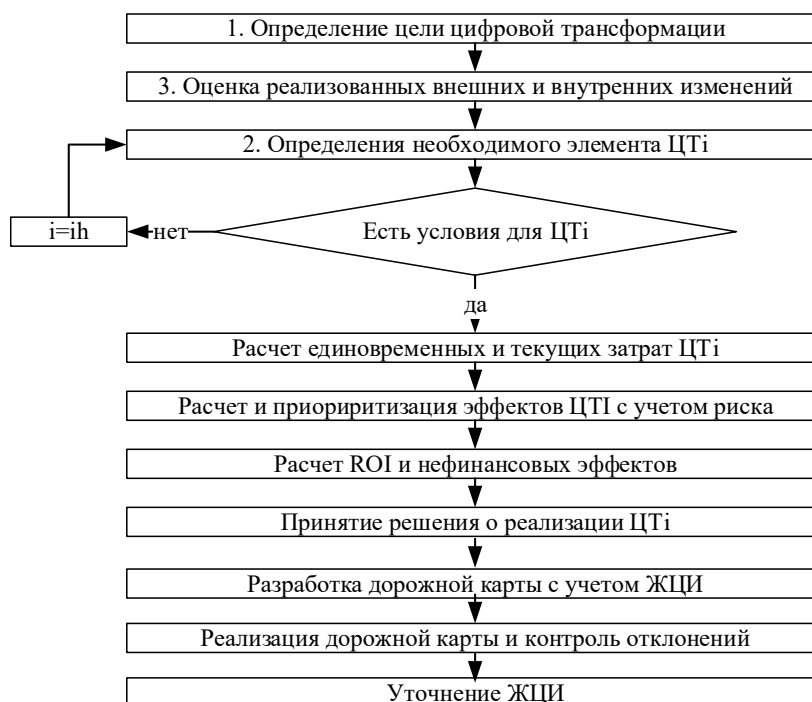
**Рис. 4.** Внедрение ТИМ в строительных организациях

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Компании, связанные с проектированием и инженерными изысканиям в строительстве используют технологии информационного моделирования в своей деятельности. Преимущественно ТИМ используют компании, у которых большое количество проектов.

Всё это привело к тому, что появилась необходимость создать алгоритм внедрения технологий информационного моделирования в строительстве на микроуровне. Эффект и затраты – два постулата при принятии решения при создании алгоритма. Сумма затрат от внедрения ТИМ единовременная, по сути это инвестиции в цифровую трансформацию строительства. Рентабельность и окупаемости инвестиций (ROI) оценивают корреляцию затрат и эффектов.

Алгоритм внедрения технологий информационного моделирования в строительстве на микроуровне необходимо представить в виде блок-схемы (см. рис. 5)



**Рис. 5.** Алгоритм внедрения технологий информационного моделирования в строительстве на микроуровне

Унификация критериев эффективности к показателю окупаемости или рентабельности инвестиций должна быть учтена существующими нефинансовыми эффектами цифровой трансформации. Каждая составляющая эффекта является слабоформализуемой либо неформализуемой, а не только является субъективной значимостью для каждого из стейкхолдеров. В связи с этим в показатель деловой репутации или конкурентоспособности предприятия учёт нефинансовых эффектов цифровой трансформации является возможным. Эффект цифровой трансформации рассчитывается по формуле:

$$ROI_1 = \frac{\left( Z_{ot} - \frac{Z_{ot}}{1 + \Delta P^+} \right) * (12 - 0) + E_{NF}}{Z_{ed} + (Z_{ot} * O * \Delta P)}$$

где  $ROI_1$  – коэффициент окупаемости инвестиций в цифровизацию,

$Z_{ot}$  – затраты на рабочую силу в месяц,

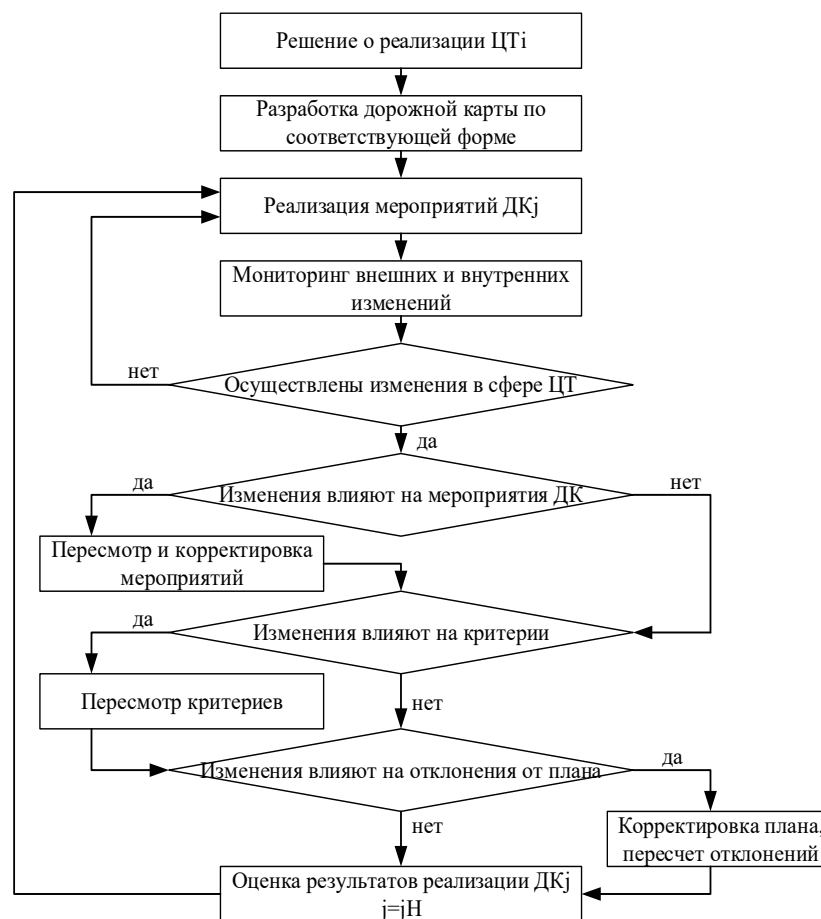
$O$  – продолжительность обучения персонала, мес.,

$Z_{ed}$  – затраты единовременные на цифровизацию,

$E_{nf}$  - денежное выражение нефинансовых эффектов,

$\Delta P$  – изменение производительности труда в результате цифровизации.

Анализ и контроль отклонения интегральных критериев эффективности от плановых значений влияют на процесс реализации дорожной карты.



**Рис. 6.** Алгоритм разработки дорожной карты цифровой трансформации

## ВЫВОДЫ

Объем структурирования процесса управления проектами и инвестиционных затрат осложняют цифровизацию строительства. Одновременно, рост качественных аспектов инвестиционных проектов необходим для цифровизации строительной отрасли.

Методы принятия решений в ТИМ и их модели управления являются ключевым фактором успешного применения цифры в экономике.

Единая цифровая платформа, это то, что необходимо создать в строительной сфере. Эта платформа должна быть в двух направлениях: большие данные и электронный документооборот, который объединяет всех участников ИСП и обеспечивает:

- быстрое получение необходимой информации в режиме онлайн о статусе реализации инвестиционного проекта и о данные о рисках на стройке, используя электронный документооборот;
- уменьшение сроков взаимодействия и обмена информации между участниками инвестиционно-строительного проекта применяя цифровой формат;
- создание цифровой модели объекта на прединвестиционном этапе для перехода в цифровой формат;
- обеспечение достоверной и полной информации, которая необходима для осуществления оперативной строительной деятельности.

Представленный алгоритм поможет строительным компаниям понять и внедрить ТИМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляева С.В., Уварова С.С., Канхва В.С., Галеев К.Ф.* Цифровизация строительства: проблематика и ключевые направления в современных условиях импортозамещения Дата обращения: 17.12.22.
2. *Канхва В.С.*, Направления совершенствования инвестиционно-строительного проектирования в условиях цифровой экономики/ Канхва В.С., Сонин Я.Л.// Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 6-1. С. 61-68. 2012. Дата обращения: 17.12.22.
3. *Паненков, А.А.* Управление цифровой трансформацией при реализации инвестиционно-строительных проектов дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Паненков Андрей Анатольевич. - Воронеж, 2020. - 210 с. 18. Дата обращения: 17.12.22.
4. Отчет по исследованию "Уровень применения BIM в России 2019" [Электронный ресурс]. - Режим доступа:  
[http://concurator.ru/information/bim\\_report\\_2019/?fbclid=IwAR2OVYWwWqYXgNAC8MJeyNK\\_kg-bboku\\_TyYuRwefgj4OQ7LAvM-EeQC8Y](http://concurator.ru/information/bim_report_2019/?fbclid=IwAR2OVYWwWqYXgNAC8MJeyNK_kg-bboku_TyYuRwefgj4OQ7LAvM-EeQC8Y) Дата обращения: 17.12.22.
5. *Уварова С.С.*, Цифровизация строительства в проекции теории организационно-экономических изменений / Уварова С.С., Паненков А.А., Сонин Я.Л.// Экономика строительства. 2020. № 1 (61). С. 31-39. Дата обращения: 17.12.22.
6. Результаты исследования проблем внедрения технологии информационного моделирования в инвестиционно строительных проектах российских компаний - отчет/Москва НИУ МГСУ 2022, С-28 28. Дата обращения: 17.12.22.
7. *Галеев К.Ф., Канхва В.С.* Современное состояние и перспективы внедрения ТИМ в строительстве, В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и коммуникаций в сфере строительства и недвижимости НИУ МГСУ. Москва, 2022. С. 495-498. Дата обращения: 17.12.22.

Секция 8. Инженерные системы и  
средства механизации в строительстве  
и ЖКХ

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО И ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

**В.В. Балалов**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,  
BalalovVV@mgsu.ru*

## **Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы применения современного российского программного обеспечения в задачах моделирования процессов функционирования инженерных систем и оценки связанных с ними рисков.

Приемы выполнения численных расчетов продемонстрированы на примере трубопровода с «течью перед разрушением».

Сделан вывод о целесообразности применения САПР SimInTech и ПК АРБИТР в учебной работе со студентами НИУ МГСУ.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Анализ процессов и безопасности функционирования инженерных систем, в том числе включающих строительные конструкции, является актуальной проблемой как с научной, так и с практической точек зрения [1].

Требования к надежности строительных конструкций и общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений содержатся в стандартах [2, 3].

Компьютерное моделирование позволяет исследовать и прогнозировать состояния структурно-сложных систем на различных стадиях жизненного цикла [4-6, 8, 10,11].

Важные задачи связаны как с изучением динамики различных технических систем, так и с оценкой их риска.

Целью настоящей работы является совместное применение компьютерных технологий динамического и логико-вероятностного моделирования для расчетов технических систем.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Инструментами исследования в настоящей работе послужили программные комплексы:

1. SimInTech - программная платформа для разработки математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров [7].
2. ПК АРБИТР - программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем (ПК АСМ СЗМА) [9].

SimInTech решает задачи моделирования объектов ВПК/ОПК, энергетических объектов, атомных объектов, нефтегазовых объектов, аэрокосмических объектов, транспортных объектов и других.

Программный комплекс АРБИТР (ПК АСМ СЗМА) предназначен для автоматизированного математического моделирования и расчета вероятностных характеристик надежности [12] и безопасности (технического риска [13], вероятности возникновения аварийных ситуаций и аварий вследствие отказов элементов) структурно-сложных систем опасных производственных объектов, объектов использования атомной энергии, строительных объектов и других технических и информационных систем [14, 15].

Для демонстрации некоторых функциональных возможностей представленных программных комплексов рассмотрен типовой элемент конструкции – трубопровод с высокой запасенной энергией.



Моделирование процесса протекания теплоносителя в трубопроводе реализовано с помощью теплогидравлического кода HS, являющегося одним из модулей среды динамического моделирования SimInTech. Средствами кода HS разработана модель трубопровода с «течью перед разрушением».

Опыт эксплуатации и расчетно-экспериментальные исследования показывают, что для трубопроводов с высокой запасенной энергией, изготовленных из вязких материалов и имеющих высокое сопротивление нестабильному росту трещин, вероятность гипотетического гильотинного разрушения крайне мала даже при тяжелых аварийных нагрузках. Мгновенному катастрофическому разрушению всегда предшествует устойчивый докритический рост трещины. Это обстоятельство позволяет либо обнаружить трещину при периодическом контроле металла задолго до того, как она станет сквозной, либо обнаружить течь системой контроля течей прежде, чем сквозная трещина, через которую истекает теплоноситель, могла бы достигнуть критической длины. В результате становится возможным своевременно обнаружить дефектное сечение трубы, провести последующий ремонт или замену трубы, тем самым исключить внезапный разрыв трубопровода. В этом состоит концепция «течь перед разрушением» (ТПР) [16].

Логико-вероятностная модель (ЛВМ) работоспособности трубопровода построена методом схем функциональной целостности (СФЦ) [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В первом численном эксперименте выполнено моделирование динамического процесса образования течи теплоносителя в трубопроводе. На Рис. 1 приведена гидравлическая схема трубопровода, выполненная в графическом редакторе SimInTech [8]. Отвод трубопровода, включающий задвижку и имеющий выход во внешнюю среду, введен в схему для моделирования сквозной трещины в трубопроводе, через которую происходит утечка теплоносителя. В расчетной модели приняты следующие размеры для трубы: диаметр  $d = 250$  мм; толщина стенки  $h = 10$  мм; длина  $l = 10$  м. Выполнено моделирование протекания теплоносителя в трубопроводе при следующих исходных данных:

- Расход теплоносителя на выходе Трубы 1  $g = 100$  кг/с;
- Давление теплоносителя на входе Трубы 3  $P = 1E7$  Па;
- Температура теплоносителя на входе Трубы 3  $T = 100^{\circ}C$ ;
- Внешняя среда с давлением  $P = 1E5$  Па и температурой  $T = 20^{\circ}C$ ;
- Задвижка со степенью открытия 5%.

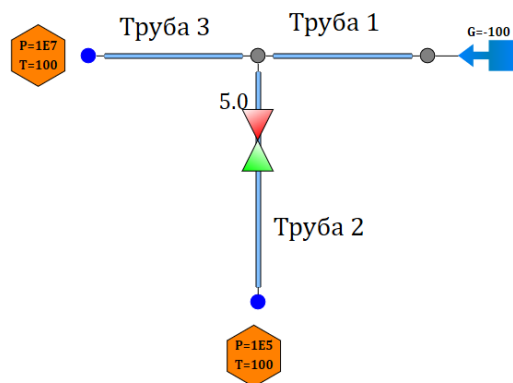


Рис. 1. Гидравлическая схема трубопровода

На Рисунках 2, 3 и 4 приведены графики параметров динамического процесса, моделирующего гильотинное открытие задвижки, для расхода теплоносителя, давления и температуры соответственно.

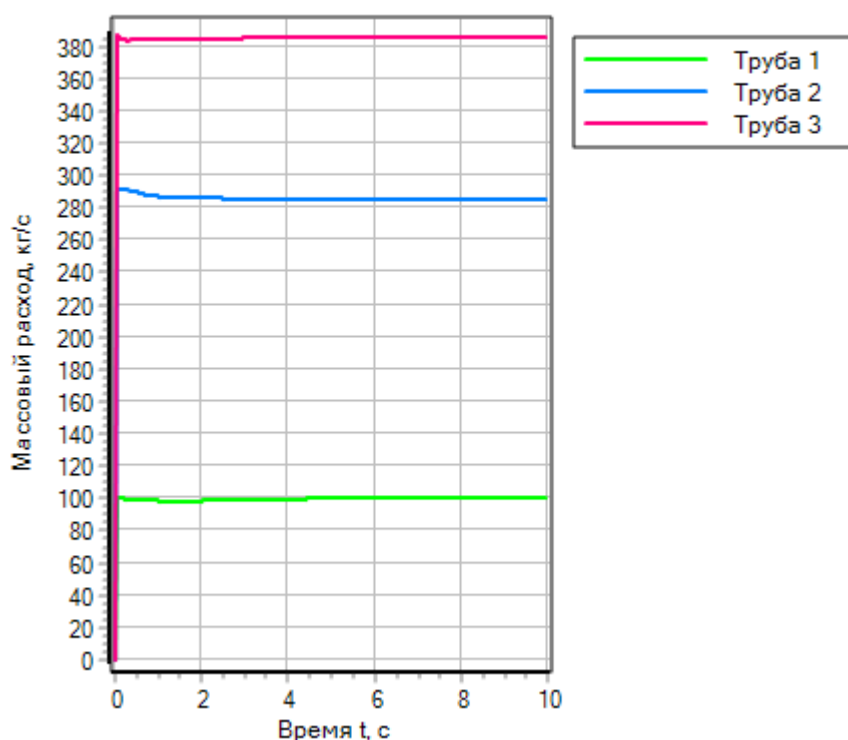


Рис. 2. Расход теплоносителя в трубопроводе

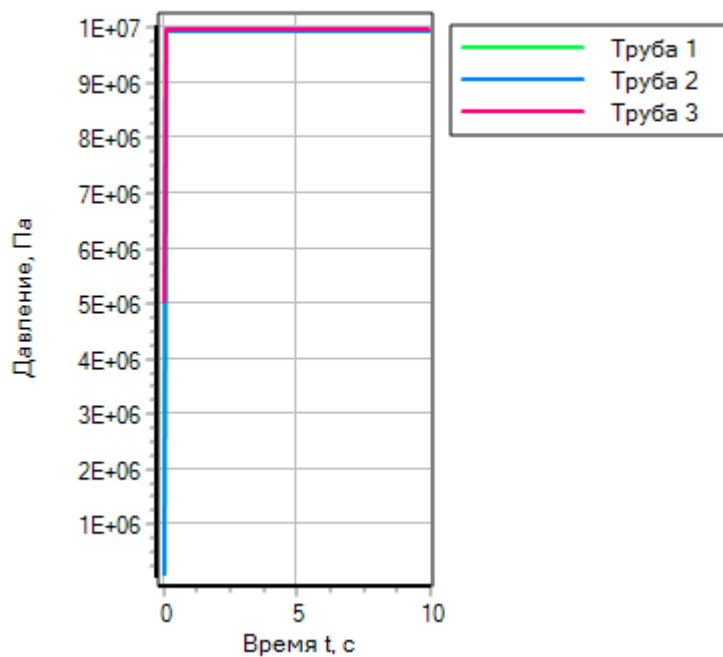
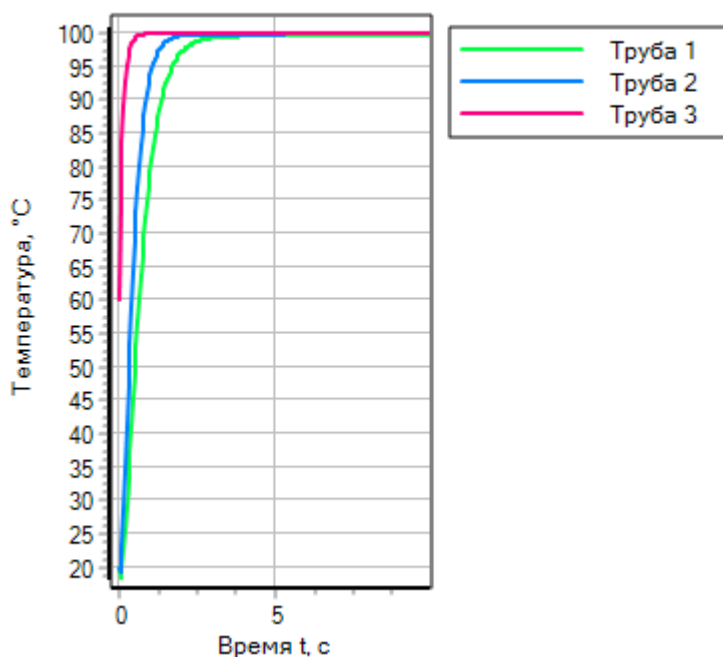


Рис. 3. Давление в трубопроводе

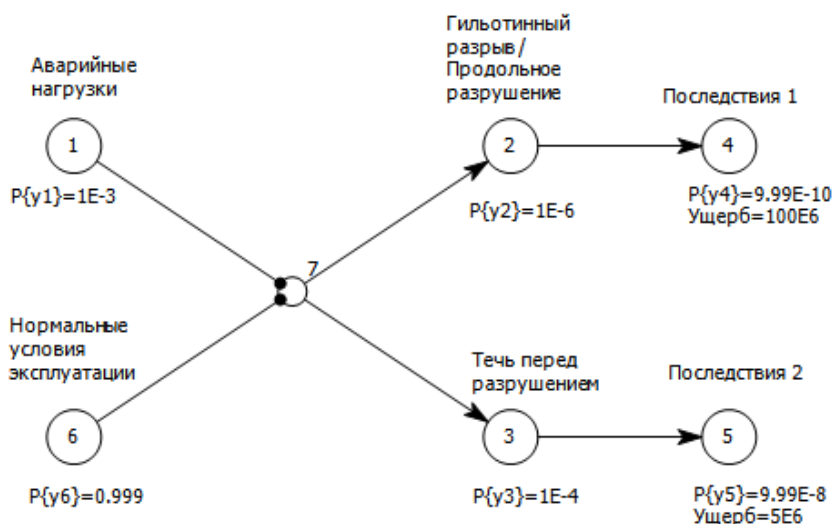


**Рис. 4.** Температура теплоносителя в трубопроводе

Расход теплоносителя в Трубе 2 равный  $g_2 = 286$  кг/с характеризует масштаб утечки теплоносителя из трубопровода при установившемся давлении  $P = 1E7$  Па.

Рассмотренная технология моделирования может успешно применяться для структурно-сложных инженерных систем [8].

Во втором численном эксперименте выполнена оценка риска для трубопровода с течью теплоносителя. На Рис. 5 приведена схема функциональной целостности (СФЦ) для логико-вероятностной модели (ЛВМ) трубопровода, выполненная в графическом редакторе ПК АРБИТР [10].



**Рис. 5.** Схема функциональной целостности ЛВМ трубопровода

На СФЦ функциональным вершинам 1, 2, 3 и 6 поставлены в соответствие возможные события (условия) и вероятности их реализации. Фиктивная вершина 7 использована для логического сложения условий 1 и 6. Результатами вычислений являются вероятности возможных последствий аварийных событий  $P\{y_4\} = 9.99E - 10$ ,  $P\{y_5\} = 9.99E - 8$ , а также средневзвешенный ущерб, равный 0,5994.

Представленная технология СФЦ/ЛВМ может быть распространена на структурно-сложные инженерные системы [17].

## ВЫВОДЫ

Представленные в работе компьютерные технологии динамического и логико-вероятностного моделирования структурно-сложных инженерных систем применяют российское программное обеспечение: САПР SimInTech и ПК АРБИТР. Они нашли применение в различных отраслях промышленности, в том числе в строительстве. Большой потенциал существует для использования данных программных средств в учебных целях при преподавании ряда дисциплин студентам НИУ МГСУ. С точки зрения проведения научных исследований, разработок новой продукции и выполнения экспертных оценок рассмотренное программное обеспечение также является перспективным.

Особо следует отметить доступность технической поддержки программного обеспечения со стороны разработчиков.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Колотыркину И.П., коммерческому директору ООО «ЗВ Сервис», за предоставленную лицензию на использование системы автоматического проектирования SimInTech.

Автор выражает благодарность Можяевой И.А., к.т.н, ведущему специалисту исследовательского отдела ООО «СПИК СЗМА», за предоставленную лицензию на использование программного комплекса ПК АРБИТР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Акимов П.А., Белостоцкий А.М., Кабанцев О.В., Сидоров В.Н., Туснин А.Р.* О национальном вычислительном комплексе для строительной отрасли // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2022. Т. 18. № 1. С. 151-155.
2. ГОСТ Р ИСО Конструкции строительные. Основные принципы надежности. – М.: Стандартинформ, 2016, 66 с.
3. ГОСТ Р ИСО 18824-2013 Практические аспекты менеджмента риска. Общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений. – М.: Стандартинформ, 2015, 39 с.
4. Махутов Н.А., Поленин В.И., Потехин А.А. Унифицированные структурные схемы функционирования элементов структурно-сложных объектов с отражением влияния неблагоприятных и поражающих факторов // *Морская радиоэлектроника*. 2015. № 1. С. 50-53.
5. *Поленин В.И., Потехин А.А., Ребенок Ю.С.* Моделирование технического риска и риска аварии структурно-сложных объектов с отражением влияния неблагоприятных и отражающих факторов // *Национальная Ассоциация Ученых*. 2015. № 5-2. С. 68-73.
6. *Поленин В.И., Потехин А.А.* Методика построения логико-вероятностных моделей структурно-сложных технических систем для оценки риска и безопасности их функционирования // *Региональная информатика и информационная безопасность*. 2017. Вып. 4. С. 364-369.
7. Среда динамического моделирования SimInTech. [Электронный ресурс]. URL: <https://simintech.ru/> (дата обращения: 05.12.2022).
8. *Щекатуров А. М., Корсаков А. Р.* Методика моделирования динамики паротурбинной установки ТК-35/38-3,4 на базе кода HS. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 242 с.
9. Программный комплекс ПК АРБИТР. URL: <https://szma.com/arbitr/o-programme/>
10. *Рябинин И.А., Можяев А.С., Свиринов С.К., Поленин В.И.* Технология автоматизированного моделирования структурно-сложных систем // *Морская радиоэлектроника*. 2008. № 2. С. 52-55.
11. Сиваков И.П., Холодных П.В. Многоцелевой программный комплекс структурного анализа и обеспечения надежности, безопасности и живучести автоматизированных технических комплексов и их управляющих систем. // *Моделирование и Анализ Безопасности и Риска в Сложных Системах: Труды Международной Научной Школы МА БР - 2014 (Санкт-Петербург, 18 – 20 ноября, 2014 г.) / ГОУ ВПО «СПбГУАП»*. СПб., 2014. С. 229-239.
12. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2016, 28 с.
13. Руководство по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах". Серия 27. Выпуск 8.– М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2015. – 56 с.
14. ГОСТ Р 51901.14-2005 Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности. - М.:

- Стандартинформ, 2005, 18 с.
15. ГОСТ Р 51901.13-2005 Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. М.: Стандартинформ, 2005, 11 с.
  16. Руководство по применению концепции безопасности «Течь перед разрушением» к трубопроводам АЭУ, Р-ТПР-01-99, МАЭ, Москва, 1999, 49 с.
  17. Гладкова И.А. Логико-детерминированный метод определения структурных последствий возникновения аварийных ситуаций в сложных системах // Проблемы анализа риска. 2012. Т. 9. №2. С. 36-46.

# СОВОКУПНАЯ ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ ОТАПЛИВАЕМОГО ПОМЕЩЕНИЯ И ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

С.М. Усиков<sup>1</sup>, В. Прилущий<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>UsikovSM@mgsu.ru

<sup>2</sup>prilutchii@gmail.com

## Аннотация

Одной из важнейших задач, возлагаемых на системы обеспечения микроклимата, является поддержание теплового комфорта в помещении в требуемом диапазоне. Взаимное влияние тепловой инерции помещений и использование современной автоматической регулирующей арматуры является важным фактором в обеспечении параметров в заданном диапазоне. Разница гармонических изменений наружной температуры воздуха одновременно с изменением гармонических и прерывистых тепловых потоков, влияющих на тепловой комфорт помещения, создает колебание температуры помещения. Современные технические решения систем водяного отопления подразумевают применение различного рода регуляторов, однако учет их влияния на динамический тепловой режим помещений учитывается крайне редко. Таким образом, актуальным предоставляется изучение взаимного влияния совокупной тепловой инерции помещений и системы водяного отопления, а также с учетом автоматического регулирования теплового потока за счет регулирующей арматуры современных систем.

## ВВЕДЕНИЕ

Колебания наружной и внутренней температуры, вызванные переменным режимом климатических факторов, оказывает существенное влияние на режим работы инженерных систем, отвечающих за тепловой комфорт помещения. При поддержании теплового режима большую роль играет тепловая инерционность помещения при нестационарном тепловом потоке. Большой вклад в решение вопросов, связанных с передачей тепла в нестационарных условиях, внес Фокин К.Ф. При расчете простых систем можно прибегнуть к аналитическому расчету, который позволяет приближенно рассчитать температурное поле. В части сложных систем необходимо использовать численные сеточные методы, которые как правило реализуются на ЭВМ и относятся к тепловому полю внутри строительных конструкций. Большую работу проделала Малявина Е.Г. [1-4] в части расчетов темпа остывания зданий и помещений после отключения системы отопления, а также необходимости учета инерционности конструкций при работе систем охлаждения. Взаимодействие переменного теплового режима зданий и системы отопления оказывает существенное влияние на тепловой комфорт. Ввиду того, что современная регулирующая арматура реагирует на изменение внутренней температуры помещения путем перекрытия теплового потока, необходимо обратить внимание на инерционность отопительных приборов. Достаточно тяжело аналитически определить тепловой поток отопительного прибора при нестационарном режиме, поэтому большинство исследований проводятся в специализированных лабораториях. В работах Пухкала В.А. рассматривается аналитический способ определения теплоотдачи отопительного прибора в зависимости от различных факторов его конструкции.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе рассматривается совокупная тепловая инерция помещения и отопительных приборов аналитическим методом.

Тепловая инерция ограждений помещения:

В работе [5] изложена концепция теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий. Отношение амплитуды колебания теплового потока  $A_Q$ , действующего на внутреннюю поверхность ограждающей конструкции, к амплитуде колебаний температуры на этой поверхности  $A_\tau$ , называется коэффициентом теплоусвоения внутренней поверхности ограждающей конструкции, который определяется по формуле:

$$Y_{в.п} = \frac{A_Q}{A_\tau}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}), \quad (1)$$

где  $A_Q$  – амплитуда колебаний теплового потока, действующего на внутреннюю поверхность ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ;

$A_\tau$  – амплитуда колебаний температуры на поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ .

Приближенный расчет коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждающей конструкции состоит в следующем:

1. Если слой резких колебаний укладывается в прилегающий к внутренней поверхности слой, т.е. если  $D_1 \geq 1$ , то:

$$Y_{в.п} = s_1, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}), \quad (2)$$

где  $D_1$  – показатель тепловой инерции слоя 1, прилегающего к внутренней поверхности ограждающей конструкции. Для многослойной ограждающей конструкции с числом слоев  $I$  показатель тепловой инерции определяется как сумма показателей  $D$  для всех слоев:

$$D = \sum_{i=1}^I R_i \cdot s_i, \quad (3)$$

где  $s_i$  – коэффициент теплоусвоения материала,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , определяется по справочным данным, или рассчитывается по формуле:

$$s = \frac{A_Q}{A_\tau}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}), \quad (4)$$

$R_i$  – термическое сопротивление слоя резких колебаний,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$ , определяется по формуле:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}, \quad (5)$$

где  $\delta_i$  – толщина  $i$ -ого слоя рассматриваемого пирога конструкции, м;

$\lambda_i$  – теплопроводность материала  $i$ -ого слоя рассматриваемого пирога конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ .

2. Если слой резких колебаний захватывает следующий слой и для этого слоя  $D_2 \geq 1$ , то сначала определяется  $Y_2$  поверхности стыка первого и второго слоев, который принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала второго от внутренней поверхности конструкции слоя  $Y_2 = s_2$ , и тогда:

$$Y_{в.п} = \frac{R_1 s_1 + Y_2}{1 + R_1 Y_2}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}). \quad (6)$$

3. Если  $D_i \geq 1$  имеет только слой  $n$  от наружной поверхности, то  $Y_{n-1} = s_n$ :

$$Y_{n-1} = \frac{R_{n-1} \cdot s_{n-1} + Y_n}{1 + R_{n-1} \cdot Y_n}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}). \quad (7)$$

Пункты 1-3 актуальны для ограждения, разделяющего зоны внутреннего и наружного помещений. Если ограждающая конструкция разделяет два помещения с одинаковыми колебаниями температуры, к примеру тонкую перегородку, то на оси этой перегородки отсутствует тепловой поток ( $A_Q = 0$ ).

1. Если показатель тепловой инерции  $D\delta/2 \leq 1$ , то на оси  $Y_2 = 0$ , тогда:

$$Y_{в.п} = R_1 \cdot s_1^2, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (8)$$

2. Если показатель тепловой инерции  $D \geq 2$  тогда:

$$Y_{в.п} = s_1, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для безынерционной ограждающей конструкции, например, для окна, определяется по формуле:

$$Y_{в.п} = \frac{1}{R_{ок} - R_в}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \quad (9)$$

где  $R_{ок}$  – общее приведенное сопротивление теплопередаче окна,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;  
 $R_в$  – сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности окна,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ,  
 рассчитывается по формуле:

$$R_в = \frac{1}{\alpha_в}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}, \quad (10)$$

где  $\alpha_в$  – коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ограждающей конструкции, для окон равен  $8,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

Тепловая инерция отопительного прибора:

Для расчета инерционности отопительных приборов будет использована методика, рассмотренная в работе [6]:

- процесс нагревания:

$$\Delta t_{пр} = \Delta t_{пр.уст} \left( 1 - e^{-\frac{\tau}{T_{пр}}} \right), \text{°C}. \quad (11)$$

- процесс охлаждения:

$$\Delta t_{пр} = \Delta t_{пр.уст} e^{-\frac{\tau}{T_{пр}}}, \text{°C}. \quad (12)$$

где  $T_{пр}$  – постоянная времени прибора, которую можно определить по формуле:

$$T_{пр} = M_{пр} c_{пр} / (k_{пр} F_{пр}), \quad (13)$$

где  $M_{пр}$  – масса прибора, определяется по формуле:

$$M_{пр} = M_{мат} + M_в, \text{ кг}, \quad (14)$$

где  $M_в$  и  $M_{мат}$  – масса воды и материалов, из которых изготовлен отопительный прибор, соответственно, кг, принимается по каталогам соответствующего производителя;

$c_{пр}$  – удельная массовая теплоемкость прибора,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$ , определяется по формуле:

$$c_{пр} = M_в c_в + M_{мат} c_{мат} / (M_в + M_{мат}), \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°C}), \quad (15)$$

где  $c_в$  и  $c_{мат}$  – удельная теплоемкость воды и материалов, из которых изготовлен отопительный прибор, соответственно,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$ ;

$k_{пр}$  – коэффициент теплоотдачи отопительного прибора,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , определяется по формуле:

$$k_{пр} = \frac{Q_{пр}}{F_{пр} 70}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \quad (16)$$

где  $Q_{ну}$  – номинальный тепловой поток отопительного прибора при нормальных условиях, Вт, принимается по каталогам соответствующего производителя;



$F_{пр}$  – площадь наружной теплоотдающей поверхности отопительного прибора,  $m^2$ , принимается по каталогам соответствующего производителя;

$\Delta t_{пр.уст}$  – установившийся температурный напор в конце переходного периода,  $^{\circ}C$ , определяется по формуле:

$$\Delta t_{пр.уст} = t_{пр.уст} - t_{в}, \text{ } ^{\circ}C, \quad (17)$$

где  $t_{пр.уст}$  – установившаяся температура всех составляющих элементов отопительного прибора,  $^{\circ}C$ , принимается равным  $70^{\circ}C$ , при условии температурного графика по проекту  $80/60^{\circ}C$ .

Влияние индивидуального автоматического регулирования у отопительных приборов:

Отклонение температуры внутреннего воздуха от нормированной может возникать как под воздействием прерывистых и гармонических колебаний теплового потока. К гармоническим относятся колебания теплового потока под действием изменения температуры наружного воздуха, или, например, охлаждения/нагрева поверхности отопительного прибора. К прерывистым можно отнести: солнечную радиацию, освещение, человека. Современные системы отопления оснащены автоматически терморегуляторами, которые путем изменения расхода теплоносителя поддерживают оптимальную температуру отапливаемого помещения.

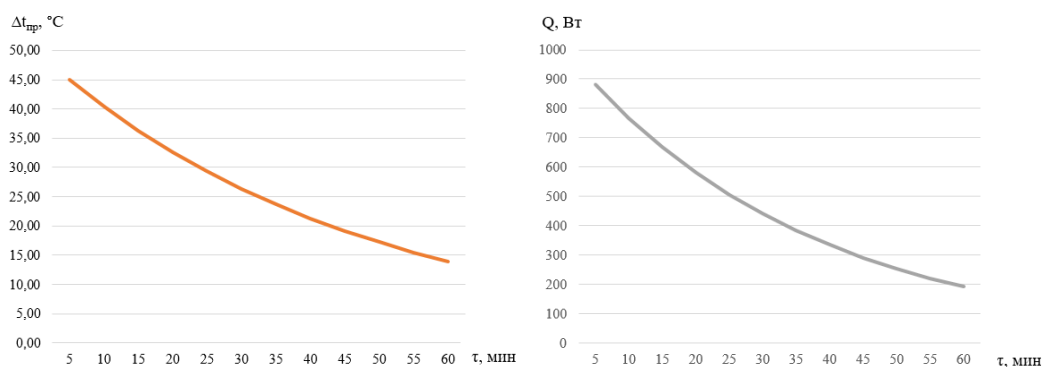
Определить скорость реакции термостатического клапана и влияние на совокупную тепловую инерцию помещения, отопительного прибора и индивидуального регулирования [7] аналитически достаточно сложно. Для этого необходимо провести ряд натурных экспериментов. Кроме того, индивидуальное автоматическое регулирование в системе отопления вызывает переменность гидравлического режима [8-10], что в свою очередь может повлиять на теплоотдачу других отопительных приборов системы. Поэтому, в данном исследовании, процесс регулирования поступления теплоносителя в отопительный прибор рассматривался как дискретный (открыто/закрыто).

Для расчета тепловой инерции отопительного прибора было взято испытуемое помещение, в котором применено водяное отопление. Это рядовая комната площадью  $23,8 m^2$  многоквартирного жилого здания. Жилой дом расположен в г. Анапе. Климатические характеристики района строительства взяты по г. Краснодар. Основные составляющие конструкции комнаты: несущая стена площадью  $7 m^2$ , световой проем площадью  $6 m^2$ , перегородки площадью  $24,3 m^2$ , внутренняя несущая стена площадью  $13,2 m^2$ , а также пол и потолок площадью комнаты. В жилом здании была спроектирована лучевая схема системы отопления с поквартирным регулированием через распределительные коллекторы на этажах.

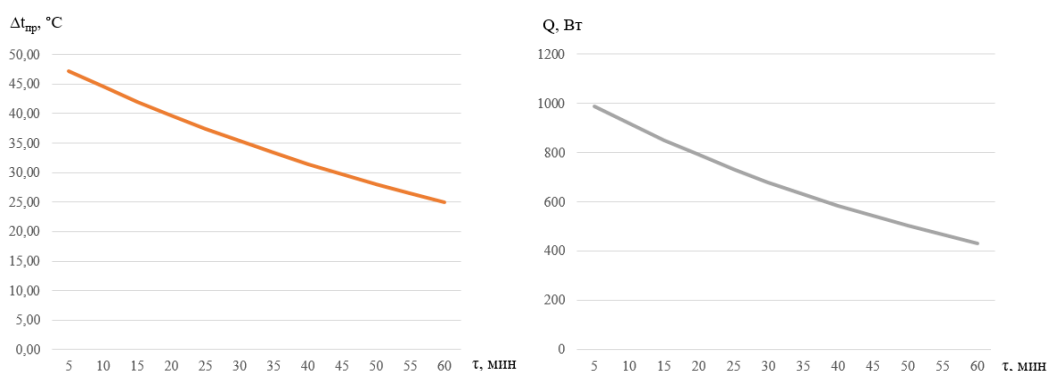
Для анализа изменения теплоотдающей способности было введено условие отключения циркуляции теплоносителя системы отопления на срок в 1 час. Для более точного анализа этот период был разбит на интервалы по 5 минут. Также для исследования были взяты 3 разных отопительных прибора: стальной панельный радиатор, биметаллический секционный радиатор и конвектор. Полученные данные покажем на рисунках 1-3.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

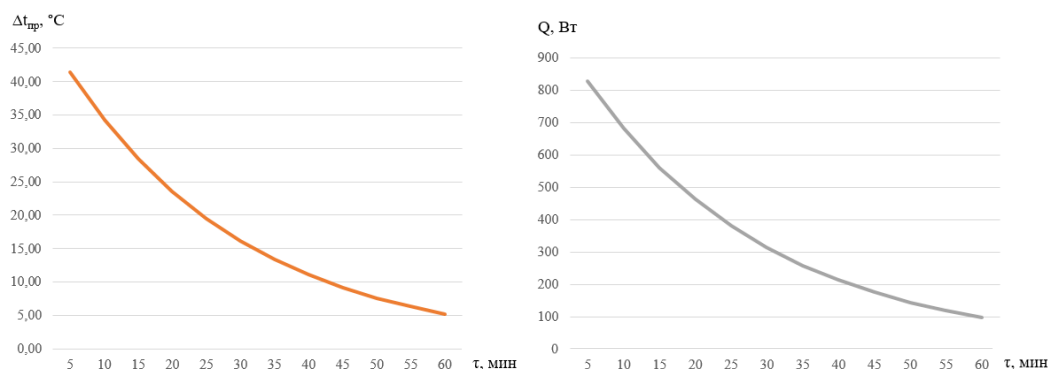
Для выбранных типов отопительных приборов, согласно формулам (11-17) было определено изменение их теплоотдачи при полном перекрытии потока теплоносителя. Результаты расчета приведены на рисунках 1-3.



**Рис. 1.** Изменение теплоотдачи биметаллического секционного радиатора в зависимости от времени перекрытия поступления теплоносителя



**Рис. 2.** Изменение теплоотдачи стального панельного радиатора в зависимости от времени перекрытия поступления теплоносителя



**Рис. 3.** Изменение теплоотдачи внутривольного конвектора в зависимости от времени перекрытия поступления теплоносителя

Тогда амплитуду колебаний температуры воздуха в случае гармонических тепловых воздействий можно определить по формуле:

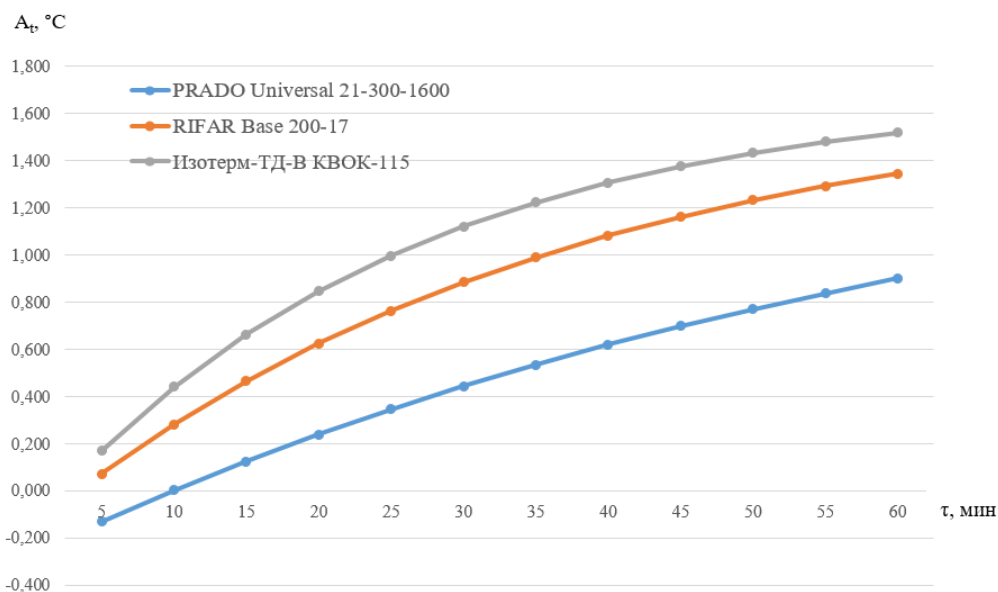
$$A_{t_B} = \frac{0,9A_Q}{\frac{1}{1/Y_{II} + 1/(\alpha_B \sum A_i)} + P_{\text{вент}}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (18)$$

где  $P_{\text{вент}}$  – показатель теплопоглощения вентиляционного воздухообмена, Вт/°C.

В случае с прерывистыми колебаниями по формуле:

$$A_{t_B} = \frac{0,9Q_{II}}{\frac{1}{\Omega_{\text{макс}}/Y_{II} + 1/(\alpha_B \sum A_i)} + P_{\text{вент}}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (19)$$

Ввиду того, что в данной работе рассматривалось изменение температуры помещения только под действием гармонических колебаний от остывающих отопительных приборов, прерывистые колебания не учитывались. Тогда изменение  $A_Q$  – есть разница между теплоотдачей отопительного прибора через  $n$ -ый интервал времени отключения циркуляции системы отопления (описывалось ранее) и компенсацией трансмиссионных тепловых потерь и потерь на нагрев инфильтрующегося воздуха. Стоит отметить, что аналитически тяжело проанализировать реальную  $\Delta t$ , которая будет возникать между отопительным прибором и гармонически остывающей внутренней температуры помещения, поэтому было сделано допущение на постоянную температуру. Изменение внутренней температуры воздуха по причине отключения циркуляции системы отопления с учетом тепловой инерции помещения представлены по рисунку 4.



**Рис. 4.** Изменение температуры внутреннего воздуха после отключения циркуляции системы отопления в течение 1 часа

По результатам расчета можно отметить, что снижение теплоотдачи самого неинерционного прибора – в данном исследовании внутрипольного конвектора, снижается за пол часа более чем на 70 %, снижение температуры в помещении за это время происходит на 1,1 °C. Снижение теплоотдачи самого инерционного прибора – в данном исследовании стального панельного радиатора, снижается за пол часа менее чем на 35 %, снижение температуры в помещении за это время происходит на 0,4 °C.

## ВЫВОДЫ

По результатам проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

1. В настоящей работе представлена методика и результаты расчета по определению совокупной тепловой инерции помещения и отопительного прибора
2. Учет совокупной тепловой инерции помещения и отопительного прибора позволяет оценить возможные колебания параметров теплового комфорта при автоматическом регулировании
3. Тепловая инерция прибора значительно влияет на изменение температуры воздуха в помещении, при отключении работы системы отопления, или при автоматическом регулировании

Стоит отметить, что полученные данные вероятнее всего имеют расхождения с действительными условиями. Во-первых, при расчете тепловой инерции отапливаемого помещения была взята модель пустого пространства, когда как в реальности предметы,

мебель, техника находящиеся в помещении обладают тепловой инерцией. Во-вторых, в процессе расчета не были учтены прерывистые тепlopоступления, которые в свою очередь могли оказать влияние на итоговый результат. В-третьих не учтен фактор плавного регулирования потока теплоносителя в отопительный прибор, которое наблюдается в реальных случаях автоматического индивидуального регулирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малявина, Е. Г. Расчет темпа остывания помещения после отключения теплоснабжения / Е. Г. Малявина // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2015. – № 2. – С. 55-58. – EDN TIKDIB.
2. Малявина, Е. Г. Учёт теплоустойчивости помещения при расчёте нагрузки на охлаждение помещения / Е. Г. Малявина // *Сантехника, Отопление, Кондиционирование*. – 2020. – № 2(218). – С. 80-84. – EDN QBVVDT.
3. Малявина, Е. Г. Влияние теплового режима наружных ограждающих конструкций на нагрузку системы отопления при прерывистой подаче теплоты / Е. Г. Малявина, Р. Р. Асатов // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2010. – № 3. – С. 324-327. – EDN NTLBWX.
4. Малявина, Е. Г. Сопряженный расчет нестационарного теплового режима водяной системы отопления и здания / Е. Г. Малявина, Д. Ю. Петров // *Жилищное строительство*. – 2012. – № 6. – С. 66-69. – EDN NRBBUP.
5. Малявина Е.Г., Самарин О.Д. *Строительная теплофизика и микроклимат зданий: [учебник по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение зданий, сооружений и населенных пунктов»]* / Е.Г. Малявина, О.Д. Самарин; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Москва: Издательство МИСИ–МГСУ, 2018. — 288 с.
6. Пухкал, В. А. Исследование инерционности отопительных приборов / В. А. Пухкал // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 5. – С. 269. – EDN SZVMAX.
7. Chen H., Riley J., Chen A., Williams L., HahN W., Henry R. Pressure sustaining valves // *ASHRAE Journal*. 2019. № 9. Pp. 24—32.
8. Милейковский В.А. Исследование переменного тепло-гидравлического режима однотрубных вертикальных систем водяного отопления // *Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы V конференции*. М.: МГСУ, 2013. С. 133—139.
9. Dinu R.C., Popescu D. Solutions with differential pressure in heating with radiators // *ASHRAE Journal*. 2016. № 4. Pp. 137—142.
10. Kent W. Peterson. Avoiding common chilled water distribution problems // *ASHRAE Journal*. 2015. № 7. С. 50–56.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОУСТАНОВОК В ЧЕЛЯБИНСКЕ

**Е.Ю. Анисимова**

*Южно-Уральский государственный университет (НИУ), 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76,  
anisimova.eyu@mail.ru*

## **Аннотация**

В статье освещается вопрос энергетической эффективности использования гелиоустановок (солнечных коллекторов) в условиях климата города Челябинска. На сегодняшний день задача эффективного использования энергетических ресурсов является актуальной. Рассматривается два вида солнечных коллекторов, наиболее распространенных в настоящее время – плоских и вакуумных. Выполнены расчеты для определения необходимой тепловой мощности системы горячего водоснабжения; расчеты для определения теплосъема и подбора вакуумного солнечного коллектора с учетом географических особенностей местности и характеристик самого оборудования; а также теплосъема и подбора плоского солнечного коллектора с учетом всех особенностей расчета. В разделе «Энергоэффективность гелиоустановок» приводятся стоимости единиц тепловой и электрической энергии в городе Челябинск и сопоставляются с полученными значениями количества энергии, вырабатываемой гелиоустановками, делается вывод об эффективности их использования.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время задача эффективного использования энергетических ресурсов является актуальной. Известно, что расходование топливно-энергетических ресурсов на нужды климатизации зданий в нашей стране является неэффективным, примерно в 2,9 – 4,3 раза выше, чем в странах северной Европы со схожим климатом. Это приводит к постоянному росту тарифов за энергоресурсы, а также к снижению теплового комфорта в помещениях. Решение задачи по повышению эффективности использования ресурсов на нужды климатизации зданий возможно путем разработки и внедрения энергосберегающих мероприятий, технологий и оборудования.

В соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» в России все большее внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Солнечная энергия на сегодняшний день является наиболее доступным, неисчерпаемым и перспективным источником тепловой энергии, который позволяет в разы экономить электрическую и тепловую энергию. В Европе солнечные установки давно нашли широкое применение, тогда как в России данное направление только развивается. Довольно интересным является вопрос, насколько эффективно использовать солнечную энергию в условиях климата Южного Урала.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Вопросу разработки, расчета и подбора гелиоустановок для работы систем горячего водоснабжения, а возможно и отопления, посвящено большое количество работ [1–5]. Анализ литературы показал, что авторы выделяют две основные конструкции солнечных коллекторов – это плоские и вакуумные. В технической литературе представлены различные методики расчета солнечных коллекторов, однако некоторые из них являются довольно поверхностными и не учитывают многих важных климатических факторов. Другие алгоритмы, наоборот, отличаются высокой степенью сложности расчета, в том числе потому, что используют большое число параметров, некоторые из которых невозможно найти в технической и справочной литературе.

Достоинствами вакуумных гелиоустановок являются низкие тепловые потери, работоспособность в холодное время года. Плоские солнечные коллекторы отличаются меньшей начальной стоимостью и имеют более высокую производительность тепловой энергии летом.

Таким образом, ввиду вышеуказанного, была поставлена задача оценить возможность и эффективность использования разных видов солнечных установок в климатических условиях Южного Урала. Для этих условий по стандартной формуле был определен расход теплоты на систему горячего водоснабжения (ГВС) для теплого периода года и для всего года (с учетом холодного периода), при этом норма  $N$  расхода горячей воды на одного человека в сутки составляет 100 л согласно [6]:

$$Q = 1,163 \cdot N \cdot m \cdot (60 - t_x) \quad (1)$$

где  $m$  – количество жителей, чел.;  $t_x$  – температура водопроводной (холодной) воды, °С, в холодном водопроводе.

$$Q_{\text{сут}}^{\text{теп}} = 1,163 \cdot 100 \cdot 3 \cdot (60 - 15) = 15\,701 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{хол}} = 1,163 \cdot 100 \cdot 3 \cdot (60 - 5) = 19\,190 \text{ Вт}.$$

В итоге расход теплоты на систему ГВС за теплый период (6 месяцев или 183 дня) составил 2 873,2 кВт, а за холодный период (6 месяцев или 182 дня) – 3,5 МВт. Годовой расход теплоты  $Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = 6,37 \text{ МВт}$ .

### Расчет вакуумного солнечного коллектора

Задача расчета заключается в определении оптимального направления и угла наклона коллектора для получения от него максимальной эффективности в среднем за период использования. Для решения задачи использовалась методика [7, 8].

Челябинск расположен на Южном Урале – 55° с.ш. Климатические данные региона приводятся в [7, 9–12].

По вышеуказанной методике определялись для условий г. Челябинска угол склонения Солнца в расчетные дни  $\delta$ ; часовые углы захода (восхода) Солнца для горизонтальной  $\omega_3$  и наклонной  $\omega'_3$  поверхностей; коэффициент пересчета прямого излучения с горизонтальной на наклонную поверхность  $R_n$ ; находилось отношение среднемесячных дневных количеств солнечной радиации, поступающих на наклонную поверхность с южной ориентацией  $R$ , и среднемесячное дневное количество суммарной солнечной энергии, поступающей на наклонную поверхность солнечного коллектора  $E_k$ .

Расчеты производились исходя из условия подбора угла наклона коллектора к горизонту  $\beta$  таким образом, чтобы получить наибольшее количество суммарной солнечной энергии. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета дневного количества суммарной солнечной энергии

| Месяц                                     | I     | II       | III      | IV  | V         | VI    | VII  | VIII | IX   | X         | XI       | XII      | Σ        |
|---|-------|----------|----------|-----|-----------|-------|------|------|------|-----------|----------|----------|----------|
| δ, град                                   | -20,9 | -13      | -2,4     | 9,7 | 18,8      | 23,1  | 21,2 | 13,5 | 2,2  | -9,6      | -18,9    | -23      |          |
| ωЗ, град                                  | 57    | 71       | 87       | 104 | 119       | 127,5 | 124  | 110  | 93   | 76        | 61       | 53       |          |
| arccos<br>(-tg<br>(φ - β) ·<br>tgδ, град  | 78,8  | 83       | 89       | 95  | 100       | 103   | 101  | 97   | 91,1 | 85,1      | 80       | 78       |          |
| ω'З, град                                 | 57    | 71       | 87       | 95  | 100       | 103   | 101  | 97   | 91   | 76        | 61       | 53       |          |
| Rn  | 3,4   | 2,3      | 1,6      | 1,3 | 1,1       | 0,99  | 1,02 | 1,17 | 1,47 | 2,05      | 3,0<br>2 | 3,9      |          |
| R   | 1,16  | 1,3<br>5 | 1,2<br>4 | 1,1 | 1,02      | 0,98  | 0,99 | 1,06 | 1,16 | 1,35      | 1,6<br>3 | 1,5<br>7 |          |
| Ек, кВт/<br>(м <sup>2</sup> ·месяц)<br>ц) | 18,9  | 46,<br>8 | 99,<br>4 | 121 | 163,<br>6 | 161   | 163  | 138  | 96,6 | 56,5      | 30,<br>1 | 18,<br>3 | 111<br>3 |
| Ек, МДж/<br>(м <sup>2</sup> ·месяц)<br>ц) | 68,2  | 169      | 358      | 436 | 589       | 578   | 588  | 496  | 348  | 203,<br>5 | 108      | 65,<br>8 | 400<br>7 |

Результаты расчета показывают, что с учетом самого оптимального наклона к горизонту ( $\beta=28^\circ$ ) на 1 м<sup>2</sup> поверхности вакуумного солнечного коллектора в течение года поступает 1 113 кВт солнечной энергии, тогда как потребность в тепловой энергии дома за этот период составляет 6 365,68 кВт.

Согласно [7], так как вакуумный коллектор вырабатывает тепловую энергию в течение всего года, площадь коллектора рассчитывается для месяца апреля:

$$F = Q_{\text{мес}}^{\text{мен}} / E_k, \quad (2)$$

$$F = 30 \text{ дней} \cdot 15,701 \text{ кВт} / 121,1 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{месяц}) = 3,89 \text{ м}^2$$

Для установки солнечного водоснабжения выбираем 2 вакуумных коллектора Vitosol 300-T SP3A со следующими характеристиками: площадь абсорбера – 2 м<sup>2</sup>; оптический КПД – 80,9%; коэффициент теплопотерь  $k_1=1,37$  Вт/(м<sup>2</sup>·К); коэффициент теплопотерь  $k_2=0,0068$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

С учетом действительного КПД, рассчитанного по [8], минимальное значение КПД данного вакуумного коллектора составляет для декабря – 79,5%, а максимальное для июня – 80,3%. Результаты расчета отражены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчета фактического КПД вакуумного коллектора и доли покрытия тепловой энергии

| Месяц  | I    | II   | III  | IV   | V    | VI    | VII  | VIII  | IX   | X    | XI   | XII  |
|--|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| Действ. КПД, %   | 79,5 | 80,1 | 80,2 | 80,2 | 80,3 | 80,3  | 80,3 | 80,26 | 80,2 | 80,1 | 79,5 | 79,5 |
| $E_k$ , кВт/(м <sup>2</sup> ·месяц) с учетом действ. КПД | 15   | 37,5 | 79,7 | 97   | 131  | 128,9 | 131  | 110,5 | 77,5 | 45,3 | 24,  | 14,5 |
| Требуемое кол-во тепла на месячный расход, кВт/месяц     | 595  | 537  | 595  | 471  | 487  | 471   | 487  | 487   | 471  | 595  | 576  | 595  |
| Вырабатываемое коллекторами кол-во тепла, кВт/месяц      | 60   | 150  | 319  | 389  | 525  | 516   | 524  | 442   | 310  | 181  | 96,1 | 58,1 |
| Доля покрытия тепловой энергии, %                        | 10   | 28   | 54   | 83   | 108  | 109   | 108  | 91    | 66   | 30   | 16,7 | 9,77 |

Для того, чтобы в течение всего года обеспечить нагрев воды на нужды ГВС от Солнца, нужно 2 вакуумных коллектора Vitosol 300-T SP3A, которые покрывают нагрузку на ГВС с мая по июль включительно, а среднегодовое потребление в горячей воде покрывается на 59,4%.

### Расчет плоского солнечного коллектора

Из-за специфики плоских солнечных коллекторов расчет проводился только для теплого периода года с апреля по сентябрь, для расчета использовалась методика [13].

Тепловая мощность солнечной установки зависит от теплового потока, который несет с собой прямое  $H_D$  и рассеянное  $H_D$  солнечное излучение, падающее на широте  $\phi$  данной местности на горизонтальную поверхность. По данной методике для условий г. Челябинска были определены среднесуточная температура воздуха  $t_{cp}$ , °С, и максимальная амплитуда колебаний суточных температур в течение теплого периода года  $A_t$ , °С; КПД плоского солнечного коллектора  $\eta_k$ ; удельный тепловой поток  $q$ , используемый в системе ГВС в каждый час безоблачного неба; величина теплового потока  $q'$ , падающего на 1 м<sup>2</sup> наклонной поверхности солнечного коллектора в каждый час безоблачного дня.

Расчет производится для каждого часа каждого расчетного месяца. Удельные тепловые потоки  $H_D$  и  $H_D$ , величина теплового потока  $q'$ , коэффициент полезного действия коллектора, и коэффициент  $\eta_1$ , учитывающий степень прозрачности атмосферы, равный 0,85 для Челябинской области, и коэффициент  $\eta_2$ , учитывающий потери тепла от солнечного коллектора до потребителя, равный 0,98 для локальных водонагревателей, представлены в таблице 3.



Таблица 3. Удельные тепловые потоки по каждому часу для июля

| Час   | $H_B, \text{Вт/м}^2$ | $H_D, \text{Вт/м}^2$ | $q', \text{Вт/м}^2$ | $\eta_1\eta_2$ | $q, \text{Вт/м}^2$ |
|-------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 5–6   | 134,75               | 56                   | 103,09              | 0,833          | 49,03              |
| 6–7   | 233,5                | 79,5                 | 266,52              | 0,833          | 126,77             |
| 7–8   | 360,25               | 97                   | 444,60              | 0,833          | 211,47             |
| 8–9   | 485,25               | 106,75               | 613,92              | 0,833          | 292,01             |
| 9–10  | 575,5                | 119                  | 746,07              | 0,833          | 354,87             |
| 10–11 | 654                  | 123                  | 852,16              | 0,833          | 405,33             |
| 11–12 | 698                  | 127,75               | 915,18              | 0,833          | 435,31             |
| 6–19  |                      |                      |                     |                | 1874,80            |

Тепловые потоки за каждый месяц для теплого периода года приведены в таблице 4.

Таблица 4. Удельные тепловые потоки за каждый месяц для теплого периода года

| Месяц                              | Апрель | Май     | Июнь    | Июль    | Август | Сентябрь |
|------------------------------------|--------|---------|---------|---------|--------|----------|
| $q, (\text{кВт/м}^2)/\text{сут}$   | 2,472  | 3,486   | 4,111   | 3,750   | 3,180  | 1,964    |
| $q, (\text{кВт/м}^2)/\text{месяц}$ | 74,168 | 108,075 | 123,342 | 116,238 | 98,588 | 58,921   |
| $q, (\text{МДж/м}^2)/\text{месяц}$ | 267,00 | 389,07  | 444,03  | 418,46  | 354,92 | 212,12   |

Анализируя результаты расчета, приходим к выводу, что меньшее количество тепловой энергии, падающей на поверхность плоского солнечного коллектора, приходится на сентябрь – всего 1 964,0 (Вт/м<sup>2</sup>)/сут. Площадь  $F, \text{м}^2$ , солнечных коллекторов определяется по формуле:

$$F = Q / \sum q_i, \quad (3)$$

где  $Q$  – суточная потребность в тепловой энергии, Вт, для горячего водоснабжения;  $\sum q_i$  – сумма значений тепловых потоков, Вт, рассчитанных для каждого часа солнечного дня в сентябре или в другом самом холодном месяце того периода, в течение которого должен работать солнечный коллектор.

$$F = 15\,701 / 1\,964 = 8 \text{ м}^2.$$

Количество  $W_m$ , кВт часов тепловой энергии, выработанной в солнечном водонагревателе, вычисляется отдельно для каждого месяца работы по формуле:

$$W_m = 10^{-3} \cdot z \cdot \sum q_i \cdot F \cdot \eta_o \cdot \eta_3, \quad (4)$$

где  $z$  – количество дней в месяце;  $\sum q_j$  – сумма значений тепловых потоков, Вт, рассчитанных для каждого рассчитываемого месяца;  $\eta_o$  – коэффициент, учитывающий реальные условия облачности, принимается равным 0,86;  $\eta_3$  – коэффициент, учитывающий потери, обусловленные нестационарным теплообменом при переменной облачности,  $\eta_3=0,9$ .

Результаты расчета количества тепловой энергии, выработанной плоскими коллекторами, представлены в таблице 5.

Таблица 5. Тепловые потоки за каждый месяц для теплого периода года, вырабатываемые в плоском солнечном коллекторе

| Месяц       | Апрель | Май   | Июнь   | Июль   | Август | Сентябрь |
|-------------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|
| $W_m$ , кВт | 459,25 | 669,2 | 763,73 | 719,74 | 610,45 | 364,84   |

Итого, за 6 теплых месяцев года на нужды ГВС жилого дома требуется 2 873,2 кВт тепловой энергии, тогда как в плоском коллекторе может быть выработано 3 587,2 кВт тепловой энергии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Энергоэффективность гелиоустановок

Рассмотрим, насколько экономически целесообразно применять вакуумные и плоские солнечные коллекторы в условиях Челябинской области.

Согласно данным Министерства тарифного регулирования и энергетики Челябинской области, по состоянию на 2022 год стоимость 1 Гкал тепловой энергии в городе Челябинске составляет 1 646,63 руб., стоимость 1 кВт электрической энергии составляет 3,58 руб.

Согласно вычислениям, вакуумные коллекторы в год способны вырабатывать 3 570,71 кВт тепловой энергии, что соответствует 3,57 Гкал, годовая экономия тепловой энергии составит:  $1\,646,63 \cdot 3,57 = 5\,880$  руб.; годовая экономия электрической энергии:  $3,58 \cdot 3\,570,71 = 12\,783,14$  руб.

Плоские коллекторы в течение теплого периода года вырабатывают 3 587,2 кВт тепловой энергии, что соответствует 3,587 Гкал, годовая экономия тепловой энергии составит:  $1\,646,63 \cdot 3,587 = 5\,907$  руб.; годовая экономия электрической энергии:  $3,58 \cdot 3\,587,2 = 12\,842,18$  руб.

## ВЫВОДЫ

В результате расчетов вакуумных и плоских гелиоустановок, основанных на разных методиках, были получены значения солнечной радиации, поступающей на поверхность коллекторов, и вырабатываемой ими тепловой энергии.

Количество энергии, вырабатываемой вакуумными в течение всего года и плоскими солнечными коллекторами в теплый период года в условиях Челябинска, равно 3,07 и 3,084 Гкал/год соответственно.

Данные результаты дают возможность говорить о средней энергоэффективности и экономичном использовании гелиоустановок в данном регионе на нужды системы горячего водоснабжения в теплый период года.

Два вакуумных коллектора Vitosol 300-T SP3A, полностью покрывают нагрузку на ГВС с мая по июль включительно, а среднегодовое потребление в горячей воде восполняется ими на 59,4%.

Применение плоского солнечного коллектора с апреля по сентябрь позволит получить 3 587,2 кВт тепловой энергии, при требуемых 2 873,2 кВт.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин Н.Д. Энергетическая и технико-экономическая эффективность солнечных водонагревательных установок // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2015. № 2 (60). С.51–59.
2. Маслова А.А., Сбитнев Е.А., Осокин В.Л. Анализ интенсивности солнечной радиации // Вестник НГИЭИ. 2015. № 4 (47). С.56–62.
3. Шишкин Н.Д. Комплексная оценка эффективности энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2014. № 2 (58). С.59–66.

4. *Старовойтов С.В.* Использование солнечной энергии в Ростовской области // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4 (43).
5. *Муколянци А.А., Музафаров А.Р.* Энергоэффективность использования установки горячего водоснабжения на основе солнечного коллектора // *Ceteris Paribus*. 2015. № 2. С.8–12.
6. СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\* (с изм.1, 2), М.: Минстрой России – 140 с.
7. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.1. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; Под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990 – 344 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
8. *Усталов Д.С.* Расчет солнечных коллекторов для Иркутска. Подробно и с выводами // Журнал СОК. 2015. № 1.
9. СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП23-01-99\*, М.: Минстрой России – 153 с.
10. Выпуск 9 «Научно-прикладного справочника по климату СССР». Серия 3 Многолетние данные. Части 1–6. Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области, Башкирская АССР. Ленинград Гидрометеоздат, 1990.
11. СНиП II-A.6-72 Строительная климатология и геофизика. Глава 6. Издательство литературы по строительству, 1973.
12. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения. Москва, 1993.
13. Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию. Часть 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/768/>.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИОНООБМЕННЫХ УСТАНОВОК ВОДОПОДГОТОВКИ КОТЕЛЬНЫХ

Д.В. Спицов<sup>1</sup>, А.М. Павелкова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>dvs43000@yandex.ru,

<sup>2</sup>annaskl2007@yandex.ru.

### Аннотация

В практике конструирования блоков водоподготовки котельных часто применяется технология ионного обмена. Известно, что большая часть сооружений водоподготовки построена более 50 лет назад с классическим прямоточным ионированием воды. Модернизация существующего оборудования с целью снижения эксплуатационных затрат и, соответственно, себестоимости подготовленной воды является актуальной проблемой. Одним из перспективных направлений является замена традиционной прямоточной технологии на противоточную, что позволит в 2-3 раза уменьшить себестоимость получаемой обессоленной или умягченной воды, за счет снижения как расходов реагентов, так и расхода воды, направляемой на собственные нужды котельной. В исследовании представлены рассуждения о выборе технологии водоподготовки, на основании требований нормативных документов и особенностей эксплуатации.

### ВВЕДЕНИЕ

Применение ионного обмена и мембранных технологий, и их сочетаний является наиболее распространенными методами водоподготовки для котельных, в сферах ЖКХ и производства. Основная задача подготовки воды состоит в доведении исходной воды до соответствия [1], [2], [3] с наименьшей себестоимостью очистки воды.

Наиболее часто используются следующие технологические схемы: для тепловых сетей – одноступенчатое натрий-катионирование, редко водород-катионирование с «голодной» регенерацией фильтров; для производства пара – применяется сочетание нескольких ионитных методов, например, двухступенчатое натрий-катионирование; Н-катионирование с «голодной» регенерацией с последующим двухступенчатым натрий-катионированием; частичное химическое обессоливание; (применяется при необходимости снижения солесодержания исходной воды) [4].

Все иониты, включая ионообменные смолы, применяемые для умягчения воды, имеют ограниченный ресурс. При насыщении смолы ионами кальция/магния и наступления равновесия с исходной водой наступает конец рабочего цикла. Ионный обмен обратим, поэтому ионит можно вернуть в первоначальное состояние. Этот процесс называется восстановлением или регенерацией ионита. Полный фильтроцикл ионитного фильтра включает рабочий период фильтра и период его регенерации. Регенерация ионитного фильтра состоит из следующих операций: взрыхления, пропуска регенерационного раствора и отмывки. [5].

Установки ионного обмена для подготовки воды просты, надежны в использовании, но при этом обладают значительными габаритами, требуют значительного расхода воды на собственные нужды и реагентов (поваренной соли и сильных кислот) для регенерации ионитов. Серьезной экологической проблемой являются образующиеся при регенерации кислотные/солевые стоки с высокой степенью минерализации (10000 мг/л) и значительные расходы воды на собственные нужды [6]. Особенностью эксплуатации систем водоподготовки котельных являются значительные колебания расхода воды, как связанные с отопительным периодом, так и с особенностями изменения тепловой нагрузки в системе ГВС. Сброс производственных стоков от станций ионного обмена водоподготовки, в том числе регенерационных вод, в систему городской канализации,

должен осуществляться в соответствии с нормами [7]. В случае превышения ПДК показателем сточных ПДК для приема в систему централизованного водоотведения выполняется предварительная очистка сточных вод на локальных или промышленных очистных сооружениях. Таким образом, анализ количества и состава сточных вод, образующихся при регенерации химводоподготовки котельных является актуальным и позволит определить пути снижения образования стоков, а также обеспечить надежность и барьерную роль сооружений в целом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одной из важных задач проектирования и реконструкции систем подготовки воды для систем теплоснабжения, является снижение расходов на подготовку  $1\text{ м}^3$  воды, в том числе за счет снижения количества реагентов и уменьшения образования сточных вод. Ионообменная технология очистки воды и конденсатов реализуется в насыпных ионитных фильтрах следующих типов:

- ФИПа I - фильтры ионитные параллельно-прямоточные первой ступени (рис. 1.);
- ФИПа II - фильтры ионитные параллельно-прямоточные второй ступени;
- ФИПр - фильтры ионитные противоточные; ФИПр-2П - фильтры ионитные двухпоточно-противоточные;
- ФИСДНр - фильтры ионитные смешанного действия с наружной (выносной) регенерацией;
- ФИСДВр - фильтры ионитные смешанного действия с внутренней регенерацией;
- ФР - фильтры-регенераторы для ФИСД с наружной регенерацией.

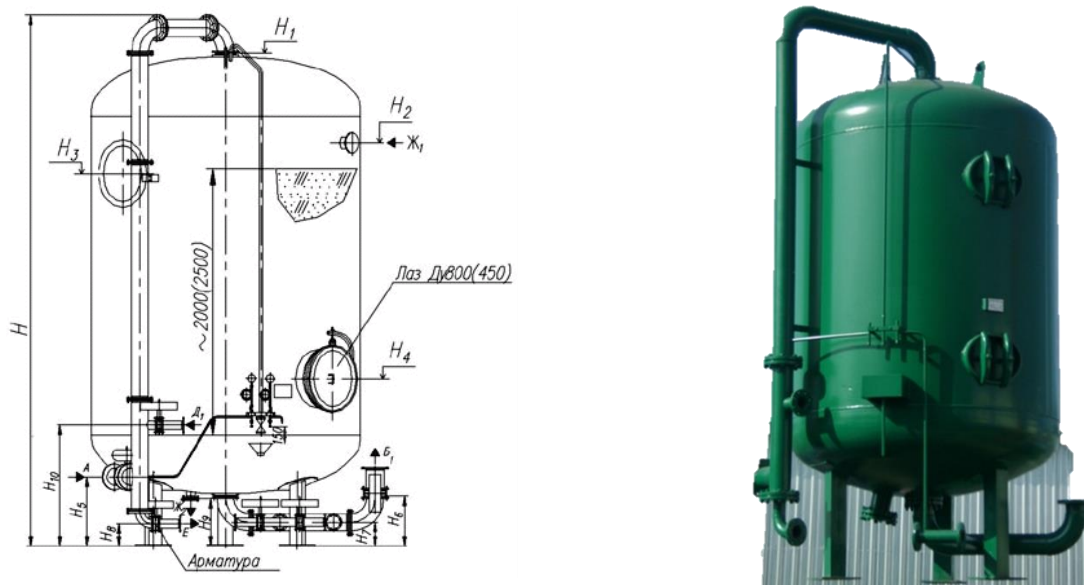
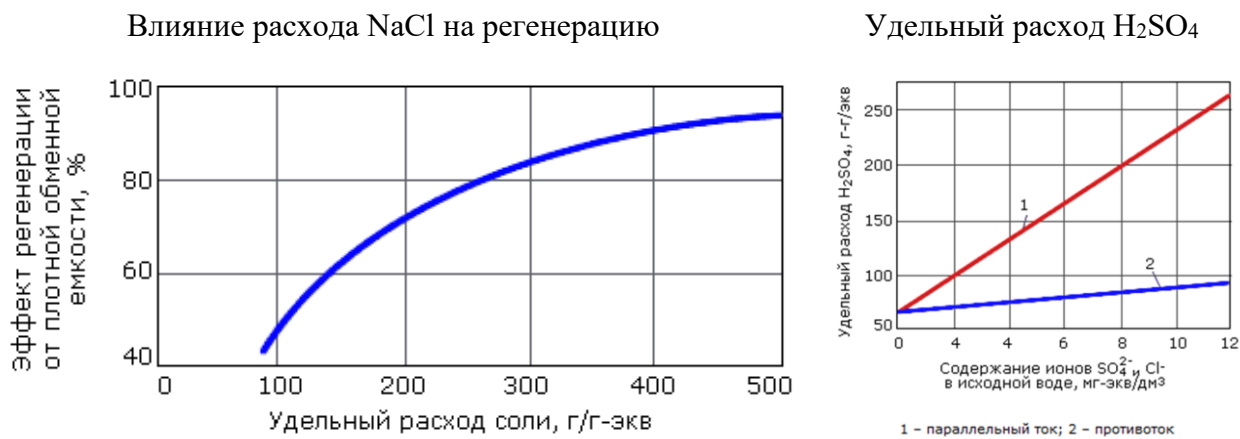


Рис. 1. Стандартный параллельно-прямоточный фильтр первой ступени ФИПа

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

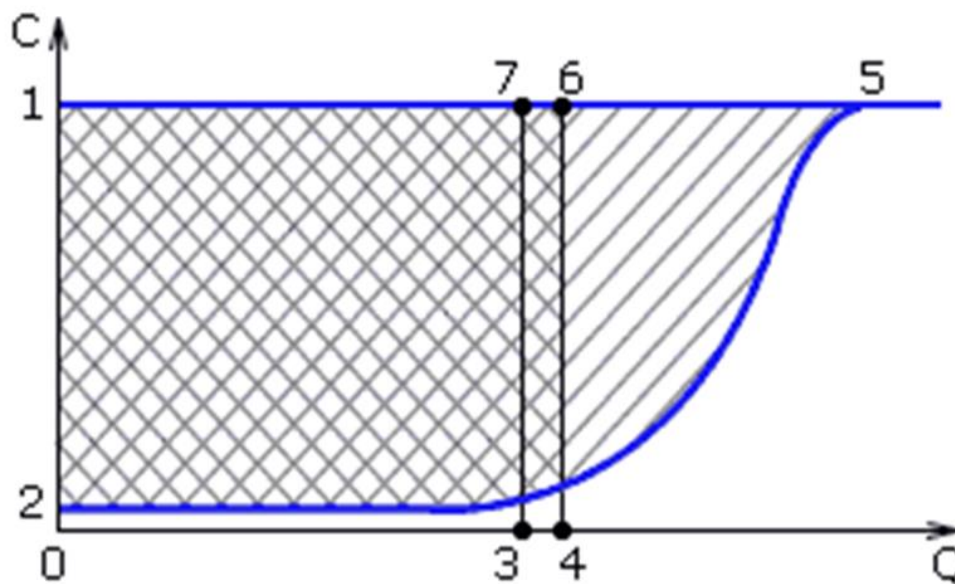
Обратимость ионного обмена позволяет многократно использовать дорогостоящие иониты в технологии обработки воды. Регенерация заключается в пропуске через ионообменную смолу концентрированного раствора, например, раствора поваренной соли,  $\text{NaCl}$  для  $\text{Na}$ -катионирования или любой сильной кислоты,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  для  $\text{H}$ -катионирования.

Промывка происходит по одной из двух основных схем: в направлении насыщения или в противоположном — говорят о прямоточной и противоточной регенерации соответственно [8]. Графики удельного расхода реагентов, приведены на рисунке 2.



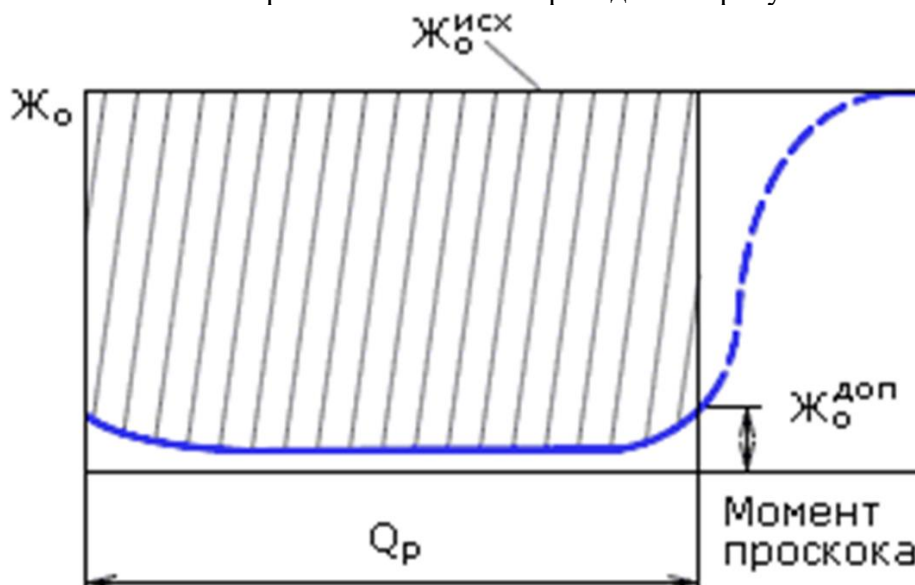
**Рис. 2.** Графики удельного расхода реагентов

В практических условиях работы установок ионного обмена при многократном проведении регенераций обменная емкость используется не полностью, а лишь частично. Поэтому количество ионов, которое может быть поглощено ионитом до полного его насыщения в процессе эксплуатации (с учетом неполноты его использования) называют динамической обменной емкостью (ДОЕ). [9]. При работе установок водоподготовки фильтроцикл проводят до тех пор, пока концентрация удаляемого иона в фильтрате не достигнет определенной допустимой величины (называемой проскоком), как правило, значительно меньшей его концентрации в исходной воде. К этому времени обменная емкость фильтра использована не полностью и, очевидно, что на степень ее использования будет влиять ширина рабочего участка, т.е. область между исходной и нулевой концентрациями удаляемых ионов. Распределение концентраций на этом участке носит название фронта фильтрования. Таким образом, процесс ионного обмена прекращают задолго до полного насыщения ионита. В каждом цикле очистки используется лишь часть полной обменной способности ионита – его рабочая обменная способность (РОЕ), или полная динамическая обменная способность, рис. 3. Динамическая (рабочая) обменная ёмкость всегда меньше статической в связи с тем, что она зависит от расхода реагента на регенерацию, вида удаляемых ионов, значения рН среды и пр.



**Рис. 3.** График изменения обменной емкости ионита

Выходная кривая жёсткости подготовленной воды при помощи натрий-катионирования с моментом проскока жёсткости приведена на рисунке 4.



**Рис. 4.** График изменения жесткости воды при натрий-катионировании

Процесс ионного обмена при наступлении проскока жесткости не прекращается, но качество подготовленной воды перестает соответствовать нормам. Применение такой воды может привести к образованию накипи на теплопередающих поверхностях, что приводит к поломкам оборудования. Фильтр отключается для проведения регенерации. Основным реагентом является хлорид натрия в связи с его небольшой стоимостью, широким распространением, отсутствием образования кислотных/щелочных стоков системы водоподготовки. При этом создается относительно большая концентрация натрия в регенерационном растворе, и они вытесняют из катионита поглощенные им ионы жесткости (кальций и магний), которые переходят в раствор и удаляются из фильтра путем отмывки. При эксплуатации происходит постепенное снижение РОЕ и уменьшение времени фильтроцикла. Ионит используется в среднем 3-5 лет, затем заменяется полностью.

## ВЫВОДЫ

Сравнение традиционной прямоточной и противоточной регенерационных технологий, показывает, что пропуск регенерационного раствора, противонаправленный рабочему потоку фильтрации в ионите обладает рядом преимуществ. Наиболее значительное преимущество, состоит в том, что самый глубоко отрегенированный ионит находится в нижней части ионообменного слоя фильтра, расположенного в зоне выхода очищенной воды. Поэтому, при прохождении воды через слой ионита, она последовательно вступает в контакт с ионообменной смолой со все более увеличивающейся глубиной регенерации. Таким образом обеспечивается максимальное качество обессоливания, с уменьшением проскока ионов и максимальным использованием рабочей ёмкости ионита. Регенерация осуществляется быстрее и эффективнее, со сниженным расходом реагентов, с использованием меньшего количества промывных вод, снижением объёма стоков и общей себестоимости.

В настоящее время известны несколько конструкций противоточного фильтрования, принципиально различающихся по направлениям потоков: поток воды – снизу-вверх, регенерация – сверху вниз; поток воды – сверху вниз, регенерация – снизу-вверх.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 20995-75 Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 мпа Показатели качества питательной воды и пара - Введ. 1977-05-01.
2. РД 24.032.01-91 Методические указания "Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнологических котлов". СПб., АО НПО ЦКТИ - Введ. 1991-07-01.
3. РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля. СПб., АО НПО ЦКТИ, ЦКТИ - Введ. 1991-07-01.
4. *Лифшиц О. В.* Справочник по водоподготовке котельных установок. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: «Энергия», 1976. - 288 с.
5. *Орлов В.А., Квитка Л.А.* Водоснабжение: Учебник. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 443 с.
6. *Первов А.Г., Спицов Д.В., Говорова Ж.М.* Разделение высокоминерализованных стоков с применением нанофильтрационных мембран для упрощения их последующей утилизации // Мембраны и мембранные технологии. – 2021. - Т. 11. - № 5. - С. 345 - 359.
7. Постановление Правительства РФ от 22 мая 2020 г. № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод» и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации.
8. *Жадан А.В., Бушуев Е.Н.* Практическая реализация противоточной технологии ионного обмена // Вестник ИГЭУ. - 2012. - №5. -С. 10-15.
9. *Первов А. Г.* Технологии очистки природных вод: учебник для вузов - М.: АСВ, 2020. - 600 с.



# ОРГАНИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

**И.Ю. Пурусова**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84,  
vps\_na@list.ru*

## **Аннотация**

Анализ энергопотребления на водозаборных сооружениях из подземных источников выявил, что на подачу воды приходится значительное количество всего объема эксплуатационных затрат. Необходимость обеспечения оптимальной производительности совместно работающих погружных насосов, подтверждается Федеральным законом Российской Федерации № 261 «Об энергосбережении». Рациональное использование энергоресурсов, определяется проведением мероприятий по повышению энергетической эффективности на водозаборных сооружениях. Ожидаемый эффект, от проведения организационных мероприятий по сокращению затрат энергоресурсов, рассчитывается в количественных – стоимостных показателях работы водозаборных сооружений, с учётом потребляемой электроэнергии погружными насосными агрегатами.

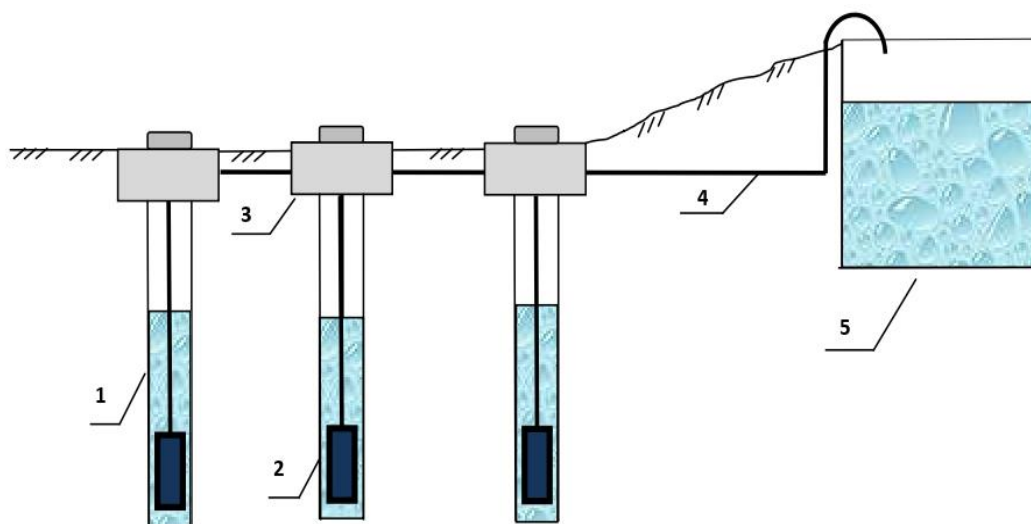
Предлагается построение алгоритма мероприятий по сокращению затрат энергоресурсов на водозаборных сооружениях. Соответствие параметров насосных агрегатов оптимальной производительности, существенно экономит электроэнергию и позволяет максимально использовать имеющийся потенциал энергосбережения. Критерием энергетической эффективности работы погружных насосов является сокращение затрат электроэнергии на перекачивание воды. Водозаборные сооружения работают в оптимальном режиме, если производительность каждого насоса соответствует паспортным данным.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время актуальна проблема поиска и внедрения энергосберегающих технологий на водозаборных сооружениях из подземных источников. Как показали исследования значительная часть водозаборных скважин функционирует с высокими энергетическими затратами на подъём воды. Причиной этому является неверно установленная марка насоса, потери напора в трубопроводах, подающих воду в сборный водовод. Мониторинг потребления электроэнергии показал, что на подачу воды приходится около половины всех эксплуатационных затрат на водозаборных сооружениях. В настоящее время неуклонный рост тарифов на электроэнергию, заставляет всё больше внимания уделять вопросам снижения потребления электроэнергии в сфере водоснабжения [1-4]. При этом необходима оптимальная производительность совместно работающих насосов на водозаборных сооружениях. Актуальность решения этой задачи подтверждается Федеральным законом Российской Федерации № 261 «Об энергосбережении» [5].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Водозаборные сооружения включают в себя гидравлически взаимосвязанные элементы инженерной системы [4-5], рисунок 1.

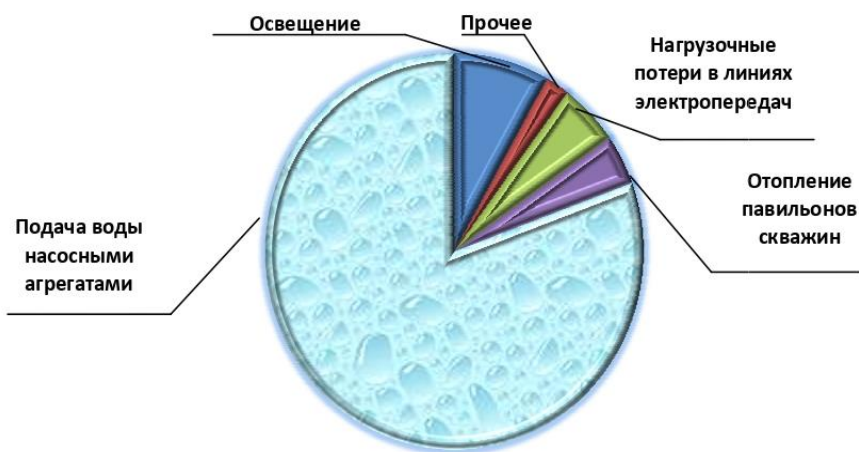


**Рис. 1.** Схема водозаборных сооружений из подземных источников

1 – водозаборная скважина; 2 – насосные агрегаты; 3 - павильон скважины; 4 – сборный водовод; 5 – РЧВ (резервуар чистой воды)

Добыча подземных вод осуществляется из скважин центробежными насосными агрегатами ЭЦВ (электрический центробежный вертикальный). Опыт эксплуатации насосных агрегатов выявил, что на режим работы каждого насоса оказывают влияние технологические характеристики системы: водозаборная скважина – РЧВ [6-14]. На водозаборных сооружениях не редко устанавливаются насосы, с завышенными характеристиками по напору и расходу, что приводит к существенному перерасходу электроэнергии. Комплексный расчёт водозаборных сооружений из подземных источников позволяет определить их производительность, понижение уровня воды в скважинах, потери напора в трубопроводах, подобрать марку насосов с учётом совместной работы, а также по ГОСТ Р 587885-2019 рассчитать стоимость жизненного цикла погружных насосных агрегатов [15]. В процессе функционирования водозаборных сооружений определяются эксплуатационные затраты и даётся оценка степени надежности работы насосных агрегатов.

В настоящее время на процесс эксплуатации водозаборных сооружений ощутимое влияние оказывает рост платы за потребленную электроэнергию при подъёме воды. На диаграмме показана в долях структура потребления электроэнергии на водозаборных сооружениях, с учётом потерь в линиях электропередач, рисунок 2.



**Рис. 2.** Структура потребления электроэнергии на водозаборных сооружениях

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка функциональной диагностики водозаборных сооружений и внедрение мероприятий по сокращению затрат энергоресурсов приведёт к повышению эффективности их работы. Для оптимальной работы погружных насосов требуемая подача и напор должны соответствовать параметрам и условиям эксплуатации водозаборных сооружений. Ожидаемый эффект, от проведения организационных мероприятий по сокращению затрат энергоресурсов, рассчитывается в количественных – стоимостных показателях работы водозаборных сооружений, с учётом потребляемой электроэнергии насосными агрегатами.

Показатель ожидаемого экономического эффекта от мероприятий по энергосбережению на водозаборных сооружениях, определяется по формуле 1:

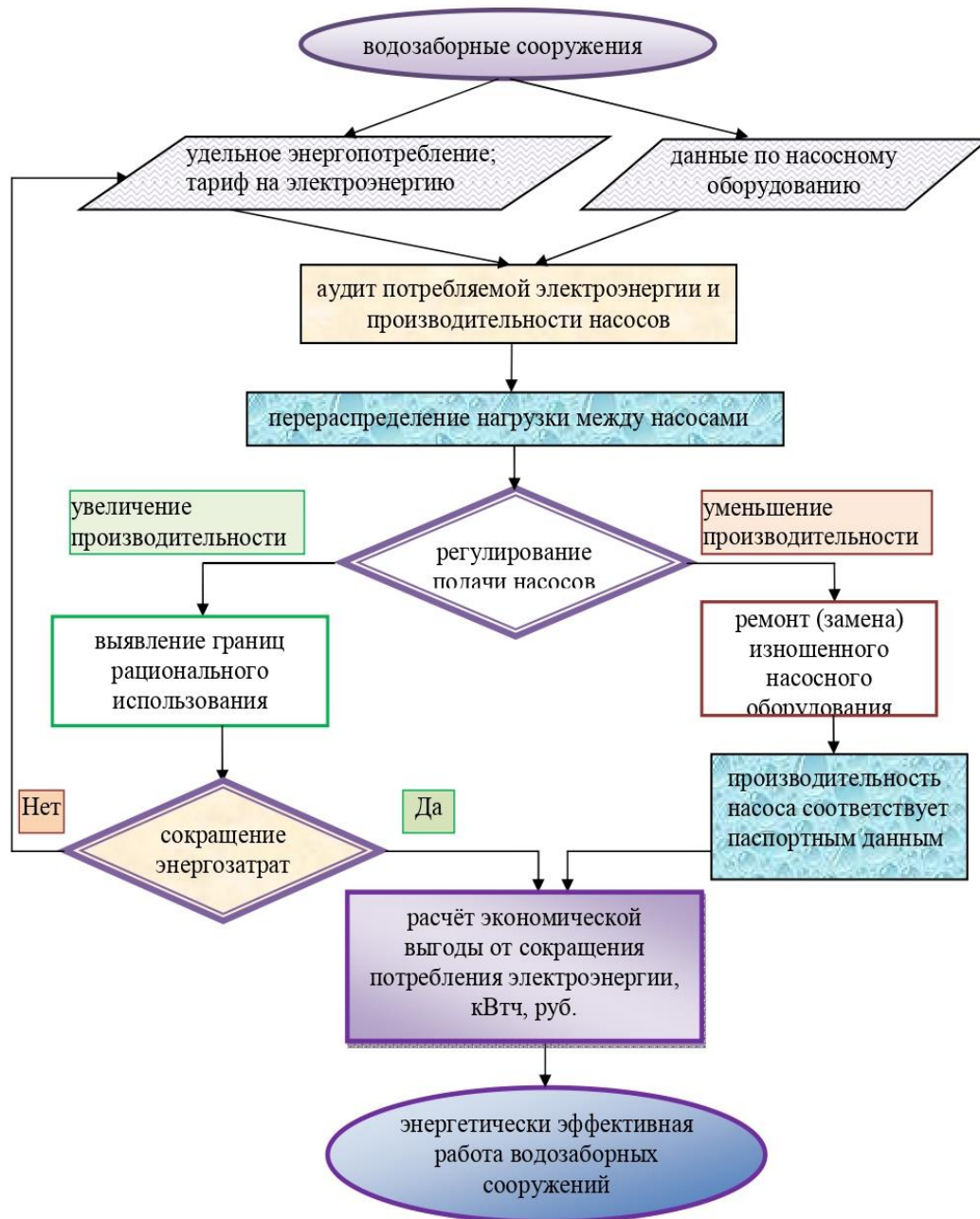
$$\sum \mathcal{E}_i = P - \sum C_i - \sum A_j, \text{руб.} \quad (1)$$

где,  $P$  – стоимость реализации подачи воды на водозаборных сооружениях, руб.;  $\sum C_i$  – стоимость проведения мероприятия в расчете на год, руб.;  $\sum A_j$  – альтернативные издержки, в случае невыполнения мероприятия в установленный срок, руб.;  $i$  – мероприятие энергосбережения;  $j$  – вид издержек, в случае невыполнения мероприятия в установленный срок.

Стоимостной показатель экономического эффекта от мероприятий по энергосбережению рассчитанный для водозаборных сооружений состоящих из трёх скважин (рис. 1), с установленными насосными агрегатами ЭЦВ 10-63-65 и электродвигателем 22 кВт, с учётом текущих и капитальных затрат, за год составит:

$$\sum \mathcal{E}_i = 9\,851\,000 - 7\,500\,000 - 480\,000 = 1\,871\,000, \text{руб.}$$

Мероприятия по сокращению затрат энергетических ресурсов на водозаборных сооружениях из подземных источников показаны в виде алгоритма, на рисунке 3.



**Рис. 3.** Алгоритм мероприятий по сокращению энергозатрат на водозаборных сооружениях из подземных источников

Важным фактором надёжной эксплуатации насосных агрегатов является их согласованная работа в системе: скважина – насос – сборный водовод – РЧВ. Экономия энергоресурсов насосными агрегатами зависит от напорной характеристики установленный насосных агрегатов, а также возможности регулирования их производительности. Определяющие параметры водозаборных сооружений – подача и напор, подвержены существенным изменениям, что требует правильного подбора насосного оборудования. Выбор марки погружных насосов должен решаться на основании расчета совместной работы составляющих элементов системы.

## ВЫВОДЫ

Оптимальное перераспределение нагрузки между работающими насосными агрегатами и своевременное выявление изменения производительности – способствует снижению

суммарных энергозатрат и уменьшению затрат на электроэнергию в себестоимости водоснабжения. Стоимостной показатель экономического эффекта от мероприятий по энергосбережению на водозаборных сооружениях составит 1,87 млн., руб. в ценах 2022 г. Сокращение потерь энергетических ресурсов ведёт к повышению энергоэффективности работы водозаборных сооружений из подземных источников.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лезнов Б. С.* Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуходувных установках / Б. С. Лезнов // Москва: Энергопромиздат. - 2006. - 360 с.
2. *Фисенко В. Н.* Энергетическая эффективность насосов в системах водоснабжения и водоотведения / В.Н. Фисенко // Водоснабжение и санитарная техника. - 2018. - № 6. - С. 52-63.
3. *Али М. С.* Особенности расчета переходных процессов в водоводах насосных станций в условиях образования разрывов сплошности потока / М. С. Али, Д. С. Бегляров, Э. Е. Назаркин // Природообустройство. - 2020. - № 4. - С. 122-128.
4. *Стрелков А. К.* Концепция развития и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения г. о. Самара / А. К. Стрелков, В. В. Бирюков, М. В. Шувалов, Ю. А. Егорова // Водоснабжение и санитарная техника. -2018. - № 12. - С. 4-8.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
6. *Щербаков В. И., Пурусова И. Ю.* Выбор расположения сооружений для забора подземных вод / В. И. Щербаков, И. Ю. Пурусова // В сборнике: Яковлевские чтения XIII Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти академика РАН С.В. Яковлева. М-во образования и науки Рос. Федерации, Московский государственный строительный университет. - 2018. С. - 140-144.
7. *Пурусова И. Ю.* Управление подачей воды от скважин в резервуар чистой воды / К. И. Чижик, В. И. Щербаков // В сборнике: Яковлевские чтения - 2022: Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения. Сборник докладов участников XVII Международной научно-технической конференции. Москва. - 2022. - С. 113-117.
8. *Пурусова И. Ю.* Энергетически оптимальная работа водозаборных сооружений из подземных источников / И. Ю. Пурусова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2018. - Т. 45. - № 4. - С. 59-67.
9. *Пурусова И. Ю.* Фактическая производительность погружных насосов / И.Ю. Пурусова // Энергосбережение и водоподготовка. - 2019. - № 4 (120). - С. 26-28.
10. *Пурусова И. Ю.* Математическое моделирование оперативного управления водоподъемными станциями / И. Ю. Пурусова, В. И. Щербаков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2014. - Т. 2. - № 4-2 (9-2). - С. 310-313.
11. *Щербаков В. И.* Пути повышения производительности водозаборных сооружений подземных вод / В. И. Щербаков, И. Ю. Пурусова // в сборнике: Яковлевские чтения сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. - 2017. - С. 248-252.
12. *Щербаков В.И.* Анализ совместной работы водозаборных сооружений из подземных источников / В. И. Щербаков, И. Ю. Пурусова // в книге: Методология безопасности среды жизнедеятельности Программа и тезисы IV Крымской Международной научно-практической конференции. Под редакцией: А.Т. Дворецкого, Т.В. Денисовой, А.Е. Максименко. - 2017. - С. 85.
13. *Чижик К. И.* Энергетические затраты на подъем воды из подземных источников / К. И. Чижик, В. И. Щербаков, И. Ю. Пурусова // в сборнике: Яковлевские чтения. Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. - 2020. - С. 208-211.
14. *Пурусова И.Ю.* Сокращение затрат потребляемой электроэнергии на водозаборных сооружениях из подземных источников // И. Ю. Пурусова / В сборнике: Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2021". материалы XIII Международной научно-практической конференции. Новочеркасск. - 2021. - С. 43-48.
15. *Баженов В. И.* Методика расчета стоимости жизненного цикла для оборудования, систем и сооружений водоснабжения и водоотведения / В. И. Баженов, С. Е. Березин, Г. А. Самбурский // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. - 2017. - № 4. - С. 34-41.

# ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МЕХАНИЗАЦИИ ПОДВОДНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Д.В. Бубнов<sup>1</sup>, К.А. Волнушкина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*Kronenparty@gmail.com*

<sup>2</sup>*volnushkina\_ksenia@mail.ru*

## Аннотация

Механизация необходима для более безопасных и эффективных подводно-строительных работ в портовых районах. Уже достигнут прогресс в развитии беспилотного строительства и осмотра сооружений на суше, в основном потому, что можно использовать радиоволны и оптические изображения, которые являются эффективными способами удаленного контроля работы и управления роботами. Разрабатываются телеуправляемые подводные строительные машины. Тактильная информация вводится как средство управления строительными машинами, заменяющее визуальную информацию. Компонентами технологий управления являются визуализация тактильного изображения, силовая обратная связь и аналогичный фигурный контроллер. Разработать беспилотные методы работы под водой непросто, потому что это особая рабочая среда, где подводная мутность и взвешенные твердые частицы мешают оператору видеть объект работы, рассеивая свет. В этом отчете представлена дистанционная работа подводной обратной лопаты на основе двусторонней операции, которая была разработана для преодоления таких трудностей.

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что в России уже насчитывается 67 портов, которые расположены на берегах пяти морских бассейнов, объединяющих 12 морей трех океанов и внутреннее Каспийское море, согласно документу «Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года» одной из целей поставлено строительство новых портов и усовершенствование старых. Основываясь на этом документе, можно утверждать, что для России механизация подводно-строительных работ является способом упрощения достижения поставленных целей и является актуальной проблемой, поскольку многие портовые и портовые сооружения строятся под поверхностью воды, большая часть их строительства, проверок и диагностики, а также технического обслуживания и ремонта выполняется под водой, и весомая часть этого требует ручной работы водолазов. Необходимо как можно быстрее внедрить технологию, которая позволит выполнять эти подводные работы более безопасно и эффективно. Например, эту роль может занять АО «Научно-Производственное Предприятие Подводных Технологий «Океанос», которое разрабатывает и поставляет технику и технологии для подводно-технических, океанологических, океанографических, аварийно-спасательных, специальных водолазных работ при освоении шельфовой зоны России.

Основная часть подводных работ на портовых строительных объектах в настоящее время выполняется изнурительным ручным трудом водолазов, производительность которого недостаточна. Кроме того, сложно обеспечить безопасность дайверов, а продолжительность погружения в воде ограничена. По мере того, как строительные площадки портов перемещаются в более глубокие районы, а также в связи с увеличением масштабов порта возрастает потребность в механизации для более безопасных и эффективных строительных работ. Для этого уже были разработаны пилотируемые подводные экскаваторы. Это привязанные водонепроницаемые строительные машины с обратной лопатой, которыми управляют водолазы, садящиеся на борт. Эффективность работы повышается в несколько раз за счёт внедрения пилотируемых подводных

экскаваторов по сравнению с ручным трудом водолазов. Однако по-прежнему остаются два вида проблем. Первая проблема – недоступность визуальной информации из-за мутной морской воды или грязи, вызванной непосредственно строительными работами. Так как управлять пилотируемыми подводными экскаваторами без визуальной информации невозможно, они способны работать только в прозрачной морской воде. Решение – использование информации, заменяющей визуальную. Вторая проблема – это затруднительное обеспечение безопасности оператора, а также ограниченность непрерывной работы одного оператора из-за давления воды. Решением - дистанционное управление подводными экскаваторами с поверхности.

Разработка телеуправляемых подводных строительных машин, которые используют тактильную информация как средство управления строительными машинами, заменяющее визуальную информацию стала объектом экспериментов исследовательского института портов и аэропортов и компании Saeki Kensetsu Kogyo. Компонентами технологий управления являются визуализация тактильного изображения, силовая обратная связь и аналогичный фигурный контроллер [2].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

### **Концепции подводных строительных машин с телеуправлением.**

Дистанционная работа на суше. Телеуправляемые наземные строительные машины были разработаны для использования на опасных строительных площадках. В этих случаях абордаж просто заменялся системой радиоуправления. Только операторы перенесены с операторских мест на места возле строительных машин. Это то же самое, что операторы смотрят на машины невооруженным глазом. Впоследствии на строительных машинах были установлены телекамеры для дистанционного управления, например, при строительстве после стихийных бедствий. Это простая комбинация обычного устройства радиоуправления и телевизионных камер. Телеоперация с телекамерами по сути эквивалентна обычному радиоуправлению человеческими глазами. Причина, по которой дистанционно управляемые строительные машины могут быть использованы на строительных площадках после стихийных бедствий, заключается в том, что четкие видеоизображения высокого разрешения в реальном времени, можно получить с помощью телевизионных камер, находящихся в воздухе. Распознавание состояния строительных работ при непосредственном взгляде невооруженным глазом и при просмотре через телекамеры практически одинаковы. В обоих случаях зрительные образы обрабатываются в мозгу человека. Для телеуправления строительными машинами не требуется никаких технологий обработки изображений, поскольку телевизионные камеры могут предоставить достаточно визуальной информации.

Проблема дистанционного управления в воде. В отличие от наземных строительных работ, визуальная информация, как правило, неудовлетворительна под водой, особенно в портовых районах из-за мутности морской воды. Это означает, что телекамеры неэффективны на подводных строительных площадках. Для подводных строительных машин следует разработать систему управления без визуальной информации.

Человеческие чувства и телеприсутствие. Считается, что человек воспринимает информацию извне преимущественно посредством зрения, малая часть получена слуховым чувством, тактильным ощущением, и чувствами обоняния и вкуса. Зрение очень важно для человека. Системы телеуправления с обычными телевизионными камерами и стандартным звуковым оборудованием не способны обеспечить идеальное телеприсутствие. Делается вывод о том, что операторы склонны концентрироваться на обработке зрительной информации, поскольку полагаются на зрительное восприятие как на основное средство распознавания. Именно по этой причине операторы игнорируют информацию, отличную от визуальной.

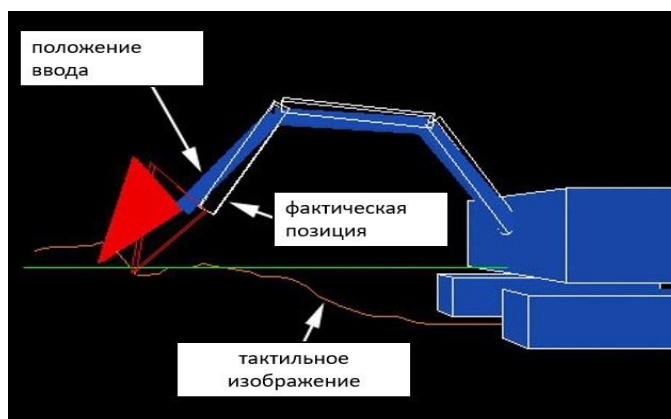
Введение тактильной информации. Так как каждая строительная работа осуществляется контактами рабочих органов строительных машин и предметов, поэтому

можно получить информацию из удалённых мест о состоянии исполнения по контактным точкам. Кроме того известно, что осязание доминирует в восприятии формы, когда зрение периферическое и нечеткое [5]. Тактильное чувство и силовая обратная связь кажутся эффективными для получения информации даже в том случае, если визуальное чувство неэффективно. Тактильное чувство включает в себя как тактильное чувство, так и силовую обратную связь. Это означает, что тактильная информация будет эффективна при подводных строительных работах.

### **Компоненты технологий для подводных строительных машин с телеуправлением.**

Визуализация тактильного изображения. Трудно распознать общий вид исполнения с тактильным ощущением. Одна из причин заключается в том, что первоначальная форма тактильной информации передается в режиме реального времени и является временной во время контакта. Человек создает тактильный образ в своем мозгу, когда касается предметов. Однако со временем он исчезает из его воспоминаний. Визуализация тактильного изображения полезна для распознавания общего представления о выполнении, поскольку оно накапливает всю информацию и показывает ее столько времени, сколько необходимо. Визуализация тактильного образа заключается в преобразовании информации, полученной тактильным чувством, в визуальный образ. Положения точек контакта рассчитываются по углам шарнирного сочленения рабочих органов строительной машины. Конфигурация объекта визуализируется компьютерной графикой. Сенсорная замена обратной связи по силе посредством вибротактильных и слуховых модальностей для задач телеуправления улучшила работу оператора [7].

В этом исследовании технология дополненной реальности используется для визуализации положения точек контакта между строительной машиной и объектом с помощью трехмерного дисплея и позволяет оператору распознавать конфигурацию объекта. Визуализированное тактильное изображение экспериментальной наземной модели телеуправляемой подводной обратной лопаты показано на рисунке 2 [2]. Это вид сбоку на обратную лопату и местность. Точка зрения изменчива. Каркасы показывают фактическое положение, а многоугольники показывают упорядоченное положение. Разница между положениями каркасов и полигонов сообщает оператору временные задержки гидромеханизма. Цвет ковша меняется с синего на красный в момент соприкосновения с землей, чтобы обозначить контакт. Зеленая линия показывает целевую высоту выравнивания. Красная линия показывает реальную местность, полученную с помощью тактильного ощущения.



**Рис. 1.** Визуализация тактильного изображения

Обратная силовая связь. Силовая обратная связь позволяет операторам распознавать контакт по ощущению рук. В этом исследовании применяется симметричная система силовой обратной связи сервопривода для поддержания постоянного положения ковша, когда ковш не соприкасается, а система силовой обратной связи типа отражения силы



применяется для легкого измерения силы реакции при касании. Переход между этими двумя системами происходит автоматически.

Контроллер аналогичной формы. Подобный фигурный регулятор имеет такую же форму, как и рабочие органы строительной машины. Он позволяет операторам интуитивно управлять строительными машинами по сравнению с обычным контроллером многорычажного типа. Контроллер аналогичной фигуры с системой силовой обратной связи позволяет операторам распознавать силу и направление силы реакции. В этом исследовании аналогичный фигурный контроллер с системой силовой обратной связи вводится в экспериментальную наземную модель подводной обратной лопаты с дистанционным управлением, показанную на рисунке 3. Оператор должен держать контроллер, как карандаш, и перемещать его. В соответствии с движением контроллера машина будет двигаться.



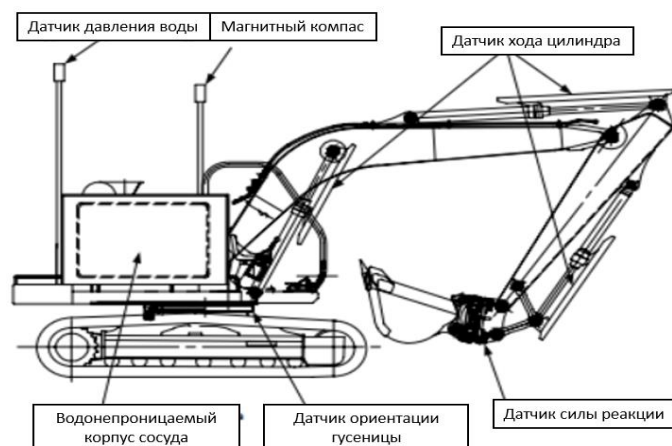
**Рис. 2.** Контроллер аналогичной формы

### Морские испытания

Рабочий интерфейс. Система представляет информацию в виде компьютерных графических изображений на обычном устройстве отображения. А функции и условия, необходимые для аналогичного интерфейса, заключаются в том, что он обеспечивает хорошую работоспособность, показывает силы реакции, возникающие при контакте машины с объектом, и обеспечивает безопасность и надежность. Поскольку основной задачей этой машины является сглаживание каменной наброски, она должна быть в состоянии чувствовать, что она соприкоснулась с твердым материалом. Степень свободы обратной лопаты состоит из четырех степеней свободы: оси ковша, оси рукояти, оси стрелы и оси вращения.

Разработка дистанционно управляемого подводного экскаватора. Была изготовлена тестовая машина для использования в пробных работах по сглаживанию в реальной океанической воде. В основу подводной испытательной машины была положена подводная экскаваторная лопата BIGCRAB (рис. 3). Испытательная машина, подготовленная для этого испытания, была оборудована управляющим ПК и контрольными герметизированными сосудами, содержащими датчики-усилители. Контрольные герметизированные сосуды имели двойную конструкцию и были оснащены подводными датчиками типа поплавкового выключателя. Внутри, помимо приборов управления, он был оборудован устройством источника бесперебойного питания. А для мониторинга основных данных, полученных датчиками обратной лопаты над водой, было установлено устройство расширения консоли, которое позволяет разрешить перезагрузку бортового ПК и исправить свою программу. Он также оснащен транспондером SBL и датчиком давления воды для измерения положения подводной обратной лопаты. Для измерения глубины обратной лопаты он оснащен высокоточным манометром воды. Влияние уровня прилива при использовании манометра воды корректируется путем ввода уровня прилива в момент времени в базу данных. Ориентация корпуса машины и угол

наклон определяется магнитным датчиком ориентации и ВОГ (волоконно-оптическим гироскопом). Магнитный датчик ориентации герметизирован уретановой смолой, а ВОГ установлен в герметичном контейнере контрольного использования. Был изготовлен новый датчик силы реакции, который был оснащен механизмом, измеряющим силу через пружинную шайбу с учетом ударной нагрузки [3].



**Рис. 3.** Подводный экскаватор

Контроллер. Позиционно-симметричное двустороннее управление, ограничивающее разницу между введенным положением и положением корпуса машины, является эффективным способом достижения устойчивости при дистанционном управлении строительной техникой. Но в случаях большой производительности, как у экскаватора, контакт трудно почувствовать, потому что небольшая нагрузка не вызывает смещения между ведущим и ведомым. А с силовой обратной связью задержка между поступлением сигнала и срабатыванием, а также рабочая скорость являются проблемами, которые затрудняют поддержание аналогичной связи между ведущим и ведомым. Таким образом, испытательная машина упростила обнаружение нагрузок, выполняя двустороннее позиционно-симметричное управление во время холостого хода, а когда датчики силы обнаруживали контакт, выполняя управление для увеличения усиления ограничения положения. Метод управления такого типа изменяет усиление пропорциональной коррекции и усиление передачи мощности на основе ввода контактного датчика, поэтому он называется позиционно-симметричным двусторонним управлением с переменным усилением [4].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Испытания проводились на вершине каменной наброски толщиной 1,65 м на волнорезе у берега острова Каминошима в городе Нагасаки префектуры Нагасаки. Размер каменной наброски составлял от 5 до 100 кг каждый, диапазон оценки составлял 10 м × 10 м, а целью работы было сглаживание каменной наброски до ± 30 см. Для сравнения, та же работа по сглаживанию выполнялась экскаватором, управляемым водолазом, сидящим на экскаваторе. Была измерена с помощью ультразвукового зонда, чтобы подтвердить форму диапазона оценки. Эти данные были введены в базу данных, и оператор определил место для опускания обратной лопаты и подготовил план работы на день, просматривая экран, на котором отображалась топография. По мере опускания обратной лопаты трос управления для питания и передачи сигналов на бортовой компьютер опускался по силовому гидрорукаву и закреплялся буйковым тросом. После того, как экскаватор оказался на морском дне, водолаз снял трос. После подтверждения работы под водой была проведена проба сглаживания в условиях нулевой видимости. Испытание проводилось опытным оператором подводной обратной лопаты, хорошо осведомленным о характеристиках подводной обратной лопаты. Оператор выполнял работу без телекамеры,

используя только информацию из изображений компьютерной графики, описанных выше. Основная операция заключалась в раскопке насыпи до необходимой высоты, а затем выбрасывании материала, удаленного за пределы рабочего диапазона. Плоские координаты обратной лопаты были получены путем ультразвукового позиционирования с помощью SBL, а вертикальные координаты были полученные по данным, полученным от манометра воды, установленного на обратной лопате. Координаты кончика ковша были рассчитаны как абсолютная система координат путем добавления к этой координате угла наклона и информации об угле наклона стрелы, рукояти и ковша. Оператор выполнял работу, не опираясь на чистовые вехи, вводя эту систему координат в базу данных и сравнивая ее с проектными высотными координатами, являющимися абсолютной системой координат.

После работы была проведена съемка с помощью подводного уровня. Результат обследования показан на рис. 4. Этот результат основан на измерениях дальности, на которой производилась дистанционно управляемая работа с интервалом в 1 м, а цифры представляют собой расхождение с высотой цели. Усреднение всех точек съемки в пределах диапазона исполнения дает +17, а его стандартный перепад составил  $\pm 8,1$  см. Стандарт контроля выполнения  $\pm 30$  см был выполнен. Более чем в половине точек съемки перепад находился в пределах от +10см до +20см. Тем не менее, можно констатировать, что работа по выравниванию насыпи была выполнена адекватно, как показывает эталонный перепад.

|       | Port side     |      |       |      |
|-------|---------------|------|-------|------|
| No.11 |               |      |       |      |
| No.12 |               |      |       |      |
| No.13 | 0.16          | 0.08 | 0.19  | 0.16 |
| No.14 | 0.15          | 0.21 | 0.19  | 0.21 |
| No.15 | 0.02          | 0.18 | 0.24  | 0.07 |
| No.16 | 0.33          | 0.14 | 0.34  | 0.10 |
| No.17 | 0.26          | 0.16 | 0.11  | 0.06 |
| No.18 | 0.20          | 0.12 | -0.03 | 0.19 |
| No.19 | 0.18          | 0.14 | 0.17  | 0.16 |
| No.20 | 0.29          | 0.09 | 0.20  | 0.22 |
|       | ①             | ②    | ③     | ④    |
|       | Offshore side |      |       |      |

Рис. 4. Результаты исследования телеуправления

## ВЫВОДЫ

На основе всего вышесказанного, можно сделать вывод, что телеуправление строительными машинами доказывает свою состоятельность, так как решает проблемы механизации подводно-строительных работ. Этот вопрос является актуальным для России, поскольку в стране имеется большое количество портов, гидроэлектростанций, мостов, строительство которых подразумевает работу под поверхностью воды. Развитие данного направления и внедрение телеуправления позволит упростить и сделать более безопасным процесс строительства уникальных объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *T. Hirabayashi, T. Yamamoto, J. Akizono, H. Yano, M. Iwasaki*, Experimental Land Model of Tele-operated Underwater Backhoe with AR Technology, IEEE Proceedings of Underwater Technology
2. *Junichi Akizono, Taketsugu Hirabayashi, Yasushi Yamamoto, Hiroshi Sakai, Hiroaki Yano, Masaki Iwasaki*: Teleoperation of construction machines with haptic information for underwater applications, International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), 2004, pp. 340 – 345
3. *T. Hirabayashi, T. Yamamoto, H. Yano, H. Iwato*, Experiment On Teleoperation Of Underwater Backhoe With Haptic Information (IAARC), 2006, pp. 36 – 41
4. *Hironao Yamada, Kyoji Takeichi, Muto Takayoshi*: Master-Slave control for remote operation constructed robot systems, Collected Reports of the Japan Society of Mechanical Engineers, (C)Volume 66, No. 651, 2000, pp. 140-147
5. *Morton A Heller*, Haptic dominance in form perception with blurred vision, Perception, 1983, vol. 12, pp.607-613
6. *J. Akizono, H. Sakai, T. Tanaka, T. Hirabayashi, M. Utsumi, T. Yamamoto, K. Shirai*, Future View of Advanced Investigation and Construction Work in Port Area, IEEE Proceedings of Underwater Technology 2004, pp.355-362
7. *Michael Massimino, Thomas Sheridan*, Sensory Substitution for Force Feedback in Teleoperation, Presence, Vol.2. Nr.4, MIT PRESS, 1993, pp.344-352

# ОБ ОБЪЕДИНИИ КОНЦЕПЦИЙ ВІМ И ГИС ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕШЕНИЙ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВІВ

Г.Н. Громов<sup>1</sup>, В.И. Римшин<sup>2</sup>, И.М. Незаметдинов<sup>3</sup>

*<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,*

*<sup>1</sup>gromovgn@mgsu.ru*

*<sup>2</sup>RimshinVI@mgsu.ru*

*<sup>3</sup>muslim.85@mail.ru*

## **Аннотация**

На текущий момент в российском законодательстве существует понятие - схема водоснабжения и водоотведения населенного пункта и понятие - проекторная документация. Исходя из мероприятий, определённых в схеме, в дальнейшем разрабатывается проектная документация по каждому из них. При этом разработка схемы проводится в программном обеспечении на основе ГИС, а проектной документации должно проводиться на основе программного обеспечения с использованием ВІМ моделирования.

Анализ показывает, что сегодня отсутствует программное обеспечение, которое бы полноценно объединяло эти две концепции.

Целью статьи являются рассуждения на тему возможности объединения концепций ВІМ и ГИС для получения более точной и полной информации о реализуемом объекте. Также приведена информация о программном обеспечении КАСУП, на основе которого проводится попытка объединения концепций.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Существующая концепция разработки решений в части наружных сетей водоснабжения и водоотведения предполагает на первом этапе разработку схемных решений и определение мероприятий, которые должны быть отражены в разработанной и утверждённой схеме водоснабжения и водоотведения населенного пункта. При этом обоснованием решения могут быть проведённые расчёты с использованием гидравлической модели (водоснабжения или водоотведения в зависимости от рассматриваемой сети). Разработка модели проводится с использованием программных продуктов на основе геоинформационных систем. Использование ГИС систем для разработки полноценного проектного решения не представляется возможным, в виду направленности программного обеспечения на решение иных задач. С другой стороны программные продукты на основе ВІМ моделирования, направленные на аккумулирование детальной информации об объекте не позволяют рассматривать всю систему водоснабжения или водоотведения целиком по сравнению с ГИС системами.

Тем самым существует проблема передачи информации между различными стадиями разработки решения в виду того, что эти различные стадии разрабатываются в различных программных комплексах. Соответственно для принятия взвешенных управленческих решений относительно реализуемого мероприятия необходимо объединение концепций ВІМ и ГИС с целью получения более детальной и точной информации об объекте, а также информации каким образом внесенные изменения в рассматриваемый объект влияют на технико-экономические показатели решения и в целом на работу системы.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В ходе написания статьи использовались данные российских нормативных документов, научных статей, а также информация о возможностях современного программного обеспечения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с Федеральным законом о Водоснабжении и Водоотведении «развитие централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения осуществляется в соответствии со схемами водоснабжения и водоотведения поселений и городских округов» [1].

Другими словами, основные мероприятия, которые выполняются для развития систем водоснабжения и водоотведения должны быть отражены в утверждённой схеме водоснабжения и водоотведения населенного пункта. Порядок разработки схем водоснабжения и водоотведения регламентирован Постановлением Правительства РФ от 5 сентября 2013 г. N 782 [2].

Схема водоснабжения и водоотведения, исходя из определения, представленного в [2], по сути, является документом, описывающим техническое и экономическое состояние рассматриваемой системы, а также должна содержать описание сценариев направления развития.

Здесь стоит отметить несколько основных моментов:

1. Раздел "Предложения по строительству, реконструкции и модернизации объектов централизованных систем водоснабжения" схемы водоснабжения и водоотведения должны содержать обоснование предлагаемого технического мероприятия.
2. При численности рассматриваемого населенного пункта более 150 тыс. человек схема водоснабжения и водоотведения должна содержать разработанную электронную модель.

Электронная модель, согласно [2], является геоинформационной системой (ГИС) отражающей информацию о текущем состоянии системы и перспективного ее развития, а также позволяющая проводить гидравлическое моделирование системы.

Тем самым на основе разработанной электронной модели могут быть проведены гидравлические расчёты, которые в свою очередь используются в качестве технического обоснования мероприятия.

Подробно о разработке электронной модели написано большое количество научных работ, например: [3],[4],[5],[6],[7]. Обобщая указанные работы, стоит отметить некоторые основные моменты разработки электронных моделей систем ВиВ.

Этапы разработки модели, согласно [8], включают в себя:

1. Формирование расчетной схемы электронной модели сети водоснабжения в формате ГИС;
2. Определение расходной характеристики модели;
3. Калибровка электронной модели сети водоснабжения.

При этом в соответствии с работами [3],[8]:

1. Процесс формирования расчетной схемы заключается в выборе типа расчётной схемы, формировании топологии сети в формате ГИС, создании электронных баз данных, характеристик элементов.
2. Процесс определения расходной характеристики модели заключается в разработке балансовой схемы модели и определении расчетных значения отборов воды/притоков, в зависимости от рассматриваемой системы (водоснабжение или водоотведение).
3. Процесс калибровки заключается в корректировке модели, таким образом, чтобы разработанная модель точно повторяла характеристики работы реальной системы.

На основе разработанной и откалиброванной модели может быть выявлена необходимость реализации мероприятий с целью оптимизации и улучшения работы рассматриваемой системы. Например, такими мероприятиями могут быть: определение проблемных участков, оптимизация диаметров, разработка программы по снижению давления, выбор места установки регуляторов давления и многое другое.

Однако стоит отметить, что электронная модель может лишь выявить необходимость реализации того или иного мероприятия, на основе проведённых гидравлических расчётов. Но детальная разработка реализации мероприятия должна осуществляться в рамках проектной документации, соответствующей постановлению правительства № 87 от 16 февраля 2008 [9].

Для разработки проектной документации в части наружных сетей водоснабжения и водоотведения могут быть использованы программные продукты BIM моделирования. Одним наиболее известных программных комплексов в мировой практике для создания проектных решений является AutoCAD Civil 3D.

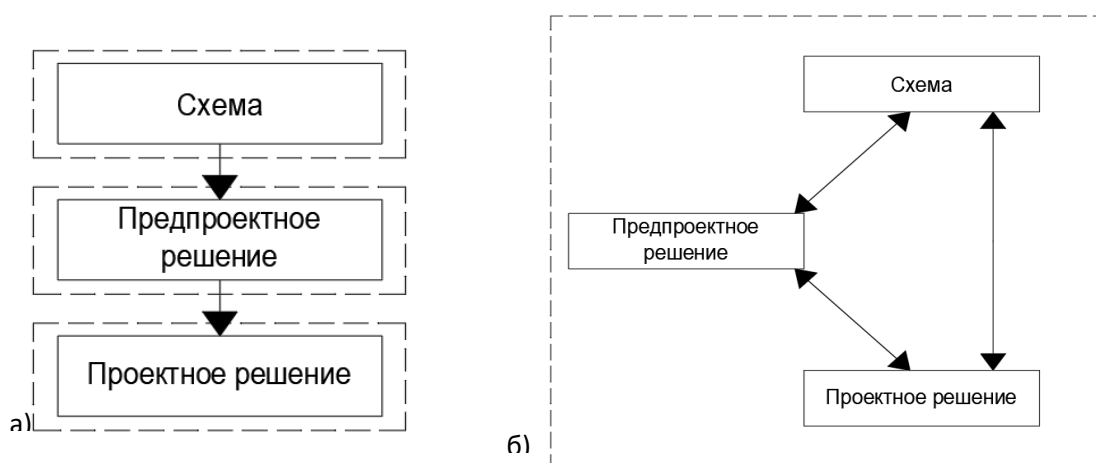
Помимо очевидных преимуществ использования BIM моделирования в части разработки решений для наружных сетей (подробно с которыми можно ознакомиться в [10,11]), коротко стоит отметить ряд недостатков именно AutoCAD Civil 3D:

1. Неприспособленность программного комплекса к работе с российскими нормативными документами.
2. Отсутствие адаптации гидравлических расчётов канализации к используемым в нашей стране расчетным методам.

Подводя промежуточный итог необходимо отметить, что программные комплексы на базе ГИС позволяют выполнять гидравлическое моделирование существующего и перспективного положения системы водоснабжения и водоотведения. Как результат – определение списка необходимых мероприятий. BIM – отвечает за построение модели, содержащую детальную информацию об объекте. Тогда объединение концепций BIM и ГИС позволит получить более полную и точную информацию о рассматриваемом объекте. Это в свою очередь позволит принимать управленческие решения на различных стадиях проектирования не только на основе информации о локальном проектируемом объекте системы, но и используя информацию о том, как изменения, внесенные в рассматриваемый объект, будут влиять на работу всей системы в целом.

Дополнительно стоит отметить, что не смотря на отсутствие нормативных требований к стадии ТЭО в российском законодательстве, в практике АО «Мосводоканал» проводится разработка предпроектных и схемных решений с целью определения необходимых мероприятий в рамках технического подключения объектов к сетям водоснабжения и водоотведения, а также заключений соглашений о компенсации потерь. Такие предпроектные проработки являются в дальнейшем основой для формирования задания на проектирование и заключения договора.

Другими словами предварительными стадиями разработки полноценного проектного решения являются схемные и предпроектные решения (приведено на рисунке 1).

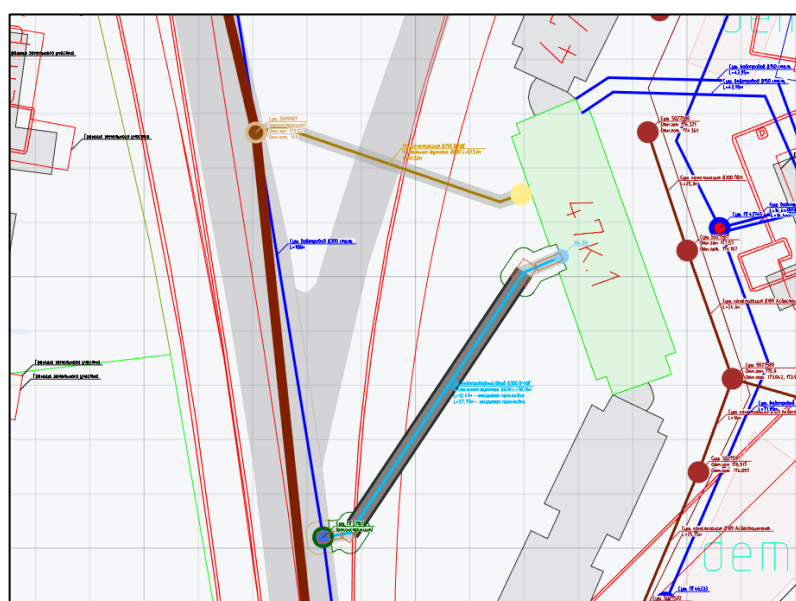


**Рис. 1.** Передача информации при разработке проектного решения (а – текущая ситуация, б - при объединении концепций BIM и ГИС).

Разработка предпроектных решений осуществляется как с использованием чертежных программ, так и с использованием программных комплексов на базе ГИС. На текущий момент отсутствует программный комплекс, который мог бы объединить в себе все этапы разработки схемного, предпроектного и проектного решения.

В связи с этим интересен программный комплекс «Комплексная Автоматизированная Система Управления Проектами» (КАСУП) [12], разработанная компанией ООО «ТИМ Инжиниринг», находящаяся на стадии внедрения в АО «Мосводоканал».

Преимуществом программного комплекса является возможность интеграции программного обеспечения с ГИС системами, таким образом, в программе реализована возможность импорта карт системы ЕГИС, экспорт схем в ZuluGIS, автоматическое построение трасс водопровода и канализации. Помимо этого, программный комплекс позволяет автоматически формировать сметную документацию. Немаловажно, что продукт адаптирован к российским нормам проектирования, включая гидравлические расчёты.



**Рис. 2.** Пример разработки решения технического присоединения в ПО КАСУП.

Среди перспективных функций указанного программного обеспечения стоит отметить:

1. Преобразование геоподосновы в 3D модель.
2. Интерактивный гидравлический расчет.
3. Интеграция с ModelStudio CS (BIM проектирование).



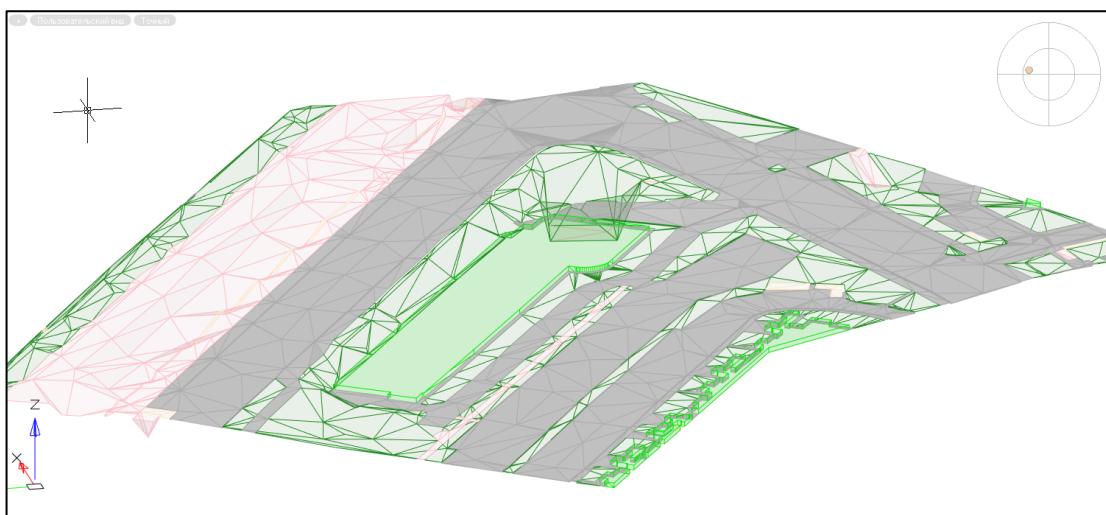


Рис. 3. Пример реализации преобразование геоподосновы в 3D модель в ПО КАСУП.

## ВЫВОДЫ

1. Разработка электронной модели системы водоснабжения города позволяет провести гидравлическое моделирование системы и определить список необходимых мероприятий.
2. Мероприятия в части наружных сетей могут быть детально разработаны (стадия П и Р) с использованием программных продуктов BIM моделирования.
3. На текущий момент отсутствует программный комплекс, который бы объединял указанные две функциональные задачи, которые решаются программными продуктами на основе BIM и ГИС.
4. В этой связи интерес представляет программный продукт КАСУП, используемый для разработки предпроектных решений в АО «Мосводоканал», функциональные возможности которого обеспечивают возможность разработки схемных решений и предпроектных решений для наружных сетей водоснабжения и водоотведения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон N 416-ФЗ от 7 декабря 2011 г. «О водоснабжении и водоотведении».
2. Постановление правительства Российской Федерации от 5 сентября 2013 года N 782 «О схемах водоснабжения и водоотведения».
3. Громов Г.Н., Худякова Д.Д., Пьянков К.Г. Подходы к реализации гидравлических электронных моделей централизованных систем водоснабжения // ВЕСТНИК МГСУ.2021.С 623-634
4. Примин О.Г., Громов Г.Н., Степанов Д.Л., Козлова О.В. Калибровка электронной модели системы водоснабжения (на примере водопроводной сети г. Салавата) // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 9. С. 4-12.
5. Некрасов А.В. Компьютерное моделирование гидродинамических процессов систем водоснабжения: Учебное пособие. Екатеринбург: Урал. ун-та. 2014. С. 313.
6. Егорова Ю.А., Коневский Е.В., Васьяковский А.В., Зайко В.А. Опыт использования геоинформационных технологий и программно-расчетных комплексов при поиске неучтенных потерь воды в системе водоснабжения г. Самары // Водоснабжение и Санитарная Техника. 2016. № 8. С. 45-50.
7. Примин О.Г., Громов Г.Н. Разработка электронной модели систем водоснабжения и водоотведения и ее реализация на примере российского города // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. №4. С. 44-51.
8. Громов Г.Н. Совершенствование гидравлических и технико-экономических расчетов систем подачи и распределения воды с использованием электронных моделей// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 2021.
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
10. Сычев С. Российские bim-технологии: проектирование наружных инженерных сетей в Model Studio CS. // САПР И ГРАФИКА 2021. № 7 . С. 50-53
11. Autocad Civil 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

12. КАСУП [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://www.mosvodokanal.ru/about/evolution/avtomatizatsiya-tehnologicheskikh-protssesov/kompleksnaya-avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-proektirovaniem.php>

# ВЛИЯНИЕ СТОИМОСТИ КОНСТРУКТИВНОГО СЛОЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ НА ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

Е.Г. Малявина<sup>1</sup>, А.А. Фролова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*emal@list.ru*

<sup>2</sup>*FrolovaAA@mgsu.ru*

## Аннотация

Определение экономически выгодного уровня теплозащиты зданий важно для экономики страны. Однако существуют различные принципиальные подходы к расчету этого показателя. Авторами данной статьи ранее была доказана необходимость учета всех финансовых составляющих при данной оценке. Целью настоящей работы является выявление степени влияния стоимости конструктивного слоя из ячеистобетонных блоков на экономически целесообразный уровень теплозащиты общественного здания при круглогодичном поддержании в нем требуемых тепловых условий в трех городах: Москве, Астрахани и Воркуте. Полученные области сочетаний СДЗ и  $k_{об}$  относятся к разным уровням внутренних теплопоступлений.

## ВВЕДЕНИЕ

В действующих нормах [1] требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций во главу угла поставлено энергосбережение. Рьяным поборником энергосбережения является автор [2]. В работе [3] автор справедливо отмечает, что при любом энергосберегающем мероприятии важно учитывать тот факт, что не только экономятся энергоресурсы, но и эти мероприятия должны быть окупаемыми. Та же мысль подтверждена в [4], в которой «рассмотрена задача минимизации расходов на утепление и эксплуатацию здания». В статье [5] приведена методика экономической оптимизации сопротивления теплопередаче наружных стен. В статье за стоимости, влияющие на уровень теплозащиты, принимаются только стоимость утеплителя и стоимость энергии на восполнение теплопотерь. При этом расчет опирается на непрерывность зависимости стоимостных показателей от сопротивления теплопередаче. СП 345 [6] в разделе «Методика оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий» приводит методику, заключающуюся в поиске минимума приведенных затрат. В данной методике входит учет влияния многих переменных на потери теплоты через наружные ограждающие конструкции. Интересным аспектом этой методики является то, что при расчете приведенных затрат она учитывает не только стоимость утеплителя и сэкономленной тепловой энергии, но и стоимость отопительного оборудования и подключения к тепловой сети в районе строительства проектируемого здания.

Авторы предлагаемой статьи рассматривали [7 – 9] различные факторы, влияющие на экономически и энергетически целесообразный уровень теплозащиты, однако конструктивный слой в этой оценке не учитывался.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор уровня теплозащиты зданий должен опираться на экономические показатели зданий с учетом затрат на поддержание заданного теплового микроклимата помещений. Поэтому в начале необходимо определить энергетические затраты на отопление, свободное и машинное охлаждение зданий. Для этой цели рассматриваются здания различных размеров, этажности в различных районах Российской Федерации с различной

продолжительностью отопительного периода и интенсивностью солнечной радиации: в г. Москве (средняя полоса), г. Астрахани (южный район) и г. Воркуте (северный район).

Было рассмотрено 96 зданий, отличающихся по размерам в плане, теплозащите и различной этажности. Доля остекления продольных стен 0,55. Здания состоят из помещений одинаковых размеров 6,8x10,1x3,9 м.

Наше внимание на факт неучета стоимости конструктивного слоя обратил С.А. Тихомиров [10]. Однако с этим не все просто. Дело в том что, например, наружные стены бывают несущими, самонесущими, ненесущими (в частности навесными и поэтажной разрезки, стоящие на каждом перекрытии). Нас в этой классификации интересует только вопрос: какие конструкции следует принимать во внимание при рассмотрении теплотехнической части функции стен. То есть не следует учитывать конструктивные элементы, например, колонны, не выполняющие теплотехническую функцию.

Кроме того, обращает на себя внимание разная доля сопротивления теплопередаче, которую обеспечивают теплоизоляционный и конструктивный слой. Поэтому несущие стены, как правило, железобетонные, выполняющие главным образом именно несущую, но не теплозащитную функцию, предлагается в такого рода расчетах не учитывать. Доля сопротивления теплопередаче монолитной ж/б стены толщиной 200 мм, например, в Астрахани от общего требуемого по п. 5.2 СП 50 [1] 1,4 м<sup>2</sup>·°C/Вт составит 7%. В более северных городах эта доля только падает.

Для выполнения выше поставленной цели были рассмотрены стены поэтажной разрезки с конструктивным слоем из кладки ячеистобетонных блоков с плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> толщиной 200 мм. В таблице 1 приведены требуемые сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций в трех городах РФ.

Таблица 1. Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>·°C/Вт

| Город     | Наименование ограждающей конструкции | Вариант теплозащиты 1 | Вариант теплозащиты 2 | Вариант теплозащиты 3 |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Воркута   | Наружная стена                       | 1,558/46%             | 2,401/30%             | 3,811/19%             |
|           | Покрытие                             | 1,753                 | 4,065                 | 5,080                 |
|           | Окно                                 | 0,759                 | 0,759                 | 0,759                 |
| Москва    | Наружная стена                       | 1,226/59%             | 1,619/44%             | 2,57/28%              |
|           | Покрытие                             | 1,379                 | 2,74                  | 3,42                  |
|           | Окно                                 | 0,66                  | 0,66                  | 0,66                  |
| Астрахань | Наружная стена                       | 1,05/68%              | 1,40/51%              | 2,22/32%              |
|           | Покрытие                             | 1,18                  | 2,37                  | 2,96                  |
|           | Окно                                 | 0,59                  | 0,59                  | 0,59                  |

Теплозащита каждого здания принималась в трех вариантах, отличающихся друг от друга сопротивлением теплопередаче наружной стены и покрытия. Для варианта 1 сопротивления теплопередаче определялись формулой (5.4) СП 50 [1] по санитарно-гигиеническим условиям. Вариант 3 теплозащиты соответствует базовым нормам исходя из энергосбережения по таблице 3 того же СП. Для варианта 2 сопротивления теплопередаче наружных стен и покрытий рассчитаны по формуле (5.1) того же СП с применением понижающего коэффициента 0,63 для стен и 0,8 для покрытия по отношению к варианту 3.

Через дробь в таблице 1 приведена доля сопротивления теплопередаче конструктивного слоя во всей стене.

В качестве критерия для выбора экономически целесообразного уровня теплозащиты ранее нами предложено и обосновано [7] сочетание значений удельной теплозащитной характеристики здания и совокупных дисконтированных затрат (СДЗ) на поддержание в здании заданных температурных условий. Расчет выполнен при норме дисконта 10%.

Рассмотрены следующие стоимости отдельных затрат на поддержание теплового микроклимата здания в 2022 году:

- присоединение к электросетям от 550 до 100 000 руб./кВт
- присоединение к тепловым сетям от 550 до 50 000 руб./кВт
- стоимость системы отопления от 17 250 до 115 000 руб./кВт
- стоимость тепловой энергии от 2,2 до 4,5 руб./кВт·ч
- стоимость естественного холода от 0,55 до 0,85 руб./кВт·ч
- стоимость искусственного холода от 1,5 до 2,2 руб./кВт·ч
- стоимость электроэнергии от 4,00 до 6,8 руб./кВт·ч
- стоимость холодильного оборудования для искусственного охлаждения от 46 000 до 92 000 руб./кВт
- стоимость холодильного оборудования для естественного охлаждения от 1 725 до 8 050 руб./кВт
- стоимость утепления здания от 9 000 до 22 000 руб./м<sup>3</sup>.

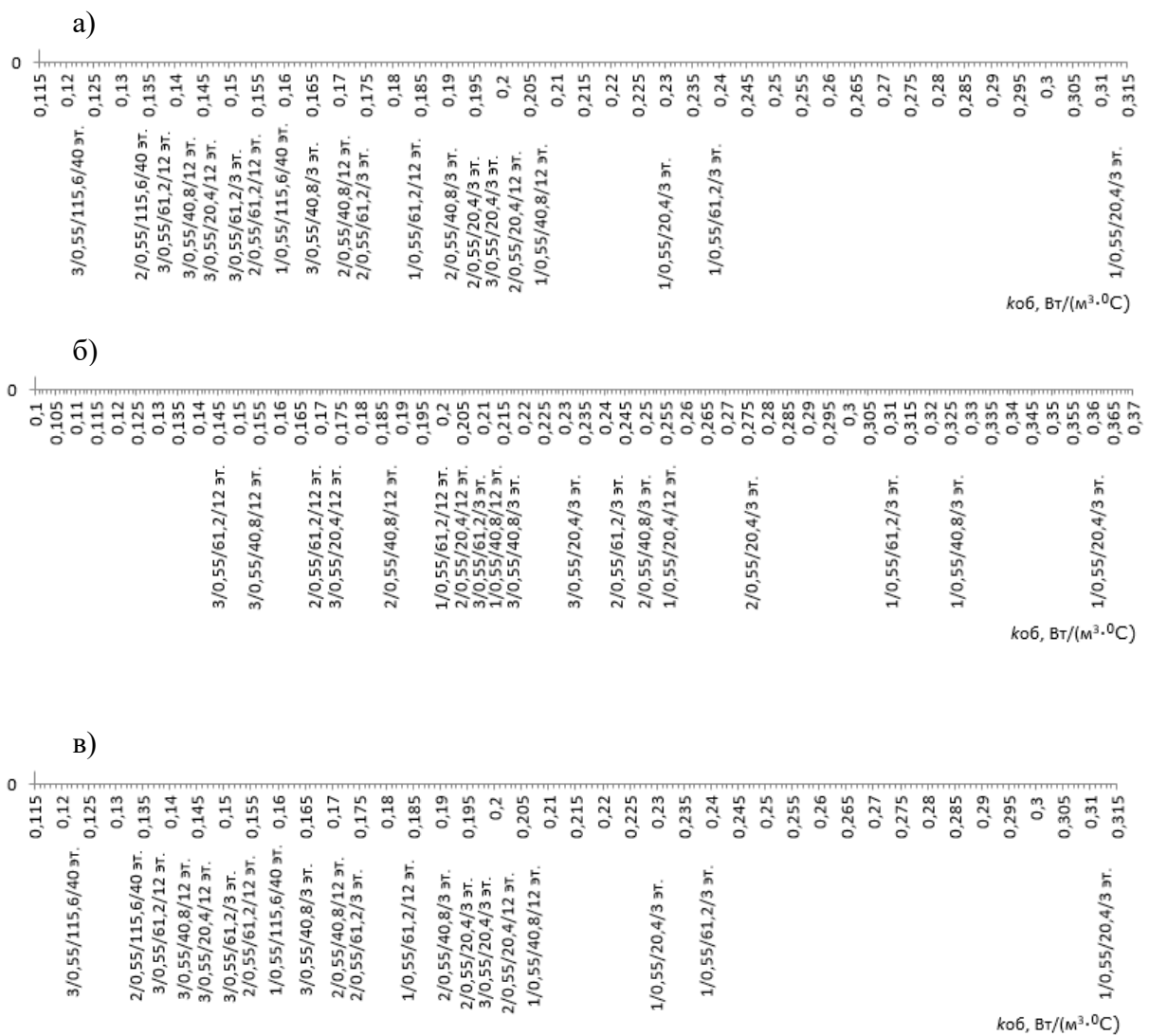
Стоимость конструктивного слоя из ячеистобетонных блоков плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> толщиной 200 мм (теплопроводностью 0,28 Вт/м·°С) округляем и принимаем 11 000 – 15 000 руб. за 1 м<sup>3</sup> наружной стены из ячеистобетонных блоков.

При расчете СДЗ учитывались расходы электроэнергии с учетом коэффициента использования электрической энергии 6,95 при пересчете энергозатрат на свободное охлаждение, и коэффициента полезного использования топлива на электростанции 0,3. При пересчете электроэнергии на машинное охлаждение вводился коэффициент EER=3,31 и тот же коэффициент полезного использования топлива на электростанции 0,3.

В отопительный период года учитывалась круглосуточная работа системы отопления, поддерживающая внутреннюю температуру 20 °С. Система охлаждения помещения работала только в рабочее время, поддерживая в это время в помещении 22 °С. При расчетах принималось, что естественное охлаждение применяется при температуре наружного воздуха не выше +5 °С.

Задача по определению энергетических затрат при выбранных трех уровнях теплозащиты решалась ранее в работах авторов для рассматриваемых городов Москвы, Астрахани и Воркуты.

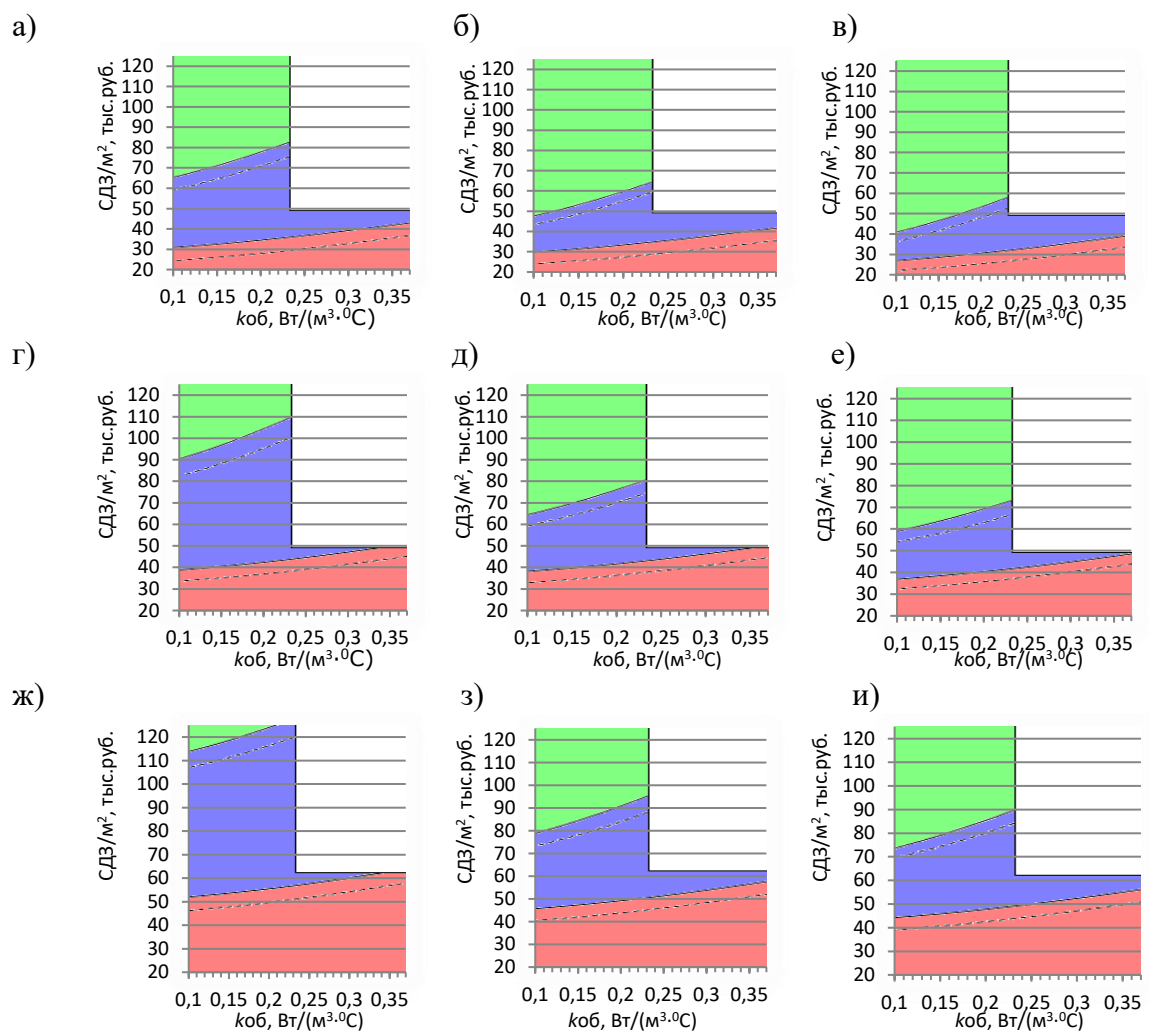
Для соотнесения размеров и теплозащиты здания с численным значением выбранного критерия – удельной теплозащитной оболочки здания на рисунке 1 приведены шкалы  $k_{об}$  для каждого из трех городов.



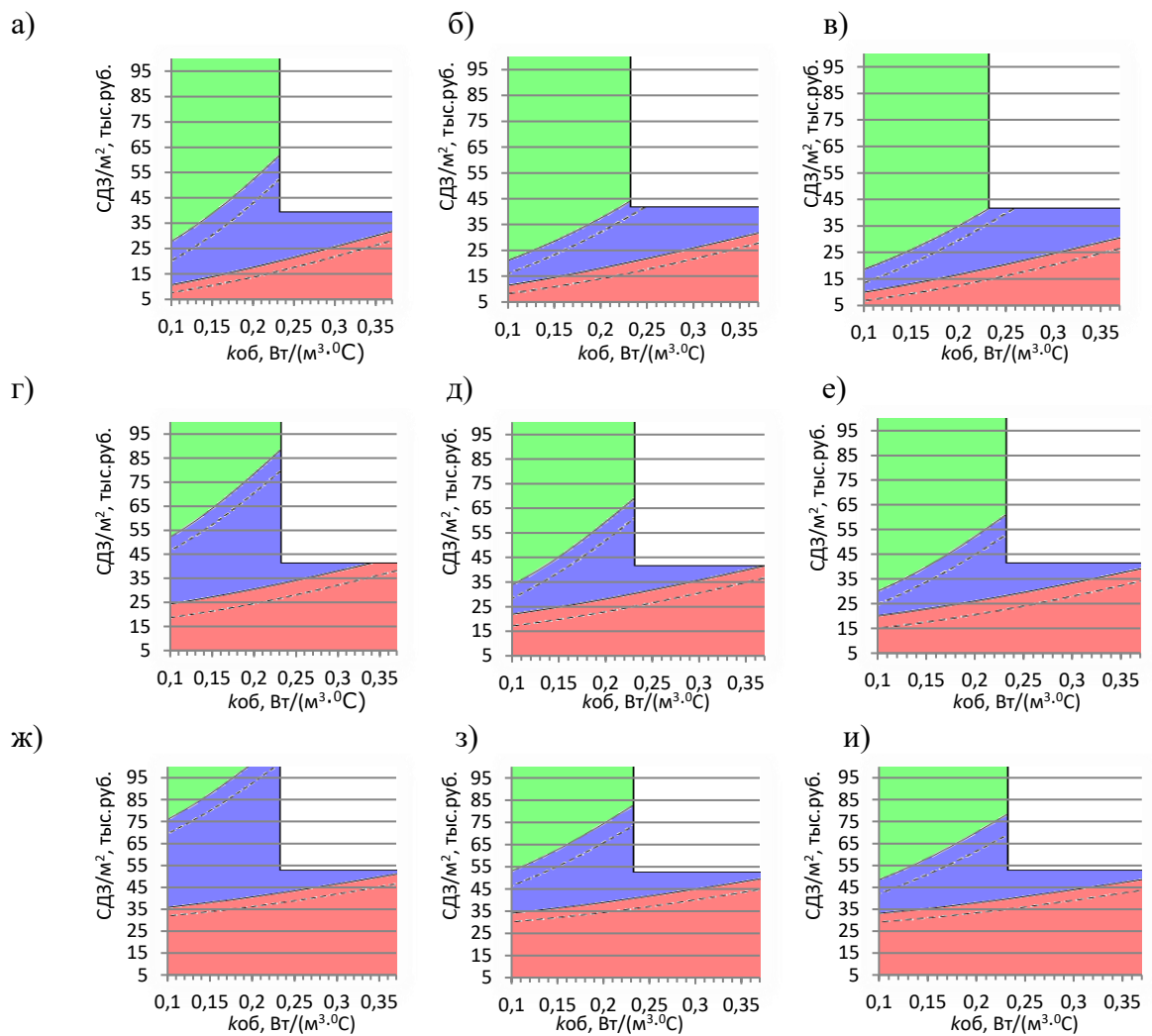
**Рис. 1.** Расшифровка значений удельной теплозащитной характеристики,  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), для вариантов рассматриваемых зданий. Последовательно указаны: вариант теплозащиты здания, коэффициент остекленности, длина здания, м., количество этажей: а) для Воркуты, б) для Москвы, в) для Астрахани

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунках 2, 3, 4 показаны области сочетаний СДЗ и  $k_{об}$  для разных уровней внутренних тепловыделений для трех городов. Кроме того, так как стоимость утепления и конструктивного слоя – конструкции – стоит в противофазе к стоимостям остальных составляющих, то сочетания СДЗ и  $k_{об}$  рассмотрены отдельно для максимальных стоимостей конструкции, средних и минимальных.

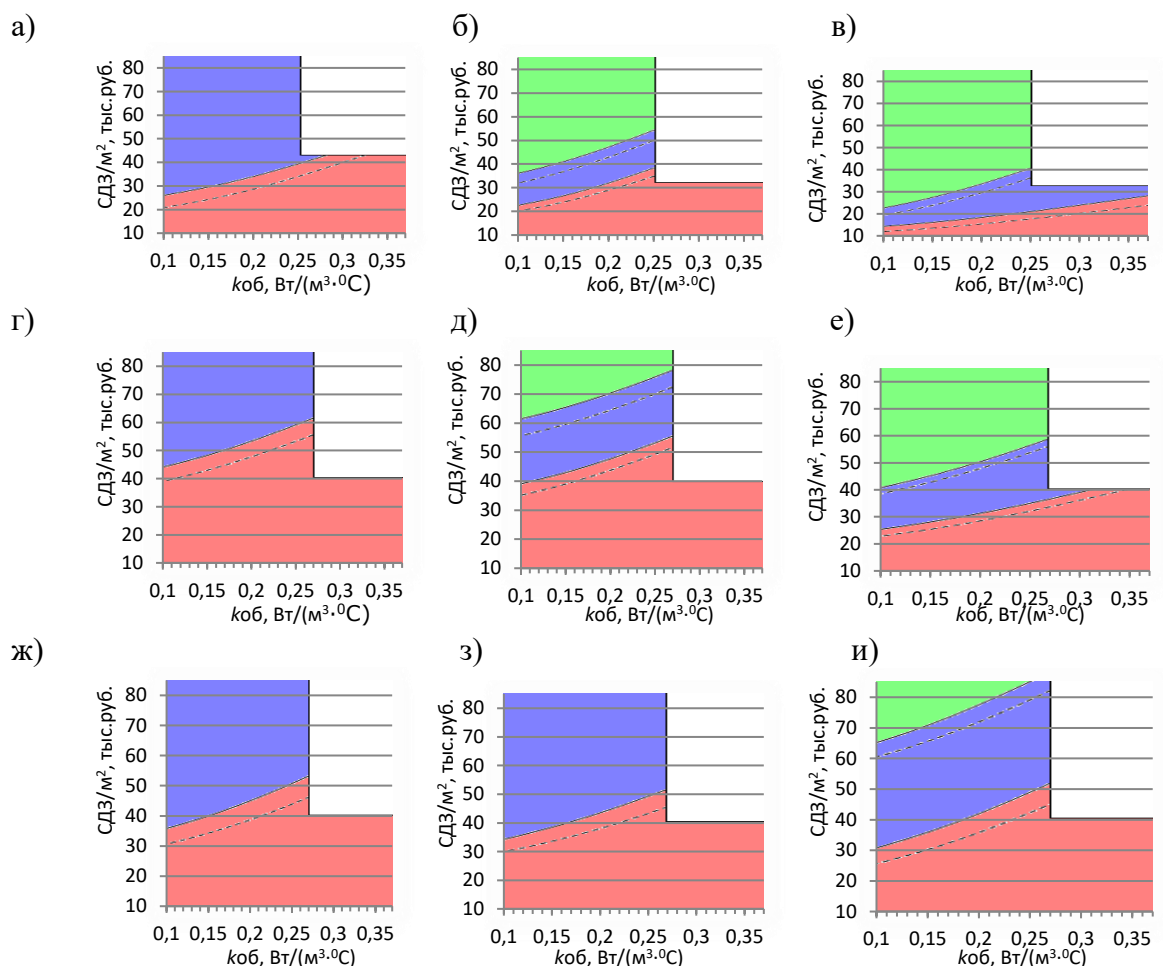


**Рис. 2.** Экономически целесообразные варианты утепления зданий в г. Воркуте при максимальных стоимостях строительных материалов (а, г, ж), при средних стоимостях строительных материалов (б, д, з), при минимальных стоимостях строительных материалов (в, е, и). При внутренних теплопоступлениях а, б, в –  $0 \text{ Вт/м}^2$ , г, д, е –  $40 \text{ Вт/м}^2$ , ж, з, и –  $80 \text{ Вт/м}^2$



**Рис. 3.** Экономически целесообразные варианты утепления зданий в г. Москве при максимальных стоимостях строительных материалов (а, г, ж), при средних стоимостях строительных материалов (б, д, з), при минимальных стоимостях строительных материалов (в, е, и). При внутренних теплопоступлениях а, б, в – 0 Вт/м<sup>2</sup>, г, д, е – 40 Вт/м<sup>2</sup>, ж, з, и – 80 Вт/м<sup>2</sup>





**Рис. 4.** Экономически целесообразные варианты утепления зданий в г. Астрахани при максимальных стоимостях строительных материалов (а, г, ж), при средних стоимостях строительных материалов (б, д, з), при минимальных стоимостях строительных материалов (в, е, и). При внутренних теплопоступлениях а, б, в – 0 Вт/м<sup>2</sup>, г, д, е – 40 Вт/м<sup>2</sup>, ж, з, и – 80 Вт/м<sup>2</sup>

На рисунках 2,3,4 цветом показаны зоны целесообразного утепления здания, получающиеся с учетом стоимости конструктивного слоя в стене, а ниже пунктиром даны границы зон без учета конструктивного слоя. Учет стоимости конструктивного слоя в экономической оценке уровня теплозащиты вполне очевидно приводит к увеличению СДЗ на 1 м<sup>2</sup> пола здания и смещению в сторону увеличения области наименьшей теплозащиты. И чем выше тепловыделения и стоимости строительных материалов, тем меньше зоны целесообразности более серьезного утепления.

## ВЫВОДЫ

1. Уровень теплозащиты должен выбираться с учетом всех финансовых затрат, на которые влияет теплозащита.
2. Решение об уровне утепления здания должно приниматься **на основе расчетов** с учетом климатических факторов и всех других влияющих на формирование выгодности принимаемого варианта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 2223-02-2003 с Изменениями 1, 2. М.: Стандартинформ, 2018; ФГБУ «РСТ», 2022.
2. Ливчак В. И. И все-таки повышение теплозащиты зданий для сокращения теплопотребления на их отопление – это правильное решение! // АВОК. 2017. № 6. С. 76–96.

3. Гамаюнова Ю.С. Выбор оптимального варианта утепления жилых домов в различных климатических зонах // Строительство и техногенная безопасность. 2019. №16(68). С. 89 - 97
4. Окунев А.Ю. Оптимизация утепления наружных стен на примере частных жилых домов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 1. С. 126 – 139. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-1-126-139
5. Ковалев И. Н., Табунщиков Ю. А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен зданий. Системные аспекты // Энергосбережение. 2017. № 8. С.22 – 32.
6. СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты (с Изменением N 1).
7. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Влияние тепlopоступлений в помещение от солнечной радиации на уровень энергетически целесообразной теплозащиты здания // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 8 (728). С. 56-66.
8. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Влияние климатических особенностей района строительства на экономически выгодный уровень тепловой защиты офисных зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 11 (743). С. 89-99.
9. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Расчет уровня экономически целесообразной теплозащиты для разных районов РФ // АВОК. 2022. № 8. С. 54 – 56.
10. Sheina S. G., TikhomirovS.A., Minenko E. N. Implementation of green building project within the example of Techno-Eco-park, Rostov-on-Don // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10. – No 12. – P. 31389-31402.

## СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

С.Д. Перевалов

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77,  
ya.yaskay@gmail.com

### Аннотация

Ситуация на мировом рынке энергетических ресурсов существенно изменилась под влиянием пандемии. Определение оптимальной альтернативы природному газу представляется в виде использования для энергообеспечения сжиженных газов. В статье представлен анализ конкурентоспособности указанных энергоносителей, их преимущественные стороны и имеющиеся недостатки. На примере Республики Карелия, имеющей на начало июля 2022 года уровень газификации в размере 35,1 %, показаны перспективы использования сжиженного природного газа (СПГ) в сравнении с сетевым природным газом, определены радиусы действия каждой из систем энергообеспечения различных нужд потребителей с учетом оптимизации транспортной составляющей затрат по цепочке доставки газа от источника газоснабжения до конечного абонента. Как показали результаты сравнительных расчетов, оптимальный радиус доставки СПГ находится в широких пределах – от 20 до 160 км в зависимости от расстояния от источника газоснабжения (малотоннажного завода по производству СПГ) и численности газоснабжаемого населенного пункта.

### ВВЕДЕНИЕ

Тенденция роста спроса на сжиженный природный газ на сегодняшний день наблюдается во всем мире [1, 2]. В первую очередь это связано с большей адаптивностью данного способа энергоснабжения, чему способствует логистическая особенность доставки СПГ: он доставляется автомобильным, железнодорожным и/или морским транспортом. Данный факт позволяет в сравнительно короткие сроки адаптироваться к быстро меняющейся конъюнктуре рынка и откликаться на спотовые предложения за счет опции аренды дополнительных судов и других транспортных средств, способных транспортировать сжиженный природный газ [3–5]. Дополнительно СПГ не требует сооружения громоздкой, дорогостоящей статической сети доставки, что, в свою очередь, позволяет сравнительно безболезненно менять покупателя, тем самым максимизируя прибыль.

Внутри страны газификация производится на основе региональных программ. Чаще всего газифицируются мелкие населенные пункты на пути проложения газопровода к газифицируемым крупным городам. В населенные пункты, расположенные на значительном удалении от сетей газоснабжения, как правило, планируется поставлять СПГ. Как пример, в Республике Карелия планируется газификация на базе СПГ 4-х из 13 муниципальных районов (Беломорский, Кемский, Калевальский, Лоухский), в которых отсутствует природный газ, ввиду удаленности от магистральных сетей природного газа. Для данной цели планируется создание системы доставки СПГ потребителям посредством автомобильного транспорта, создание системы хранения и регазификации СПГ, а также комплекса по производству СПГ [3].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модель, для которой производились расчеты, представляет из себя логистическую схему, где есть основной потребитель сжиженного природного газа, а именно основной город с наибольшим числом жителей, и есть ответвления, с гораздо меньшим количеством жителей в каждом [7].

При разработке модели были использованы следующие допущения и исходные данные. Основной населенный пункт (газоснабжаемый город) находится на расстоянии от

20 до 160 км от источника газоснабжения с расчетным шагом, составляющим 20 км. Через каждые 20 километров для расчета учитываются ответвления к населенным пунктам протяженностью 15 км. Оборудование в населенных пунктах и основном городе используется в соответствии с требуемой загрузкой, а именно: хранилища сжиженного природного газа для непрерывной подачи газа потребителям и испарительные установки для регазификации СПГ. Весь производимый на установках сжижения СПГ распределяется среди потребителей равномерно, что позволяет рассчитать потребность в необходимом оборудовании.

Комплекс сжижения природного газа в принятой модели также изменяет производительность в соответствии с потребным количеством газа, диктуемым численностью населения основного города и населенных пунктов. Соответственно принимается, что потребность обеспечат следующие варианты:

- комплексы до 5 тысяч тонн в год производимого СПГ, что позволит обеспечить потребность 17,5 тысяч человек населения,
- комплексы до 10 тысяч тонн в год производимого СПГ, что соответственно обеспечит потребность 30 тысяч человек населения,
- комплексы до 20 тысяч тонн в год производимого СПГ, что соответственно обеспечит потребность 40,5 тысяч человек населения.

Поскольку в принятой модели при каждом шаге увеличения расстояния и увеличении количества ответвлений, число жителей остается неизменным, из этого следует, что удельные затраты, а также капитальные вложения будут расти с каждой итерацией расстояния, в то время как прибыль останется неизменной. Соответственно в рамках данной математической модели рациональным для определения оптимального радиуса доставки сжиженного природного газа будет сравнение с традиционной транспортировкой природного газа по газопроводам в тех же условиях.

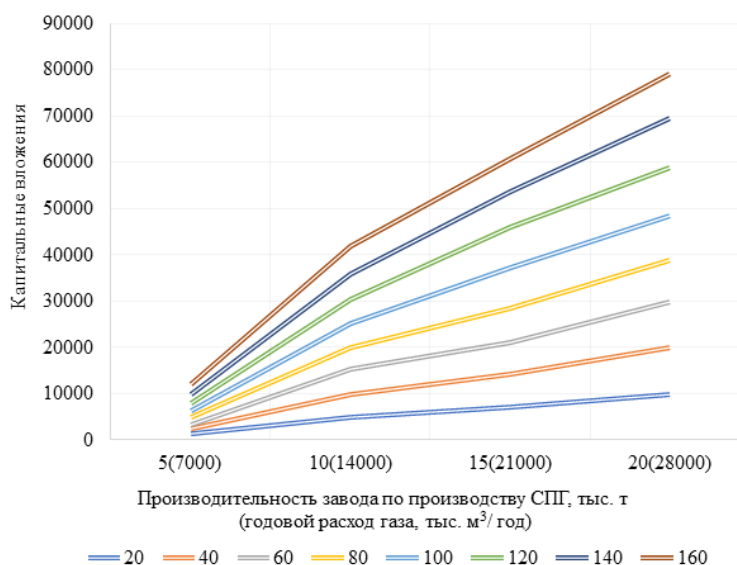
Газопровод сооружается вдоль дорог маршрутов, по которым производится доставка сжиженного природного газа, из чего следует, что протяженность газопровода будет равна протяженности маршрута доставки сжиженного природного газа. Газораспределительные станции и газораспределительные системы в населенных пунктах и основном городе не учитываются поскольку существуют в обоих вариантах. Расчет диаметра труб магистрального газопровода и его ответвлений производится с ориентацией на максимально-часовые расходы газа и длину газопровода. Проведенные расчеты для конкретных условий прокладки магистрального газопровода позволили учесть строительство дополнительных сооружений на газопроводах (дюкеры, переходы через ж/д и автомобильные дороги и пр.) коэффициентом сложности в размере 1,15. Также расчетом было предусмотрено устройство станций электрохимической защиты на протяжении всего газопровода. В данной статье предлагается определить конкурентоспособность доставки СПГ автомобильными криогенными цистернами с транспортировкой природного газа посредством сооружения подземного газопровода путем сопоставления приведенных затрат в рассматриваемые альтернативные варианты, ориентированные на доставку энергетического сырья на определенный радиус  $r$ . Соответственно если приведенные затраты на реализацию проекта СПГ  $R_1$  будут больше, чем приведенные затраты на реализацию проекта поставки газа посредством подземного газопровода  $R_2$ , то следует принимать проект поставки газа при помощи газопровода.

При проведении расчетов были учтены амортизационные отчисления. Для газопровода в амортизационные отчисления входит непосредственно стоимость сооружения газопровода, включая станции катодной защиты, переходы через дорогу, дюкеры, футляры и прочее. Для СПГ в амортизационные отчисления входит стоимость строительства завода по производству СПГ, автомобильные криогенные цистерны для перевозки СПГ, криогенные резервуары и газификаторы [8]. Способ начисления амортизационных отчислений принят линейный.

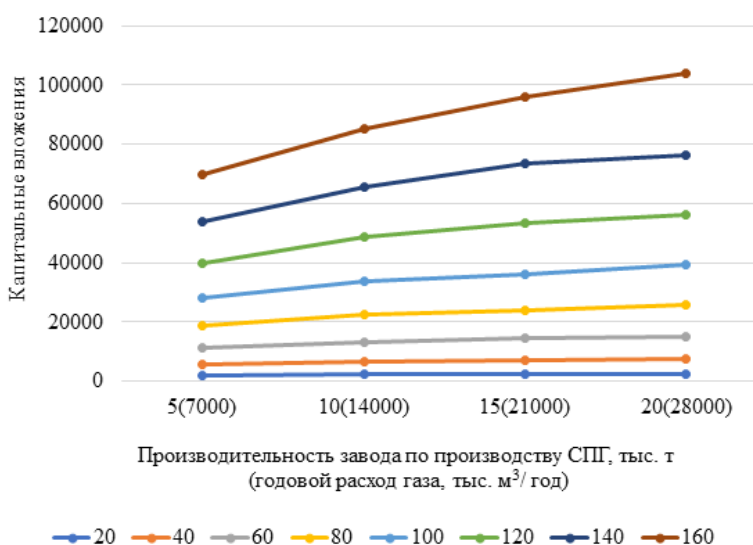
Эксплуатационные затраты в сравниваемые варианты включали в себя: электроэнергию на производство СПГ, затраты на топливо для автоцистерн, зарплату обслуживающего персонала. Для определения приведенных затрат принят коэффициент экономической эффективности капиталовложений равный  $0,15 \text{ год}^{-1}$ . Приведенные затраты включают в себя капитальные затраты и эксплуатационные расходы [9]. Исходя из определения, что приведенные затраты – это экономическая категория отражающая величину (в стоимостном выражении) полных затрат общественного труда, текущих и единовременных, на производство продукции, можно заключить, что данный показатель охватывает все наиболее важные аспекты реализации проектов газификации, и в достаточной мере отображает возможность использования его как критерия оценивания рентабельности и релевантности применения СПГ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты сравнительных расчетов представлены на рисунках 1–5.

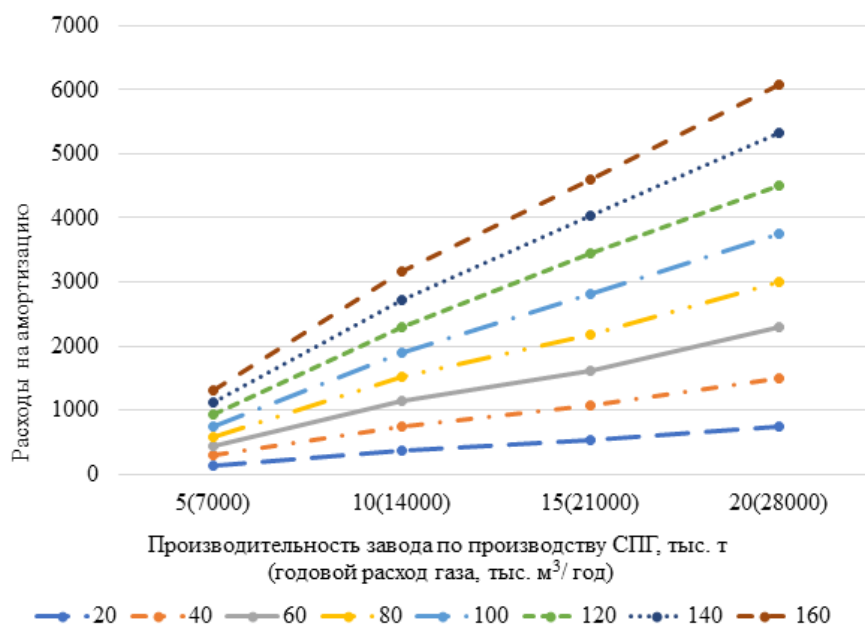


**Рис. 1.** Капитальные вложения в сооружение газопровода ПГ в зависимости от расстояния от источника газоснабжения (км) и его производительности (тыс. м<sup>3</sup>/год)

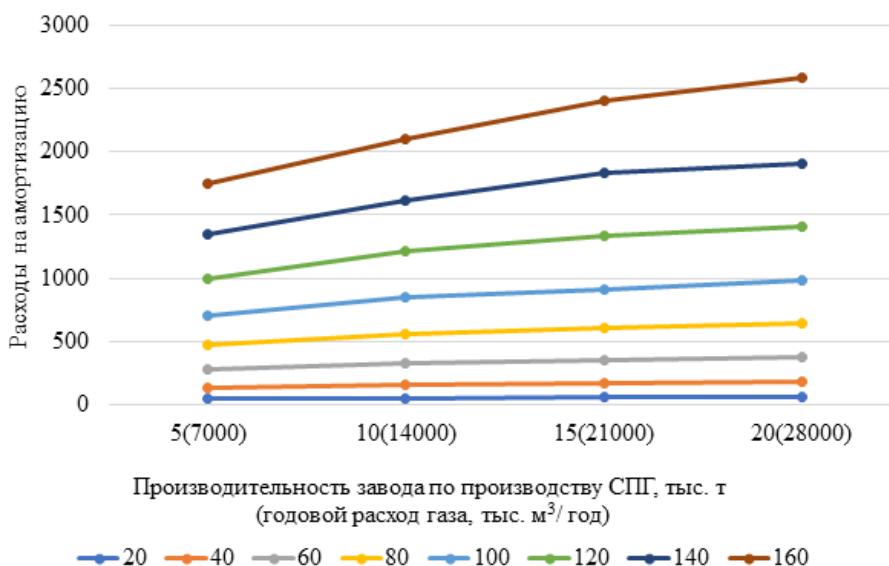


**Рис. 2.** Капитальные вложения в доставку СПГ в зависимости от расстояния от источника газоснабжения (км) и его производительности (тыс. м<sup>3</sup>/год)

Из рисунков 1 и 2 видно, что рост капиталовложений в газопровод и СПГ относительно расстояния до основного снабжаемого населенного пункта и количества сельских населенных пунктов, подлежащих газификации, растет не одинаково. Наблюдается более сильный рост капиталовложений в сооружение газопровода относительно расстояния, на которое нужно производить транспортировку, в сравнении с СПГ. Соответственно, с ростом капиталовложений растет и количество денежных средств, расходуемых на амортизационные отчисления, что следует из рисунков 3, 4.



**Рис. 3.** Расходы на амортизацию при сооружении газопровода ПГ в зависимости от расстояния от источника газоснабжения (км) и его производительности (тыс. м<sup>3</sup>/год)

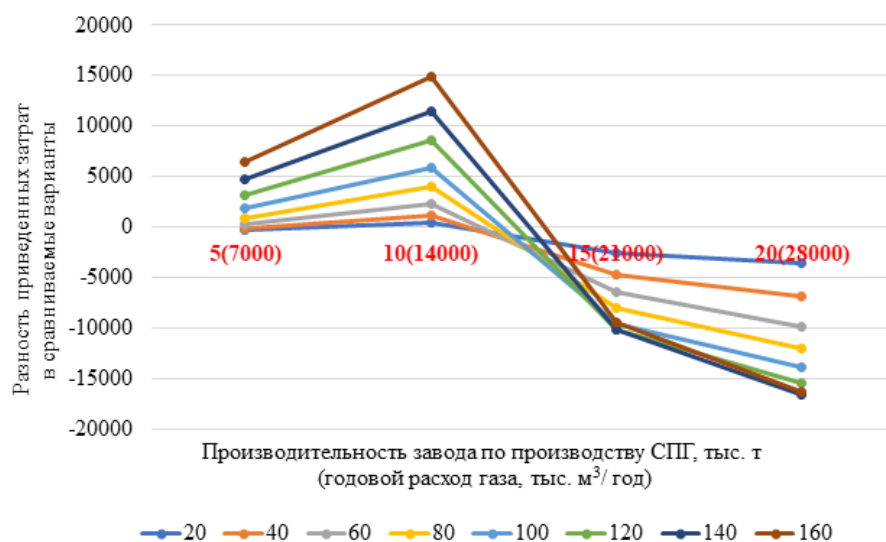


**Рис. 4.** Расходы на амортизацию при доставке СПГ в зависимости от расстояния от источника газоснабжения (км) и его производительности (тыс. м<sup>3</sup>/год)

На рис. 5 показана разница между приведенными затратами на реализацию проектов по строительству газопровода и снабжения потребителей на базе СПГ в зависимости от расстояния от источника газоснабжения (км) и его производительности (тыс. м<sup>3</sup>/год).

## ВЫВОДЫ

Соответственно, опираясь на определение приведенных затрат, можно утверждать, что при отрицательном значении данного показателя, рентабельно использовать для энергоснабжения региона проект строительства подземного газопровода. И наоборот, при положительном значении данного показателя рентабельнее использовать энергоснабжение региона посредством СПГ. Исходя из рисунка 5, мы видим, что оптимальный радиус доставки СПГ находится в широких пределах от 40 до 160 км в зависимости от расстояния и численности газоснабжаемых населенных пунктов.



**Рис. 5.** Разница между приведенными затратами на поставки сетевого природного газа в сравнении с СПГ

Неравномерность распределения объясняется разницей удельной стоимости доставки и производства одного кубометра газа. То есть удельная стоимость строительства газопровода на километр расстояния транспортирования является относительно постоянным значением и в рамках проекта имеет незначительное отклонение в большую или меньшую сторону. В то же время, в силу того, что оборудование для производства СПГ имеет определенную мощность и шаг наращивания мощности, увеличение приведенных затрат происходит не столь стремительно как при использовании транспортировки газа по газопроводам.

*Исследование выполнено в рамках Гранта на получения стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации экономики России (СП-4481.2021.1).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ишмуратова М.* и др. Российский мало- и среднетоннажный СПГ. Региональная серия: Кузбасс, Якутия, Дальний Восток, Сахалин, Черное море. М.: Центр энергетики СКОЛКОВО, 2019. 56 с.
2. *Медведева О.Н.* Системы автономного газоснабжения: монография. Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2020. 296 с.
3. *Распоряжение* Правительства Республики Карелия от 15 февраля 2022 г. № 120р-П // Официальный интернет-портал Республики Карелия: гос. система правовой информации. Режим доступа: [https://gov.karelia.ru/upload/iblock/c56/120r\\_P.pdf](https://gov.karelia.ru/upload/iblock/c56/120r_P.pdf). Дата обращения: 17.12.2022.
4. *Medvedeva O.N., Frolov V.O., Kolosov A.I.* Theoretical substantiation of method of delivery liquefied natural gas // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2016. No. 4 (32). С. 34—45.
5. *Raharjo M., Sudibandriyo M.* Optimization of LNG logistics system to meet gas supply at Gresik LNG receiving terminal // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 543.

6. *Медведева О.Н., Первалов С.Д.* Обоснование модельных схем газораспределения потребителей, не охваченных газоснабжением // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021: сборник докладов Второй Национальной научной конференции. Москва, 2022. С. 1040—1045.
7. *Федорова В.А., Федорова Е.Б., Митряйкина А.О.* Трансформация индустрии СПГ в рамках декарбонизации мирового ТЭК // Деловой журнал NEFTEGAZ.RU. 2022. № 4. С. 62—67.
8. *Medvedeva O.N., Frolov V.O., Kochetkov A.V.* A tank for transporting liquefied natural gas // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Vol. 51. No. 3. С. 257—259.
9. Курицын Б.Н. Оптимизация систем теплогазоснабжения и вентиляции. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1992. 160 с.



# СРАВНИТЕЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ИК-ГОРЕЛОК

**В.Р. Иноземцева**

*ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77,  
inozemtsevavladislava2000@yandex.ru*

## **Аннотация**

В работе проведена сравнительная оценка экономической эффективности использования систем отопления производственных объектов на базе тепловых насосов малой мощности и системы отопления инфракрасными горелками (ИК-горелками) с использованием методов дисконтирования приведенных затрат в установку и эксплуатацию систем. Расчетная модель позволяет учитывать влияние фактора времени на капитальные и эксплуатационные расходы в условиях динамики развития отопительных систем. Как показали результаты сравнительного анализа при одинаковом количестве вырабатываемой тепловой энергии отопительные системы на базе ИК-горелок более экономичны. Вместе с тем, дополнительные капитальные вложения в устройство теплонасосной системы окупятся в течение последующих 4–6 лет в зависимости от степени удорожания энергоносителей. Дополнительные затраты на создание инфракрасной системы отопления будут компенсированы за счет экономии электроэнергии в течение периода 2–3,5 года.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Разумное и целесообразное применение различных видов топлива всегда представляло из себя серьезную проблему. Ресурсо-, энергосбережение для всех отраслей промышленности является актуальной задачей, поскольку затраты на потребляемую энергию могут оказать весомое давление в финансовом плане из-за снижения спроса на конечную продукцию, цена за которую, в свою очередь, возрастает за счет увеличения тарифной платы на первичные энергоносители [1, 2].

Как показывает практика, применение традиционных конвективных систем отопления для обогрева помещений с кратковременным пребыванием в нем людей, помещений значительной высоты, а также открытых площадок приводит к значительным излишним тратам энергоносителей [3].

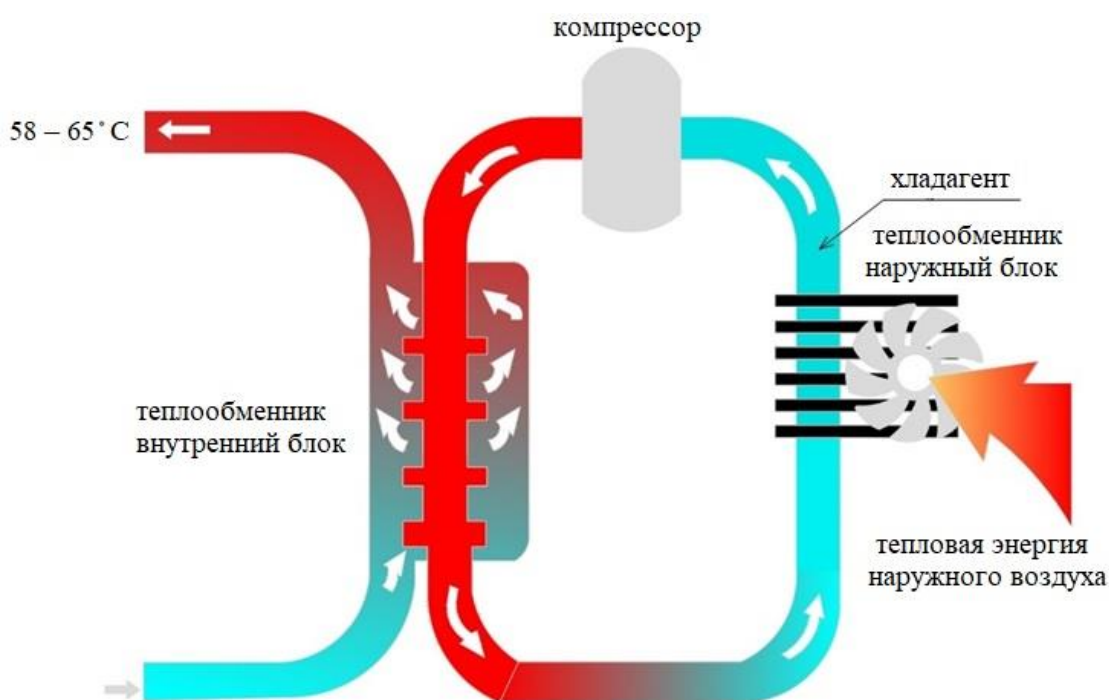
Как правило, при проектировании зданий различного назначения необходимо обосновать оптимальную систему отопления, отвечающую интересам всех участников проекта и соответствующую условиям эксплуатации зданий [4, 5, 6]. На сегодняшний день существуют различные альтернативные варианты отопительных систем зданий, вместе с тем внедрение новых энергосберегающих технологий требует оценки экономической эффективности соответствующих инвестиций с точки зрения их гарантированной отдачи, а также необходимости получения максимальной прибыли от вложенных средств [7].

Выбор оптимального варианта системы отопления требует учета различных определяющих факторов и конкретных условий работы системы [8]. В рыночных условиях оценка рентабельности решения при минимальных затратах не всегда полностью соответствует условиям финансирования.

В последние десятилетия в России для экономии энергоносителей при отоплении промышленных зданий в качестве альтернативы конвекционному отоплению используются системы газового лучистого отопления на основе инфракрасных газовых горелок [3, 6, 9 и др.].

В регионах нашей страны, расположенных в холодной и умеренной климатических зонах, наиболее целесообразно применение тепловых насосов (ТН), оснащенных грунтовыми трубными теплообменниками [10]. Учитывая постоянное повышение цен на электроэнергию, а также повышение технической грамотности потребителей, что является мировой тенденцией в области энергоэффективности и энергосбережения, системы, работающие на базе тепловых насосов, могут занять достойное место среди альтернативных источников энергии.

Тепловой насос (рис. 1) – это устройство для сбора и передачи тепловой энергии от источника тепла с низким потенциалом к потребителю. Основное различие между тепловым насосом и традиционными подогревателями заключается в том, что первый способен передавать тепло от менее нагретого объекта к более нагретому, эффективно повышая температуру охлаждающей жидкости. Сам тепловой насос не вырабатывает тепло, он просто забирает тепловую энергию из окружающей среды – воды, почвы или воздуха, а затем передает ее в обогреваемое помещение.



**Рис. 1.** Принцип действия теплового насоса

Принцип работы теплового насоса: в нашем случае в качестве энергоносителя, тепловую энергию которого и использует тепловой насос, был рассмотрен наружный воздух, забираемый с помощью вентилятора. Для транспортировки тепла используется хладагент, испаряющийся при низких температурах, впрыскиваемый в контур циркуляции насоса с помощью компрессора. Контур циркуляции соединяет теплоуловитель (испаритель) с теплоизлучателем (конденсатором), где пары хладагента переходят в жидкую фазу и отдают энергию отопительной системе. Затем хладагент возвращается в теплоуловитель, переходит в нем в паровую фазу. И цикл повторяется. В основе процесса лежит обратный принцип Карно, только основной частью установки выступает теплоизлучатель, отдающий аккумулированное тепло на отопление, например с помощью конвектора. Компрессор также используется для повышения температуры и увеличения давления паров хладагента до требуемых значений, сжимая последние и увеличивая тем самым теплопередачу на конденсаторе.

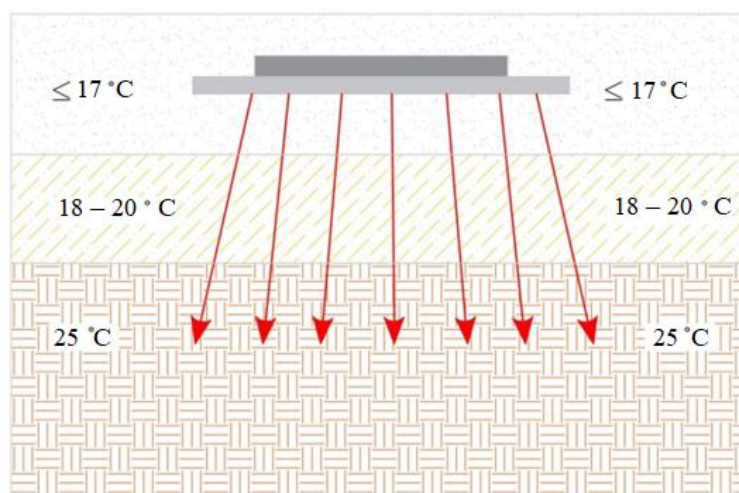
К достоинствам ТН следует отнести [10, 11]:

- простота монтажа – для замыкания первичного контура испарителя не требуются проведение земляных работ и устройство резервуаров;
- доступность – в городских условиях воздушные тепловые насосы для обеспечения нужд отопления не требуют большого количества согласований в отличие от газового отопления;
- экономичность использования – насос можно комбинировать с системой вентиляции для одновременного использования мощности нагнетателя для повышения эффективности воздухообмена в отапливаемом помещении;
- снижение расхода электроэнергии за счет низкого энергопотребления;
- экологичность – при работе установки отсутствуют вредные выбросы в окружающую среду, не создается так называемый парниковый эффект (при обоснованном использовании определенных марок хладагентов);

В качестве недостатков можно отметить:

- первоначальный ценовой диапазон комплекса работ по установке ТН;
- непостоянство КПД – эффективность работы установки напрямую зависит от температуры окружающей среды;
- ограниченность использования при низких температурах наружного воздуха;
- повышенный шум при работе ТН с тепловой мощностью свыше 15 кВт
- воздушный насос не является полностью автономной энергетической установкой, для его стабильной работы требуется наличие трехфазной электросети. Устройство потребляет электроэнергию и преобразует 1 кВт/час в 11–14 МДж.

Инфракрасные горелки отличаются от другого отопительного оборудования тем, как они нагревают воздух. Особенностью функционирования такого рода оборудования является то, что они используют инфракрасное излучение для выделения тепла, то есть работают в инфракрасном спектре электромагнитных волн. Для такого рода излучения воздух абсолютно прозрачен, поэтому через него они не будут нагревать воздушную массу. Но объекты, расположенные в комнате, могут поглощать инфракрасные волны [6]. В результате они сами становятся источниками тепла, именно их нагрев приводит к повышению температуры окружающего воздуха до комфортного значения (рис. 2). Поэтому такого рода оборудование используется в качестве основного источника отопления для крупномасштабных объектов [12]. Во время работы оборудования находящиеся поблизости люди не будут ощущать душную жару, которая часто возникает при использовании других типов отопительных приборов.



Максимальная температура достигается в зоне обогрева в месте нахождения людей и предметов

**Рис. 2.** Распределение температуры при ИК–отоплении

По сути, эти устройства являются одной из разновидностей инфракрасных излучателей, которые создают направленный поток тепловых лучей. Такую роль в конструкции оборудования выполняют, например керамические перфорированные пластины, нагреваемые пламенем газа, сжигаемого во время работы оборудования.

К основным положительным аспектам ИК-отопления относятся:

быстрота действия и легкость процесса обогрева помещения. Даже если в помещении холодно, его можно за короткое время превратить в пригодное для жилья помещение;

при нагреве с помощью ИК-оборудования на объекте отсутствует циркуляция воздуха, что могло бы сопровождаться появлением пыли. Это особенно важно для людей, склонных к аллергическим реакциям;

после нагрева оборудование не оставит запаха горелой пыли. Ведь эти устройства повлияют не на повышение температуры воздуха, а на увеличение обогрева самого помещения.

К недостаткам этих устройств относится то, что ИК-газовая горелка работает в режиме открытого пламени, поэтому существует высокий риск возникновения пожара в помещении, где они используются. Когда происходит процесс сжигания газа, количество кислорода в окружающем воздухе уменьшается – еще один недостаток: происходит процесс загрязнения помещения продуктами горения. Это окажет негативное влияние на окружающую атмосферу [12]. Еще одно негативное мнение: санитарные правила запрещают нахождение человека вблизи источника, испускающего инфракрасные лучи. Необходимо правильно подойти к задаче обогрева помещения инфракрасной газовой горелкой, поскольку такого рода оборудование обладает избыточной мощностью, которая просто не подходит для использования в жилых зданиях [13].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В современной практике для оценки экономической эффективности затрат на осуществление каких-либо проектов применяется метод дисконтированного потока денежных средств, который позволяет оценить эффективность и окупаемость вложений в проект с учетом инфляции денежных средств, а также сравнить экономическую эффективность капитальных вложений для различных вариантов проектных решений [4, 5, 14].

В данной работе было произведено сравнение дисконтированных затрат в установку теплового насоса и использование инфракрасных горелок для отопления производственного помещения (см. )

Таблица 1. Дисконтированные затраты в сравниваемые варианты

| Капитальные затраты на установку тепловых насосов, тыс. рублей |               | Капитальные затраты на установку ИК-горелок, тыс. рублей |              |
|--|---------------|--|--------------|
| Стоимость тепловых насосов                                     | 487,8         | Стоимость ИК-горелок                                     | 180,3        |
| Монтаж внутренних сетей земляного контура                      | 150,2         | –  | –            |
| Прокладка труб, обвязка скважин, земляной колодец              | 125,6         | –  | –            |
| Бурение скважин  | 87,1          | –  | –            |
| Монтаж, подключение к системе отопления и обвязка баков        | 225,3         | Монтаж, подключение к системе отопления                  | 251,7        |
| Эксплуатационные затраты                                       | 55,6          | Эксплуатационные затраты                                 | 112,3        |
| <b>ИТОГО:</b>  | <b>1131,6</b> | <b>ИТОГО:</b>  | <b>554,3</b> |

В целом, дополнительные капитальные затраты на установку тепловых насосов можно объяснить как инвестиции в энергосберегающую технологию, поскольку в сравнении с использованием электрических котлов для рассматриваемого

производственного объекта экономия затрат на электроэнергию может составлять до 2,5 млн руб.

Для того чтобы оценить экономические преимущества ИК-обогревателей, для сравнения капитальных и эксплуатационных затрат были использованы шесть типичных моделей радиаторов, каждая мощностью 15 кВт. Опыт показал, что использование газового радиационного нагрева система позволяет снизить затраты на отопление до 40–60 % (таблица 2).

Таблица 2. Технические характеристики горелок типа ГИИ-ТМ-U (ЗАО «Сибшванк»)

| Наименование параметра   | ГИИ ТМ-9U             | ГИИ ТМ-15U | ГИИ ТМ-20U | ГИИ ТМ-30U | ГИИ ТМ-40U |
|--|-----------------------|------------|------------|------------|------------|
| Номинальная тепловая мощность, кВт   | 5                     | 15         | 19         | 29         | 39         |
| Потребляемый газ   | природный и сжиженный |            |            |            |            |
| Максимальное присоединительное давление газа, Па   | 5 000                 |            |            |            |            |
| Расход газа при номинальной тепловой мощности:<br>для природного газа, м <sup>3</sup> /ч   | 0,8                   | 1,5        | 1,91       | 2,91       | 3,91       |
| для сжиженного газа, кг/ч  | 1,05                  | 1,17       | 1,48       | 2,25       | 3,03       |
| Температура излучающей поверхности, не более °С  | 400                   |            |            |            |            |
| Содержание окислов азота в сухих неразбавленных продуктах сгорания при коэффициенте избытка воздуха равном 1, мг/м <sup>3</sup> , не более | 210                   |            |            |            |            |
| Содержание окиси углерода в сухих неразбавленных продуктах сгорания % к объему, не более   | 0,05                  |            |            |            |            |
| Электрическое питание, В, Гц, ВА   | 220, 50, 100          |            |            |            |            |
| Масса излучателя, не более, кг   | 48                    | 54         | 54         | 92         | 92         |
| Габаритные размеры, мм:<br>длина   | 3583                  | 3583       | 3583       | 6634       | 6634       |
| ширина   | 584                   |            |            |            |            |
| высота   | 243                   |            |            |            |            |

На экономическую эффективность проектного решения значительное влияние оказывает фактор времени и срок окупаемости, используемый в качестве критерия оценки эффективности проекта [4]. Под чистым денежным потоком подразумевается экономия эксплуатационных расходов за счет внедрения энергосберегающих технологий [5]. По результатам проведенных расчетов простой период окупаемости составил 4,16 года, после чего чистая приведенная стоимость становится положительной величиной, равной текущей стоимости инвестиций в энергосберегающие технологии.

При сравнении экономических вариантов системы используются такие показатели, как капитальные вложения, эксплуатационные расходы, продолжительность строительства и монтажа. В большинстве случаев система сравнивается с точки зрения капитальных вложений и эксплуатационных затрат. При сравнении вариантов один из них имеет меньшие капитальные вложения, а другой – меньшие эксплуатационные расходы, используя сравнительный срок окупаемости [4, 5, 14].

Чистый дисконтированный доход (ЧДД), определяется как превышение интегральных результатов от реализации проекта над интегральными затратами, или как

сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу расчета [4, 5]:

$$\mathcal{E}_n = \text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \quad (1)$$

где  $R_t$  – стоимостная оценка результатов, достигаемых на  $t$ -ом шаге расчета;  $Z_t$  – затраты, осуществляемые на том же шаге;  $t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2, \dots, T$ );  $T$  – горизонт расчета, равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта.

Если ЧДД инвестиционного проекта положителен, проект является эффективным и должен рассматриваться вопрос о его принятии, в противном случае при реализации проекта инвестор понесет убытки. Чем больше значение ЧДД, тем эффективнее проект. Критерием оптимальности инвестиционного проекта является условие [5, 14]:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) = \max \quad (2)$$

Дисконтирующий множитель, представляющий сумму членов геометрической прогрессии без единицы, определяется по формуле:

$$y = \sum_{t=1}^{t_{\text{сн}}} \frac{1}{(1+E)^t} = \frac{(1+E)^{t_{\text{сн}}} - 1}{(1+E)^{t_{\text{сн}}} \cdot E}$$

где  $t_{\text{сн}}$  – срок службы объекта, лет;  $E$  – норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал [4].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенные сравнительные расчеты позволяют выбрать наиболее экономичную систему отопления. Расчет затрат в системы отопления по сравниваемым вариантам сведен в таблицу 3.

Таблица 3. Смета начальных затрат

| Элементы текущих затрат   | Тепловой насос | ИК-горелки |
|---|----------------|------------|
| 1. Стоимость основного оборудования, Кос, руб.<br>Регистр отопительный из стальных труб, одновитковый (Dy=100 мм) | 92413          |            |
| Труба стальная неоцинкованная водогазопроводная (ГОСТ 3262 – 75*)   | 20000          |            |
| Газовый инфракрасный излучатель ГИИ-ТМ-15U (3 шт)   |                | 75600      |
| <b>ИТОГО</b>  | 112413         | 75600      |
| 2. Затраты на доставку и монтаж оборудования Кмон,  | 22482,6        | 15120      |
| 3. Затраты на вспомогательное оборудование Ко.всп, руб.   | 67447,8        | 45360      |
| 4. Затраты на общестроительную часть, Кстр., руб.   | 134895,6       | 90720      |
| 5. Общие затраты К, руб.  | 337599         | 226800     |

## ВЫВОДЫ

Экономические преимущества систем отопления оценивались с помощью таких показателей как дисконтированная стоимость, дисконтированный срок окупаемости и внутренняя рентабельность. Результаты показывают, что система отопления на базе инфракрасных горелок, на самом деле, является реальной заменой системе отопления с тепловым насосом и большинству традиционных систем отопления. Дополнительные капитальные затраты на системы создание ИК-отопления будут компенсированы за счет экономии электроэнергии в течение периода 2–3,5 лет в зависимости от инфляции и других инвестиционных рисков. С экономической точки зрения лучистое отопление с использованием газовых инфракрасных излучателей является наиболее выгодным. Текущая чистая дисконтированная стоимость проекта составляет 220 тысяч рублей при ставке дисконта 15 % и значении внутренней нормы рентабельности 27 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Медведева О.Н., Бессонова Н.С.* Методика оценки тепловой эффективности газоиспользующих аппаратов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. № 2(75). С. 108—120. EDN : [SMWXMZ](#)
2. *Торчинский Я.М.* Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем. Л.: Недра, 1988. 239 с.
3. *Богомолов А.И., Вигдорчик Д.Я., Маевский М.А.* Газовые горелки инфракрасного обзора и их применение. М.: Стройиздат, 1987. 255 с.
4. *Курицын Б.Н., Медведева О.Н.* Техничко-экономическая оптимизация систем теплоснабжения: учеб. пособие. Саратов: СГТУ, 2011. 60 с. EDN : [QMLSRP](#)
5. *Медведева О.Н.* Техничко-экономическое обоснование систем теплогазоснабжения. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2020. 197 с. ЭДН : [ПАБЖП](#) Режим доступа: <https://doi.org/10.23682/93562>. Дата обращения: 15.12.2022.
6. *Родин А.К.* Газовое лучистое отопление. Л.: Недра, 1987. 187 с.
7. *Курицын Б.Н., Медведева О.Н.* Влияние давления газа на эффективность его использования // Приволжский научный журнал. 2009. № 3(11). С. 65-69. EDN : [KWBBWN](#)
8. *Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Иванов А.А.* Повышение эффективности использования газового топлива // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. №5–2. С. 284—286.
9. *Иноземцева В.Р.* Использование инфракрасных горелок темного типа для нужд производственного отопления // Техничское регулирование в транспортном строительстве. 2022. №3(54). С. 97—101.
10. *Пикалов А.А., Рулев А.В., Усачева Е.Ю.* Разработка начальных положений системного анализа компрессионных тепловых насосов на основе зетропных смесей и приведение их конкурирующих вариантов к единой структуре // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газозенергоснабжения. 2018. № 1. С. 144—151.
11. *Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Федосов С.В., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В.* Отопление текстильных малоэтажных строений и цехов комплексной теплонасосной системой "воздух - вода" // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. №5(371). С. 255—258.
12. *Медведева О.Н., Иванов А.И.* Основы сжигания газового топлива. Саратов: Издательский Дом "Райт-Экспо", 2016. 130 с. EDN: [ZACBQF](#)
13. *Иноземцева В.Р.* Техничко-экономическое обоснование выбора системы отопления // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы XI национальной конференции с участием. Саратов: Саратовский ГАУ, 2021. С. 27—30. ЭДН : [JNWVLT](#)
14. Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения: общие положения. М.: «Авок; Пресс», 2006. 24 с.

# КОНЦЕВЫЕ ЗАДЕЛКИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛИНОВЫХ МУФТ И СИСТЕМ END-STOP.

И.А. Клочков<sup>1</sup>, М.А. Степанов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*i.a-klochkov@ya.ru*

<sup>2</sup>*masmias@mail.ru*

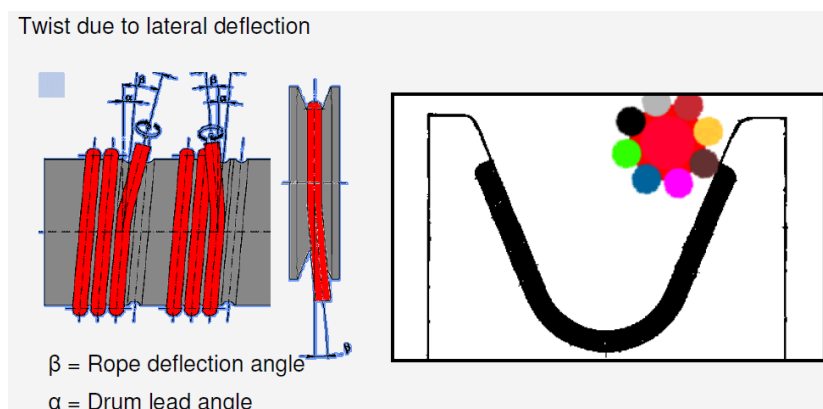
## Аннотация

В статье рассматриваются вопросы применения концевых заделок грузовых канатов на грузоподъемных машинах. Целью исследования является выявление преимуществ и недостатков канатных заделок на грузоподъемном оборудовании. Соавторы сосредоточили свои исследовательские усилия на сравнительном анализе концевых заделок стальных канатов с использованием клиновой муфты и канатного наконечника терминального типа «END-STOP». В результате анализа были выявлены следующие недостатки клиновых муфт: ограничение степеней свободы некрутящегося грузового каната, невозможность сброса осевого крутящего момента. Канатные наконечники терминального типа «END-STOP» лишены данных недостатков, позволяют сбрасывать осевой крутящий момент, накапливаемый в теле каната в процессе его работы. Основным недостатком данных канатных заделок является их дороговизна, сложность монтажа, недостаточная ремонтпригодность. Данный сравнительный анализ позволяет соавторам сделать вывод о влиянии типа концевых заделок на ресурс грузового каната.

## ВВЕДЕНИЕ

Все грузоподъемные машины, оборудованные канатным приводом, имеют две точки крепления грузового каната. Одна из точек крепления расположена непосредственно на барабане грузовой лебедки и имеет вид болтовых зажимов, фиксирующих канат либо внутри барабана, либо к его реборде. Вторая точка крепления каната расположена либо на крюковой подвеске, либо на стреле грузоподъемной машины в зависимости от кратности запасовки грузового полиспаста. Даная точка крепления представляет для исследователей больший интерес, так как она имеет непосредственное влияние на поведение каната при работе. Как показывают исследования [1,2,3,4,5], закрепление канатов являются причинами аварийной ситуации.

При работе грузовому канату, вследствие многократных перегибов и изменении углов девиации, придается осевое кручение. Механика возникновения данного подкручивания представлена на Рис. 1.



**Рис. 1.** Механика возникновения осевого крутящего момента в грузовом канате

Канат при укладке на барабан подается с подающего блока канатоукладчика, а при его отсутствии – со шкива оголовка крана либо со шкива, расположенного на стреле. При



этом канат подается на барабан не прямолинейно, а с переменным отклонением от оси канатоведущих ручьев. Направление движения каната между шкивами в системе полиспаста (стрела-крюковая подвеска) также происходит с отклонением от вертикальной оси канатоведущих шкивов. Данные отклонения характеризуются углом девиации.

Канат, проходя через ручей шкива под углом сначала контактирует не с центральной частью ручья, а с его боковой ребордой. Затем, под действием силы тяжести груза, канат смещается к центру. Смещение каната к центру ручья происходит по механизму скольжение-трение, в результате которого канату сообщается осевой крутящий момент. При недостаточной смазке каната и большей кратности запасовки полиспаста канат гораздо быстрее набирает осевой крутящий момент, который со временем приводит к деформации каната типа «штопор» рис.2 и последующей его выбраковки.



**Рис. 2.** Повреждение каната, деформация каната типа «штопор»

Проблема накопления кручения в канате имеет достаточно широкое распространение на практике. Она имеет тесную связь с более фундаментальной проблемой – проблемой надежности канатного привода.

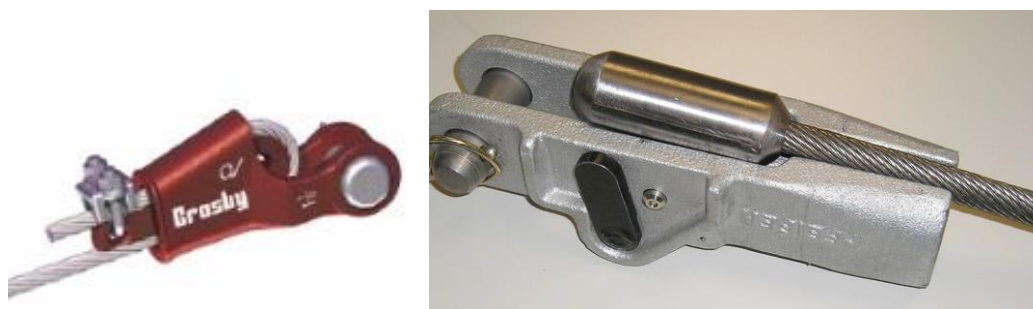
Зависимость применяемой концевой канатной заделки и возникновения осевого крутящего момента рассмотрена соавторами в данной статье.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В настоящее время разработаны различные механизмы крепления каната [6,7]

В данной работе был организован эксперимент, который заключался в анализе работы каната на автомобильном кране Liebherr LTM-1050-3.1 с применением концевых заделок каната различного типа. На кран попеременно устанавливалось два каната одинаковой конструкции, одинаковой длины, одного и того же производителя (бренд Redaelli, конструкция Flexpack 35xK7 RHLL, маркировочная группа проволок каната 2160 Н/мм<sup>2</sup>).

Один из канатов был установлен на кран и закреплен на стреле крана при помощи классической клиновой муфты. Другой канат был установлен на кран и закреплен на стреле канатным наконечником терминального типа «END-STOP» (рис. 3).



**Рис. 3.** Канатная заделка «клиновая муфта» (слева), канатный наконечник END-STOP (справа)

Оба каната в данном эксперименте работали до отказа (в данном случае понятие «отказ» регламентируется нормами браковки грузовых канатов)[8]. Затем, после выбраковки канатов, был проведен сравнительный анализ повреждений и суммарной наработки каждого образца.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Благодаря проведенному эксперименту было установлено, что тип концевой заделки имеет непосредственное влияние на долговечность каната. Ниже, на рис.4 представлены фото двух образцов грузовых канатов, один из которых был в эксплуатации с концевой заделкой типа «Клиновое муфта», другой – с наконечником типа «END-STOP».



**Рис. 4.** Грузовой канат после выбраковки в системе с «клиновой муфтой» (слева),  
грузовой канат после выбраковки с наконечником типа END-STOP (справа)

Наработка каната до предельного состояния (выбраковка по недопустимому отклонению волнистости, более 1/3 номинального диаметра) на рис. 4 (слева) составила 3564 моточасов. Нарabотка каната до состояния выбраковки на рис. 4 (справа) составила 6282 моточаса (выбраковка по степени износа (уменьшение диаметра каната меньше номинального размера).

Соавторы данного исследования обращают особое внимание на следующие характерные особенности данных повреждений: все повреждения зафиксированы только в рабочей зоне каната, данные повреждения не связаны с качеством каната.

На рис. 4 (слева) мы наблюдаем волнистость каната. Данное повреждение свидетельствует об избыточном накопленном осевом крутящем моменте. Заделка типа «клиновой коуш» на автомобильных кранах лишена возможности осевого вращения и, соответственно, сброса избыточного крутящего момента, накапливающегося в канате в процессе работы. Отсутствие данной возможности привело к волнистой деформации геометрии каната и его преждевременной выбраковке.

На рис. 4 (справа) мы наблюдаем достаточно сильный поверхностный износ каната. Данное повреждение характерно для каната с достаточно большой наработкой. Эти выводы были подтверждены показаниями счетчика моточасов на момент выбраковки каната (6282 моточаса). На канате отсутствует волнистая деформация, и иные повреждения, связанные с избыточным кручением каната. Это обусловлено следующим: при работе канат также как и в первом случае набирает кручение, проходя по канатопроводящим шкивам полиспаста, но при снятии нагрузки с крюковой подвески, избыточный осевой крутящий момент высвобождается из каната путем прокручивания конца каната, оборудованного канатным наконечником END-STOP в соответствующем

терминале. Данная особенность канатной заделки позволила в рамках данного эксперимента увеличить ресурс каната практически вдвое (наработка каната с канатным наконечником END-STOP оказалась в 1,8 раза выше, чем наработка каната, оборудованного клиновым коушем).

## ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования были выявлены следующие достоинства и недостатки рассмотренных концевых заделок:

- Клиновой коуш – универсальная канатная заделка, достаточно распространена, позволяет без предварительной подготовки закрепить конец каната на оборудовании. При применении данной заделки в качестве крепления грузового каната без вертлюга (на автокранах), не позволяет канату высвободить осевой крутящий момент, что в последствии приводит к волнистой деформации и преждевременному выходу каната из строя.
- Система END-STOP – система, представляющая собой напрессованный на канат стальной наконечник, который крепится к ответной части (терминалу) на стреле/крюковой подвеске крана. К недостаткам данной системы стоит отнести отсутствие возможности оперативной замены каната в полевых условиях, а также осуществление его ремонта путем удаления поврежденного участка каната рабочей зоны, так как запрессовка втулки на канат требует специализированного оборудования. Достоинства системы END-STOP – конструктивная возможность сброса избыточного осевого крутящего момента, за счет которой, в рамках проведенного эксперимента, удалось в 1.8 раз увеличить ресурс каната, избежав его преждевременную выбраковку по причине деформации, вызванной накопленным избыточным осевым кручением в процессе работы.

Тема повышения долговечности каната тесно связана с актуальной проблемой – надежностью канатного привода. Соавторы в данном исследовании акцентируют внимание на системе крепления каната END-STOP как на один из возможных путей решения данной проблемы. Одно из основных перспективных направлений исследований в данной области по мнению соавторов – устранение недостатков данной системы, а именно решение проблемы автономности замены и ремонта грузовых канатов на кранах, оборудованных данной системой. Это позволит снизить стоимость обслуживания системы END-STOP, получить ее повсеместное применение на грузоподъемных машинах и в дальнейшем положительно повлиять на надежность канатного привода в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *И.В.Г.Ривенко, В.В.Диденко, С.Г.Евдокимов, А.В.Стельмах, Д.В.Горохов.* Влияние коэффициентов преформации прядей на трибожесткость стальных канатов// Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Шахты 2018. с 28-37
2. *Калентьев Е.А., Тарасов В.В., Новиков В.Н.* К вопросу о долговечности стальных канатов. //Вестник ИжГТУ имени М.Т.Калашникова. 1019 т.22. №1.с 20-28.
3. *Короткий А.А., Котельников В.С., Маслов В.Б., Иванов Д.С.* Браковочные параметры несущего каната подвесных канатных дорог в местах его счалки. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2008. № 5 (147). С. 59-61.
4. *Короткий А.А., Марченко Э.В.* Оценка и контроль опасных факторов в зоне счалки стальных канатов.// Безопасность техногенных и природных систем. 2019. № 3. С. 6-11
5. *Будрин С.Б.* Ресурс стальных канатов. Проблемы транспорта Дальнего Востока. Доклады научно-практической конференции. 2019. Т. 1. С. 66-71.
6. *Бабурко Н.В., Ивинский В.И., Трухан Г.Д.* Механизм для зажима и раскручивания каната к устройству для зацепки каната.// Авторское свидетельство SU 439550 A1, 15.08.1974. Заявка № 1885348/25-27 от 22.02.1973.
7. *Ермаков Ю.Г.* Зажим для каната и способ для осуществления каната.// Авторское свидетельство SU 439550 A1, 15.08.1974. Заявка № 1885348/25-27 от 22.02.1973.
8. "Канаты стальные. Контроль и нормы браковки. РД РОСЭАК 013-97.// Издание РОСЭК,

# ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ ТРЕБУЕМЫХ УСЛОВИЙ МИКРОКЛИМАТА ЗАКРЫТОГО КОННОСПОРТИВНОГО МАНЕЖА

А.С. Кулаков

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д.65,  
kulakoff\_87@bk.ru

## Аннотация

Создание и поддержание требуемых условий микроклимата закрытого конноспортивного манежа является многофакторной задачей. Это обусловлено большими размерами помещений, спецификой функционального назначения и режимом деятельности. Высота помещения достигает как правило достигает 5-7 метров, а высота обогреваемой рабочей зоны составляет 2-2,5 метров.

Основными задачами по созданию и поддержанию требуемых условий микроклимата в помещениях являются:

- Энергоэффективность. Системы должна быть экономически целесообразной и рационально расходовать энергию на поддержание требуемых параметров микроклимата.
- Дизайн. Ввиду зрелищности конноспортивных мероприятий эстетика помещения не должна нарушаться.

Предлагаемый ниже вариант отопления и вентиляции конноспортивного манежа включает отопление с нагревательными приборами, размещенными непосредственно в помещении, а также приточным воздухом, нагреваемым в теплоутилизаторе вытяжным воздухом, с дополнительным подогревом от системы теплоснабжения.

Приточно-вытяжная установка, имеющая в составе рекуператор и водный воздухоподогреватель, расположена вне помещения манежа сбоку в средней его части, с раздачей воздуха струями через патрубки, выходящие в манеж выше рабочей зоны, и вытяжной вентиляцией, осуществляемой через короб с жалюзи, обеспечивающие приточно-вытяжную вентиляцию в заданном режиме параметров внутреннего воздуха.

Достижимый данным вариантом теплоснабжения технический результат заключается в создании требуемых температурного режима в помещении манежа, как в период проведения тренировок и соревнований, так и в ночное время, когда осуществляется режим экономии энергетических затрат, а также в создании нормируемого воздухообмена в манеже за счёт применяемого отопительно-вентиляционного оборудования.

## ВВЕДЕНИЕ

Популяризация верховой езды приводит к общей популяризации здорового образа жизни, что благотворно сказывается на её качестве и продолжительности. Проведение совместного времени с лошадьми воспитывают у подрастающего поколения внимание к животным и бережное отношение к окружающей природе. Кроме того, изучение отечественной истории и занятия верховой ездой способны возвращать в подростках чувство патриотизма.

В условиях умеренно континентального климата средней полосы России и продолжительного холодного времени года, содержание, тренировки и заезды лошадей производятся в специализированных конноспортивных комплексах, представляющие собой объединение в одном архитектурно-функциональном пространстве конюшен, манежа и административно-бытовых помещений.

Особенности круглогодичного функционирования конноспортивных комплексов связаны с решением задач по созданию и поддержанию требуемых условий микроклимата.

Он становится все более актуальным в связи с ростом цен на энергоносители и ограниченностью пропускных способностей энергосетей.

Кроме того, от микроклимата во многом зависят спортивные кондиции и результаты лошади: подключение функциональных резервов для целей адаптации к низким температурам меняет внутреннюю среду организма животного и включает механизм перестройки для целей выживания (увеличение эритроцитарной массы крови и энергетических депо) [2], понижая полезный спортивный потенциал организма на выполнение максимальной физической нагрузки. Реакция, направленная на сокращение потерь тепла, заставляет организм лошадей увеличивать покров шерстью тела животного, развивать сердцевинный слой волос, увеличивать толщину кожного покрова и отложения подкожного жирового слоя.

Таким образом, вопрос создания и поддержания требуемых условий микроклимата является одним из важных при функционировании конноспортивных комплексов.

Манеж выполнен в металлокаркасной стеновой конструктивной системе, так как каркасная конструктивная система организует внутренние пространства средних и больших площадей и трансформацию планировочного решения, а так же имеет широкое распространение в современном строительстве.

Ввиду отсутствия нормативных параметров микроклимата закрытого конноспортивного манежа, необходимо ориентироваться на действующие нормативные параметрами параметры микроклимата конюшень [1].

Таблица 1 Нормативные параметры микроклимата в конюшнях конноспортивных комплексах

| Наименование показателя   | Величина |
|---|----------|
| 1. Температура, °С  |          |
| -тёплый период  | 18-28    |
| -холодный и переходный периоды                                    | 8-13     |
| 2. Относительная влажность, %                                     |          |
| -тёплый период  | 50-75    |
| -холодный и переходный периоды                                    | 15-45    |
| 3. Скорость движения воздуха в помещении, м/с                     |          |
| - холодный период   | 0,3      |
| - переходный период   | 0,5      |
| - тёплый период   | 1,0      |
| 4. Воздухообмен на 1 гол., м <sup>3</sup> /час                    |          |
| - холодный период   | 50       |
| - переходный период   | 70       |
| - тёплый период   | 100      |
| 5. ПДК вредных газов и бактериальной загрязнённости:              |          |
| - аммиак, мг/м <sup>3</sup>                                       | 20       |
| - сероводород, мг/м <sup>3</sup>                                  | 10       |
| - диоксид углерода, %   | 0,25     |
| - бактериальная загрязнённость, тыс. микробных тел/м <sup>3</sup> | 150      |
| 6. Освещённость естественная:                                     |          |
| - КЕО, %  | 1,0      |
| -ОПСЦ, %  | 10       |
| 7. Освещённость искусственная, лк                                 | 150-200  |
| 8. Производственные шумы, дБ                                      | 60       |

Нормативная температура воздуха помещения от +8 до +13°С в холодный и переходный период, регламентируемые [1] не отвечают требованиям помещений для занятий спортом детей и молодёжи [3], которые допускают температуру не ниже +17°С, и потому требует пересмотра. Кроме того, по мнению специалистов, занятых в сфере конного спорта при более высоких температурах воздуха (+20°С и выше) [2] у животных увеличивается объем циркулирующей крови, при снижении показателей ее гематокрита и вязкости, снижается нагрузка на сердце, усиливается кожный кровоток, снижается потребность в кислороде, усиливается эффективность мышечной работы. Взяв за основу эти факты, примем температуру воздуха рабочей зоны в помещении манежа +20°С.

Весьма упрощённо задача организации требуемых параметров микроклимата сводится к поиску рациональной системы отопления и вентиляции. Необходимо рассмотреть их виды и выбрать самый подходящий из них, с позиции функциональности, цены внедрения, а также стоимость обслуживания.

Для обогрева больших объёмов обычно используют три основных вида отопительных систем:

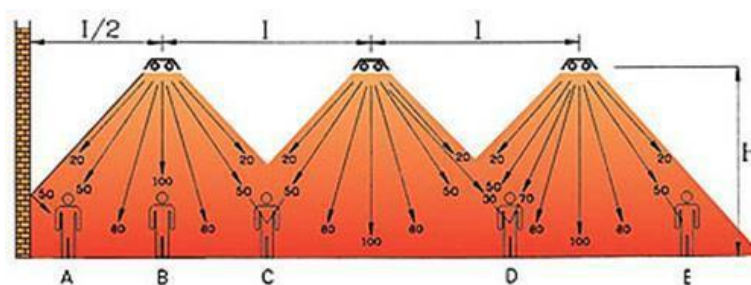
- водяные;
- воздушные;
- лучистые.

### **Лучистое отопление манежа.**

Эффективность и экономичность инфракрасного отопления зависит от правильного подбора инфракрасных обогревателей и квалифицированного монтажа.

В настоящее время обогрев крупногабаритных помещений всё чаще обусловлен поддержанием стабильной комфортной температурой при небольших затратах используемого топлива.

При отоплении газовыми инфракрасными излучателями полезной частью является излучение, попадающее непосредственно на пол, окружающие предметы и людей, находящихся в рабочей зоне. При этом потерями на рассеивание считаются потери, связанные с попаданием части излучения на ограждающие конструкции выше зоны пребывания людей.



**Рис. 1.** Схема лучистого отопления.

Системы лучистого отопления позволяют эффективно обогревать отдельные зоны помещения или рабочие места с возможностью независимого регулирования температуры в каждой зоне.

Однако, лучистое отопление в нашем случае имеет ряд отрицательных сторон:

- Ввиду продолжительного нахождения всадника верхом на лошади уменьшается расстояние между головой всадника и источником лучистого отопления, что может спровоцировать опасность перегрева головы.
- В манеже проводятся занятия с детьми и это увеличивает вероятность несанкционированного воздействия на газовую магистраль, питающую инфракрасные излучатели.
- Динамическое воздействие на поверхность пола манежа (при тренировке лошади) вызывает подъем с пола тонкодисперсных частиц пыли, что может привести к постепенному закоксовыванию чувствительного элемента излучателя.
- Ввиду обязательного наличия трёхкратного воздухообмена для помещения с газопотребляющим оборудованием предполагается дополнительный подогрев воздуха, что связано с увеличением мощности устанавливаемого оборудования.

Проведя анализ отрицательных сторон лучистого отопления было принято решение отказаться от него.

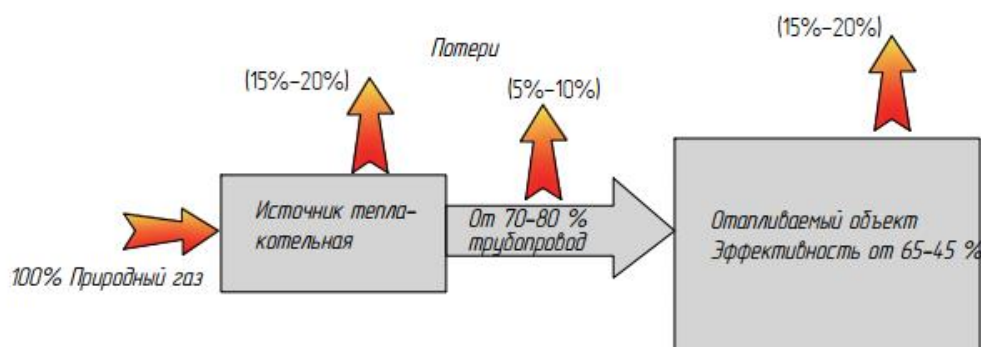
### **Конвективное отопление манежа.**

При конвективном отоплении тепловая энергия передается перемещением объемов нагретого и холодного воздуха. Теплый воздушный поток устремляется вверх, холодный/остывший воздух опускается вниз. Ввиду этих процессов вытекает основной недостаток конвективного отопления - большой перепад температур в помещении, т.е. высокая температура воздуха под потолком и низкая у пола.

Наиболее ярким примером конвективного отопления является воздушное отопление (с помощью тепловых пушек и тепловентиляторов), а так же водяное отопление (с помощью водяных радиаторов).

Размещение оборудования при воздушном отоплении производится за пределами отапливаемого объема, что не нарушает общую архитектурную стилистику помещения.

Система на водяных тепловентиляторах представляется наиболее рациональным решением для манежа. Из её недостатков можно определить электрозависимость, однако без этого невозможно добиться экономичности и качественного управления системой.



**Рис. 2.** Потери тепловой энергии. Конвективная система отопления

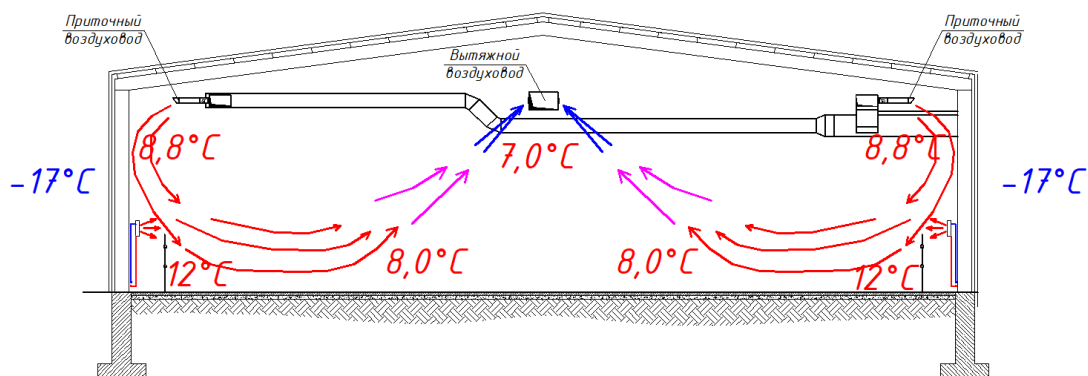
Среди достоинств такой системы можно выделить следующее

- Система очень эффективна, за счёт того, что самый теплый воздух всегда внизу в зоне комфорта.
- Малое электропотребление.
- Относительно низкая стоимость оборудования
- Малые эксплуатационные расходы за счет возможности использовать в котельной относительно дешевый природный газ.
- Простой и быстрый монтаж
- Малая инерционность системы, что позволяет очень точно дозировать тепло, не перегревая помещение
- Систему очень просто и не дорого автоматизировать, чтобы в помещении поддерживалась заданная температура воздуха.
- Простота расчета системы промышленного отопления и ее проектирования.
- Малые размеры и вес оборудования
- Тепловентиляторы не сжигают кислород в помещении
- Отсутствуют вредные и токсичные выбросы в помещении.

Ввиду недостаточности теплоты, вырабатываемой тепловентиляторами, а также необходимости воздухообмена в помещении манежа, принята комбинированная система отопления, включающая отопление с местными нагревательными приборами (теповентиляторами) и приточно-вытяжной установкой (ПВУ) с встроенным рекуператором и подогревателем наружного воздуха.

Большой по площади манеж нет необходимости обогревать полностью до требуемых температур. Достаточно отапливать только те места, где находятся люди и животные. Вариант с ПВУ и местными тепловентиляторами представляется наиболее эффективным и экономичным.





**Рис. 3.** Температурная схема манежа

### **Выводы или заключение**

Организация требуемых условий микроклимата закрытого конноспортивного манежа включает применение отопления с местными нагревательными приборами с эксплуатацией в холодный период года, размещенными в помещении манежа, а также приточным воздухом, нагреваемым вытяжным воздухом, с дополнительным подогревом от системы теплоснабжения. Местные нагревательные приборы также работают от системы теплоснабжения.

Приточно-вытяжная установка, имеющая в составе рекуператор и водный подогреватель,

Подает тёплый воздух струями через патрубки, выходящие в манеже выше рабочей зоны, а также обеспечивает приточно-вытяжную вентиляцию в заданном режиме параметров внутреннего воздуха.

Достижимый данным вариантом теплоснабжения технический результат заключается в создании требуемого температурного режима в помещении манежа, как в период проведения тренировок и соревнований, так и в ночное время, когда осуществляется режим экономии энергетических затрат, а также в создании требуемой смены воздушной атмосферы в манеже за счет применяемого отопительно-вентиляционного оборудования.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. НТП-АПК 1.10.04.003-03. Нормы технологического проектирования конно-спортивных комплексов.: ФГУП «РосНИПИАгропром».: М.: Министерство сельского хозяйства, 2003-42с.
2. Горбунова Е.В . Особенности содержания спортивных лошадей с целью сохранения их здоровья и получения максимальной работоспособности // ГБОУДОД Владимирской области «Детско-юношеская спортивная школа по конному спорту», г.Владимир, 2013г.
3. СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи, Постановление Главного Государственного Санитарного врача РФ от 28.09.2020 №28; Москва, Россия, 2020г.
4. А.М. Гарнец, Д.Д. Зыбина. Формирование архитектуры современных конноспортивных комплексов/ Государственный Университет по Землеустройству, Москва, Россия. 2015г.
5. Зыбина Д.Д. Влияние технологических требований на архитектуру конноспортивных комплексов // Академия. – №3. – 2014. – С. 29-35.
6. Зыбина Д.Д. Современные конноспортивные комплексы как новый тип многофункциональных общественных зданий обеспечивающих здоровый образ жизни // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2012 году. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. – С. 482-486.
7. Каменев П.Н. Вентиляция. Учебное пособие./ П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 624 с., 280 ил.
8. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. : ФГУ ВНИИПО МЧС России. – М.: МЧС, 2009. – 33 с.

9. *Кочев А.Г.* Основы создания и поддержания микроклимата в промышленных, гражданских и уникальных зданиях: учеб. пособие 2012г.-111с: ил.
10. *Кочев А.Г.* Расчет и конструирование систем вентиляции жилых, административно-бытовых и общественных зданий: учеб. пособие 2016г.-154с.
11. *Виниченко В.Н., Гусева Т.В.* Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. М.: РОО «ЭКОЛАИН», 2009 -489 с

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

О.Н. Медведева

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77,  
medvedeva-on@mail.ru

## Аннотация

Как показывает многолетняя практика эксплуатации сетей газораспределения наиболее предпочтительными вариантами построения сети, обеспечивающими надежное газоснабжение и равномерный режим распределения давления по участкам, являются смешанная и кольцевая схемы транспорта газа. По результатам анализа принципиальных схем газоснабжения предложены экономико-математические модели для определения оптимального варианта присоединения потребителей к сетям высокого (среднего) или низкого давления. Как показали результаты сравнительных расчетов наиболее эффективным средством повышения надежности газораспределительной системы в целом является резервирование пропускной способности газопроводов с повышенными транзитными нагрузками. Закольцовывание сетей с равномерно распределенными нагрузками приводит к повышению металлоемкости. Повышения экономичности таких сетей можно добиться отдельными пропусками через полукольца путевого и транзитного расходов. Источники газоснабжения целесообразно располагать в местах, тяготеющих к центру газопотребления.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач при разработке проектов газоснабжения городов и поселений является технико-экономическое обоснование схемных решений в зависимости от характера и планировки застройки населенного пункта, рельефа местности, расположения источников газоснабжения, гидрогеологического режима и других определяющих факторов.

Наиболее часто используемые принципиальные схемы газоснабжения городов представлены на рис. 1, 2.

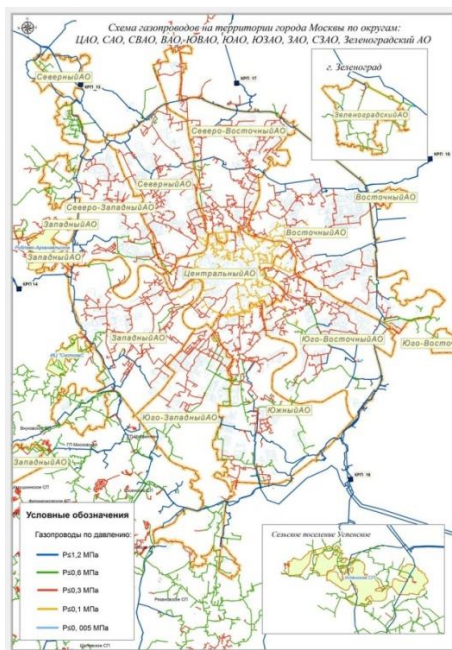
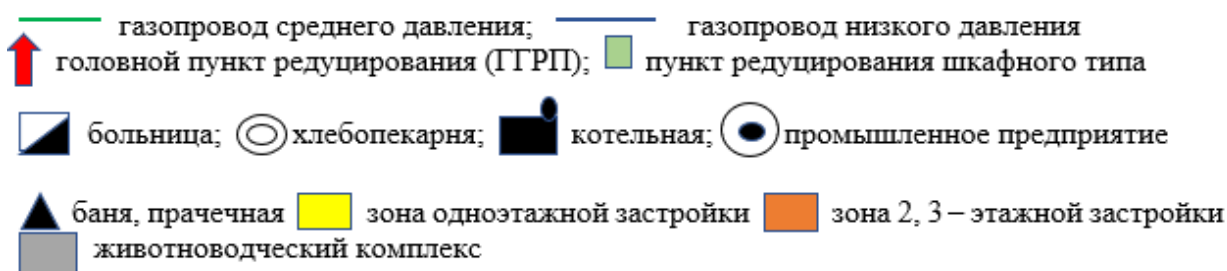


Рис. 1. Схема газопроводов на территории г. Москвы [1]



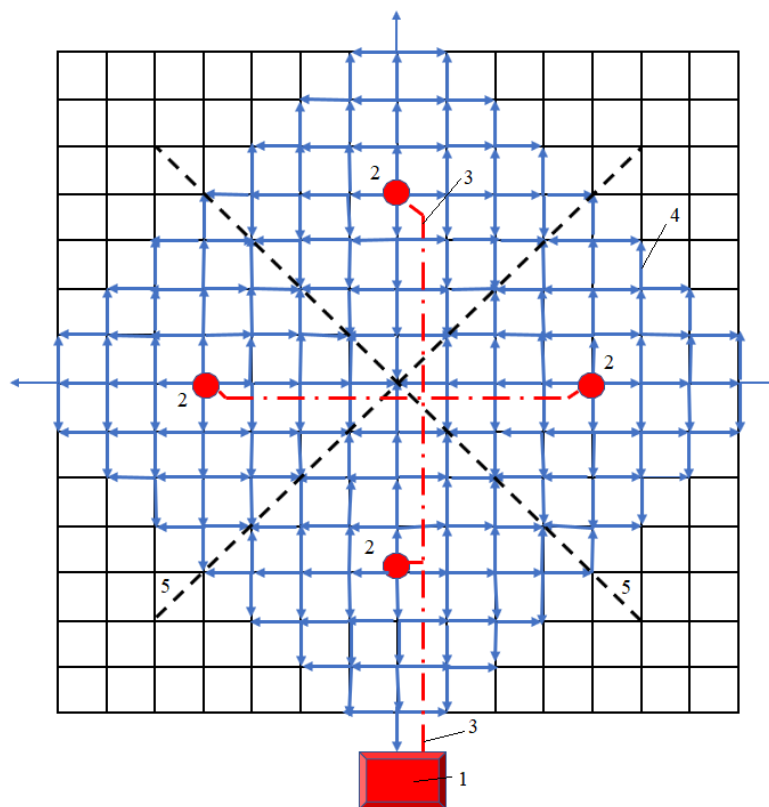
Рис. 2. Двухступенчатая газораспределительная система:



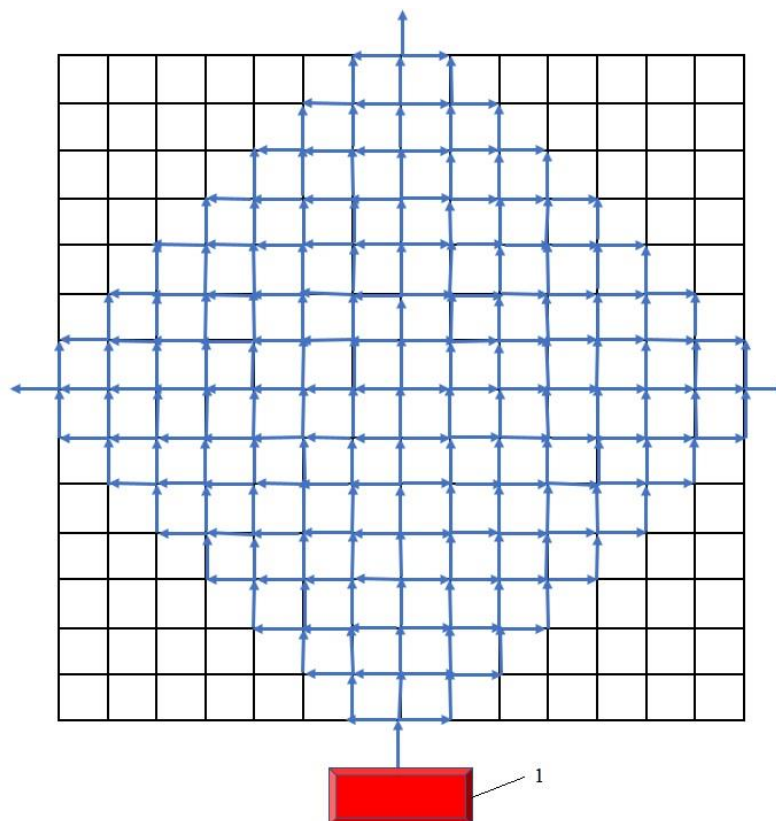
Согласно действующей нормативной документации (СП 42–101–2003): «Выбор трассы газопроводов производится из условий обеспечения экономичного строительства». Стоимость сети газораспределения составляет порядка 80 % стоимости газораспределительной системы города [2]. В этой связи определение рациональной схемы построения сетей газораспределения, отвечающей современным требованиям надежности (бесперебойности) и экономичности, позволит избежать случайных решений по газификации отдельных категорий потребителей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На рис. 3, 4 для сравнения представлены гипотетические варианты построения двухступенчатой и одноступенчатой газораспределительных систем города.

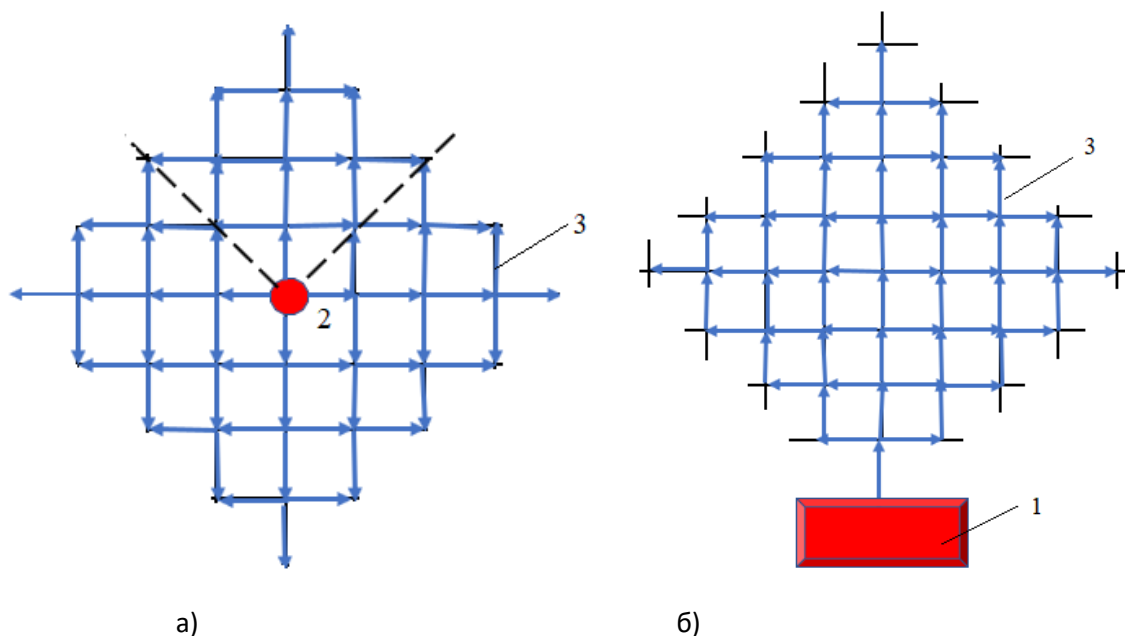


**Рис. 3.** Двухступенчатая газораспределительная система: 1 — ГРС (АГРС, ГРПБ); 2 — пункт редуцирования; 3 — газопровод высокого (среднего) давления; 4 — газопровод низкого давления; 5 — граница района действия одного пункта редуцирования



**Рис. 4.** Одноступенчатая газораспределительная система: 1 — ГРС (ПР)

Геометрические параметры (конфигурация, длины участков) сравниваемых систем приняты одинаковыми, путевые расходы по участкам сети также одинаковые. Системы отличаются величиной давлений в узловых точках, перепадов давлений и направлений потоков газа по участкам сети. Вместе с тем, следует отметить, что каждая четверть двухступенчатой системы аналогична одноступенчатой системе по принципу питания, распределению потоков газа, величине путевых расходов и длине участков (рис. 5). Их отличие в радиусе действия источника газоснабжения.



**Рис. 5.** Структурная аналогия одноступенчатой газораспределительной системы и четверти зоны действия пункта редуцирования в двухступенчатой газораспределительной системе: 1 — ГРС; 2 — пункт редуцирования; 3 — газопроводы

Экономичность представленных систем можно определить путем сравнения приведенных затрат или материальных характеристик. В соответствии с рекомендациями [3] оценку газификации, относящуюся в том числе к категории социально значимых мероприятий, следует проводить с позиции общественной эффективности и учета социально-экономических последствий осуществления инвестиционного проекта.

В том случае, если капитальные вложения в сооружение объекта осуществляются в течение времени до одного года, а затем объект выходит на проектную эксплуатацию с постоянным уровнем эксплуатационных издержек  $I$ , интегральные (за весь срок службы объекта) затраты в сооружение и эксплуатацию газораспределительной системы определяются по выражению [4]:

$$Z_{\text{и}} = K + I \cdot \frac{(1+E)^{t_{\text{сл}}} - 1}{(1+E)^{t_{\text{сл}}} \cdot E}, \quad (1)$$

где  $K$  — капитальные вложения в сооружение объекта, руб/год;  $I$  — расходы по эксплуатации объекта (эксплуатационные издержки), руб/год;  $E$  — дисконтирующий множитель;  $t_{\text{сл}}$  — срок службы газораспределительной системы;  $E$  — банковская процентная ставка.

В общем случае капитальные вложения и эксплуатационные расходы определяются многочисленными факторами: территорией населенного пункта, размером и распределением нагрузок, конфигурацией схемы газоснабжения, количеством пунктов редуцирования, ступенями давления и др.

При определении технико-экономических показателей системы газоснабжения следует учитывать затраты, связанные с необходимостью изъятия благоустроенной территории под строительство газовых сетей, устройство пунктов редуцирования и т.д. [5, 6].

Материальная характеристика газовой сети определяется по выражению:

$$M = a_0^{0,21} (Q_{\text{ср}}^{\text{гм}})^{0,368} \left( \frac{\ell_{\text{гм}}}{\Delta P_{\text{гм}}^{\text{opt}}} \right)^{0,21} \cdot \ell_{\text{гм}} + a_0^{0,21} (Q_{\text{ср}}^{\text{отв}})^{0,368} \left( \frac{\ell_{\text{отв}}}{\Delta P_{\text{н}} - \Delta P_{\text{гм}}^{\text{opt}}} \right)^{0,21} \cdot \ell_{\text{отв}}, \quad (2)$$

где  $\ell_{\text{гм}}$ ,  $\ell_{\text{отв}}$  — протяженность головной магистрали и ответвления для средней ветки распределительного газопровода, м;  $a_0$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от состава газа,  $a_0 = 20,8 \frac{\text{Па} \cdot \text{см}^{4,75}}{\text{М} \cdot (\text{М}^3 / \text{ч})^{1,75}}$ ;  $\Delta P_{\text{н}}$  — нормируемый перепад давления в сети газораспределения, Па;  $\Delta P_{\text{гм}}^{\text{opt}}$  — оптимальный перепад давления в головной магистрали, Па;  $Q_{\text{ср}}^{\text{гм}}$ ,  $Q_{\text{ср}}^{\text{отв}}$  — средний расход газа на головной магистрали и на ответвлении,  $\text{М}^3/\text{ч}$ .

Целевую функцию задачи запишем в следующем виде:

$$\frac{Z}{n} = f(n)_{\text{прг}} + f(n)_{\text{сд}} + f(n)_{\text{нд}} = f(n). \quad (3)$$

где  $n$  — количество газоснабжаемых абонентов; индексы прг, сд, нд относятся к пунктам редуцирования газа, сетям среднего и низкого давлений

В качестве ограничений к целевой функции (3) используем соотношения:

$$N \geq 4; d_{\text{отв}} \geq 32 \text{мм}; d_{\text{гм}} \geq 50 \text{мм},$$

где  $d_{\text{отв}}$ ,  $d_{\text{гм}}$  — диаметры ответвлений и головной магистрали, мм;  $N$  — общее количество потребителей на расчетной ветке.

Для исследования использовалась авторская программа гидравлического расчета [7].

Также при проведении исследования следует учитывать влияние величины утечек газа, образующихся в результате различных видов и характера повреждений газопроводов [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целевая функция совместно с ограничениями формируют экономико-математическую модель задачи. Сложный характер зависимости  $f(n)$  затрудняет ее последующее исследование на экстремум путем дифференцирования по управляющему параметру  $n$ . Поэтому для поиска оптимального решения более предпочтительно применение метода вариантных расчетов. Задаваясь рядом значений числа газифицируемых абонентов  $n_1, n_2, \dots, n_m$  определяем удельные интегральные затраты в газораспределительную систему  $\left(\frac{Z}{n}\right)_1, \left(\frac{Z}{n}\right)_2, \dots, \left(\frac{Z}{n}\right)_m$ . Минимальному значению затрат  $\left(\frac{Z}{n}\right)_{\text{min}}$  соответствует оптимальное количество газифицируемых абонентов  $n_{\text{opt}}$ , снабжаемых газом от одного источника газоснабжения (ГРС, АГРС, ПРГ). В частном случае, при  $n = 1$  и  $N = n$  предложенная экономико-математическая модель реализует оптимальную централизацию газораспределительных систем населенных пунктов, застроенных многоквартирными зданиями усадебного или коттеджного типа.

Результаты исследований показали, что наиболее экономичными являются одноступенчатые системы среднего давления с давлением газа до 0,3 МПа, а наиболее затратными — двухступенчатые системы среднего давления с давлением во второй ступени 0,1 МПа. С увеличением объема сети газораспределения (радиуса действия источника газоснабжения) экономичность одноступенчатой сети среднего давления по сравнению с двухступенчатой сетью низкого давления снижается. Вместе с тем следует

учесть фактор удорожания регуляторов давления (пунктов редуцирования шкафного типа) в структуре затрат двухступенчатой газораспределительной системы. При этом влияние неопределенности исходной информации, которая по эксплуатационным затратам будет более значительна, нежели чем по капитальным вложениям, можно учесть зоной экономической неопределенности (ЗЭН) целевой функции затрат. В этом случае минимальная погрешность определения затрат по газораспределительным системам может быть оценена в размере  $\pm 5\%$  [4, 5]. Результаты экспериментальных исследований утечек газа через неплотности в газопроводах и арматуре показали, что более экономичной является эксплуатация газопроводов меньшего диаметра и повышенного давления газа. Однако в данном случае необходимы более высокие требования к качеству монтажа и эксплуатации сетей.

## **ВЫВОДЫ**

Для обеспечения надежности крупные города имеют несколько источников питания, оптимальное количество которых определяется технико-экономическим расчетом.

За счет более высоких перепадов давления на участках близко расположенных к источникам газоснабжения, более рационального распределения газовых потоков и меньшей длины расчетных участков экономичность тупиковых сетей в сравнении с кольцевыми в среднем составляет 4,5—17,3 % в зависимости от характера планировки и застройки населенного пункта.

Использование систем высокого (среднего) давления является более экономичным, поскольку позволяет транспортировать большие объемы газа и приводит к сокращению материаловложений в сети газораспределения.

При этом при распределении газового потока следует выделять главные магистральные линии, направляя по ним основные транзитные расходы, и закольцовывать их для повышения надежности газоснабжения.

Для небольших населенных пунктов наиболее эффективными являются системы среднего давления, которые, в зависимости от объема и характеристики сети газораспределения, экономичнее систем низкого давления на 33–48 %.

Вместе с этим следует учесть, что с 1 сентября 2016 г. вступило в действие изменение в Федеральный закон от 2 июня 2016 г. № 170-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», согласно которому «в отношении сетей газораспределения и сетей газопотребления с давлением до 0,005 МПа включительно Ростехнадзором будет осуществляться контроль (надзор) за соблюдением эксплуатирующими организациями требований технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2010 г. № 870», то есть сети газораспределения и газопотребления с давлением до 0,005 МПа включительно как опасные производственные объекты не рассматриваются и идентифицируются как объекты технического регулирования с учетом величины давления природного газа. Иная ситуация с сетями газораспределения населенных пунктов с давлением свыше 0,005 МПа, которые, в соответствии с Правилами подключения (технологического присоединения) объектов капитального строительства к сетям газораспределения, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 1314, «до границы давлений (0,005 МПа и ниже) в ГРП, ГРУ, ГРПШ и других редуцирующих устройствах, являются опасными производственными объектами (ОПО)» (представляющими собой единый производственно-технологический объект) независимо от количества единовременно находящегося в них газа, протяженности газопровода от места подключения и даже если в составе ОПО есть оборудование, работающее под давлением природного или сжиженных углеводородных газов 0,005 МПа и ниже. Соответственно данные объекты требуют повышенного контроля при строительстве и эксплуатации, обязательной оценки риска аварии и разработки декларации



промышленной безопасности согласно Приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 июня 2016 года №272.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральная схема газоснабжения города Москвы на период до 2030 года с учётом развития присоединённых территорий. Официальный сайт Мэра Москвы. Режим доступа: [https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/utverzhdanaya\\_chast\\_genskhemy\\_07\(1\).pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/utverzhdanaya_chast_genskhemy_07(1).pdf). Дата обращения: 17.12.22.
2. Рекомендации по выбору оптимальных параметров схем газоснабжения АССР, краев и областей РСФСР. Саратов: Гипрониигаз, 1986. 102 с.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика, 200. 414 с.
4. *Курицын Б.Н.* Оптимизация систем теплогазоснабжения и вентиляции. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1992. 160 с.
5. *Медведева О.Н.* Техничко-экономическое обоснование систем теплогазоснабжения. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2020. 197 с. ЭДН : ПАБЖП. Режим доступа: <https://doi.org/10.23682/93562>. Дата обращения: 15.12.2022.
6. *Торчинский Я.М.* Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем. Л.: Недра, 1988. 239 с.
7. Программа гидравлического расчета тупиковых сетей газораспределения с оптимизацией перепадов давления: программа для ЭВМ 2021617475 Рос. Федерация. № 2021616638 / Медведева О.Н., Чиликин А.Ю., Перевалов С.Д.; заявл. 30.04.21; опубл. 14.05.21.
8. Медведева О.Н., Чиликин А.Ю., Коробченко Д.А. Экспериментальное исследование величины утечек газа в сетях газораспределения // Энергобезопасность и энергосбережение. 2022. №4. С. 24—31.

Секция 9. Комплексная безопасность в  
гидротехническом, энергетическом и  
геотехническом строительстве

## ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДАМБЫ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЯ ПРИ АВАРИИ

С.А. Платонов<sup>1</sup>, О.Е. Руденко<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>serjplatonoff@mail.ru

<sup>2</sup>olga777rudenko@yandex.ru

### Аннотация

Рассмотрены возможности повышения устойчивости и фильтрационной прочности дамбы шламонакопителя при аварийном прорыве гидроизоляции верхового откоса дамбы в условиях действующего предприятия и наращивания шламонакопителя. Рассмотренные механизмы были продемонстрированы на примере хранилища-накопителя Усольского калийного комбината. На основании сравнения результатов расчётов напряжённо-деформированного состояния грунта и конструкций в программном комплексе PLAXIS 2D с учётом усиления конструкций и изменения режима фильтрации, было продемонстрировано, что изменение положения депрессионной кривой значительно влияет на устойчивость низового откоса и, соответственно, на выбор окончательных проектных решений в части профиля сооружения. Таким образом, в настоящей статье был поднят вопрос о повышении экономичности и безопасности промышленных гидротехнических сооружений, в том числе посредством регулирования фильтрации.

**Ключевые слова:** гидротехническое сооружение (ГТС), подпорное сооружение, шламонакопитель, программный комплекс (ПК), напряжённо-деформированное состояние (НДС), фильтрация, трубчатый дренаж, депрессионная кривая, внутренние усилия, устойчивость, коэффициент запаса, трубошпунт, грунтовый анкер.

### ВВЕДЕНИЕ

Основные требования к ограждающим дамбам сводятся к обеспечению устойчивости их откосов от оползания и оплывания под действием выклинивающихся на откосе фильтрационных вод и закрепленных намытых отходов от распыления. Для возведения дамб и плотин хранилищ применяют вскрышные породы и отходы обогатительных фабрик, а также различные местные строительные материалы: песок, глинистые грунты, щебень, гравий, камень и др. Плотины и дамбы хранилищ отходов горно-обогатительных фабрик являются наиболее ответственными гидротехническими сооружениями. Они должны быть не только статически и фильтрационно устойчивы, но и отвечать требованиям охраны окружающей среды. При проектировании и, особенно, при строительстве плотин и дамб хранилища необходимо особо обратить внимание на противофильтрационные устройства (завесы, экраны и т.п.)

Шламохранилище овражного типа представлено ограждающей дамбой расположенной в низовье лога.

Строительство ограждающей дамбы шламохранилища 1-ой очереди, ведется непрерывно с выделением 2-х этапов (см. рис. 1, 2):

- ограждающая дамба пускового комплекса шламохранилища 1-ой очереди возводится до отметки 158,5 м в центральной части, с увеличением отметки гребня правого крыла до 170,0 м. Высота дамбы пускового комплекса – до 25,0 м;
- ограждающая дамба 1-ой очереди с отметкой гребня 170,0 м. Высота дамбы - до 38,0 м.

При возведении ограждающей дамбы 2-й очереди шламохранилища, производится наращивание дамбы 1-ой очереди по высоте до отметки 182,00 м и по длине в северо-восточном направлении. Максимальная высота дамбы второй очереди шламохранилища

составляет до 50,0 м. Ограждающие дамбы шламохранилища относятся ко II классу. Коэффициент надежности по ответственности ограждающих дамб  $\gamma_n=1,2$ .

Ограждающие дамбы шламохранилища отсыпаются из песчаного грунта по ГОСТ 25100-2020. Коэффициент фильтрации песчаного грунта, используемого для отсыпки в тело насыпей, не менее 0,5 м/сут.

В конструктивном отношении ограждающие дамбы шламохранилища представляют собой земляные насыпные плотины с поверхностным противофильтрационным элементом из геомембраны на верховом откосе (СП 39.13330.2012) для предотвращения проникновения загрязнённых производственно-дождевых стоков в грунтовые и поверхностные воды. Противофильтрационный элемент экрана предусмотрен из геомембраны толщиной 2 мм.

Ширина гребня ограждающей дамбы 1-й очереди – 12,0 м. Ширина гребня ограждающей дамбы 2-й очереди – 8,0 м. На низовом откосе дамб, через каждые 10 м по высоте, предусматриваются бермы шириной по 10,0 м. Формулы заложения откосов ограждающих дамб находятся в пределах от 1:3 до 1:4 на разных участках. По гребню и бермам ограждающей дамбы предусмотрен инспекторский проезд, шириной проезжей части 6,5 м. На бермы и гребень дамбы устраиваются въезды/съезды.

На стадии возведения ограждающей дамбы 1-ой очереди с отметкой гребня 170,0 м (высота дамбы - до 38,0 м) произошёл аварийный прорыв геомембраны в нескольких местах при производстве строительных работ. Ввиду отсутствия противофильтрационного ядра или завесы в теле плотины, произошло высачивание фильтрационного потока на низовой откос с вымыванием материала дамбы и потерей местной устойчивости откоса.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

В условиях действующего предприятия была поставлена задача предложить решения по повышению устойчивости дамбы и перехвата/снижения фильтрационного потока при условии невозможности ликвидировать прорыв в геомембране.

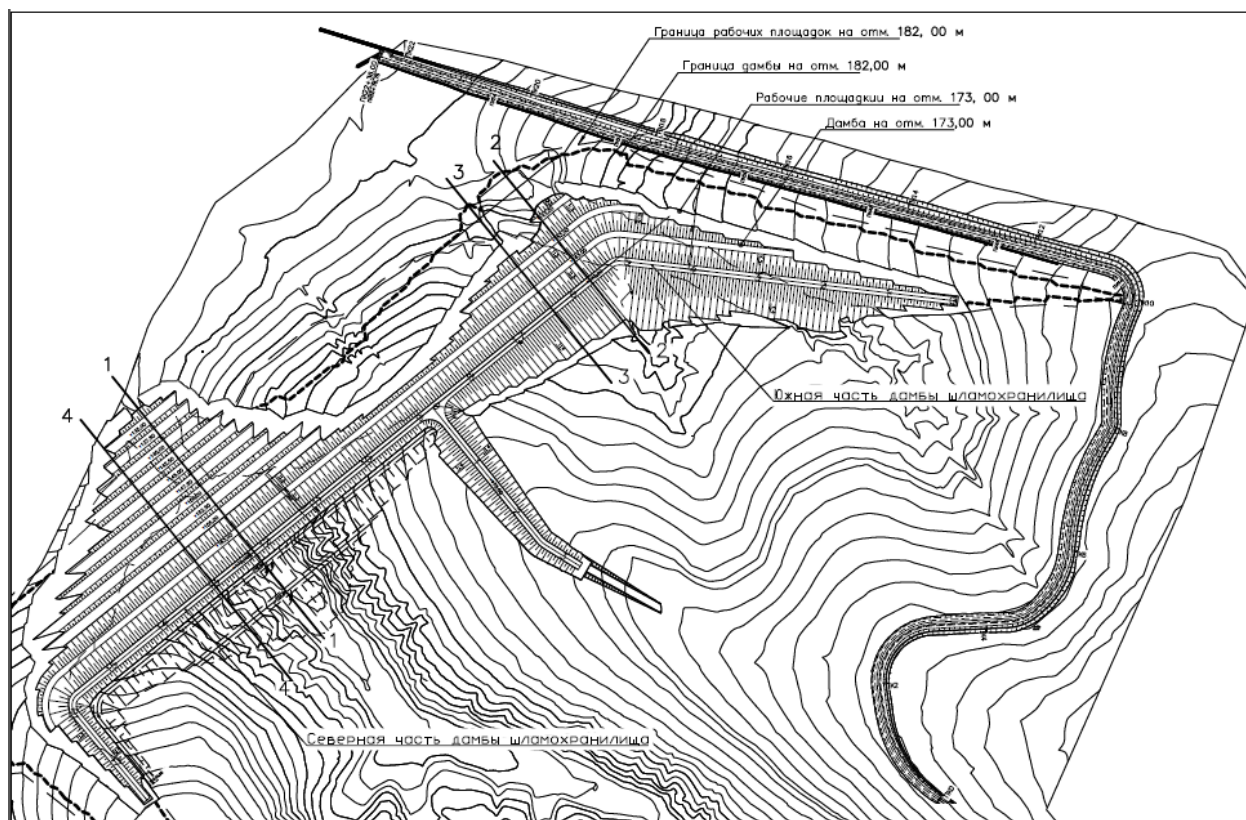
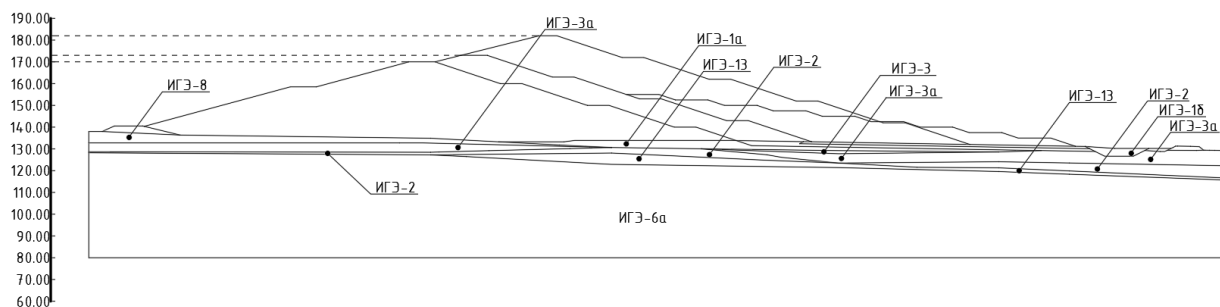


Рис. 1. План дамбы шламохранилища



**Рис. 2.** Поперечное сечение 1-1 дамбы шламохранилища

### **ПРИНЯТЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ.**

В качестве удерживающих сооружений дамбы были приняты трубошпунтовые стены из стальных труб с железобетонным сердечником (см. п. 6), закреплённые грунтовыми анкерами ТІТАН, заведёнными в скальное основание. Трубошпунтовые стены являются проницаемыми для фильтрующих вод конструкциями, конструктивно это обеспечивается перфорацией замков между сваями. С точки зрения возведения, трубошпунтовые сваи выгодно отличаются от железобетонной стенки в грунте отсутствием необходимости использовать труднотупное и дорогостоящее оборудование для установки опалубки и бетонирования в грунте глубиной более 35 м. Для стенки в грунте для избегания создания подпора перед стенкой нужны дополнительные мероприятия (создание дренажных отверстий, установка насосов), для трубошпунтовой стенки достаточно предусмотреть отверстия по всей длине замка между трубами.

Все жесткостные и прочностные характеристики конструктивных элементов дамбы получены в результате расчётов сечений дамбы методом итераций.

В качестве дренажных устройств для дамбы в основании низового откоса предусмотрен дренажный банкет из фильтрующего инертного материала (щебень, крупнообломочный грунт).

Для фильтрационной устойчивости в дамбах вторичного обвалования для перехвата жидкости предусмотрены поярусные трубчатые дренажи с уклоном не менее 0,003 для песчаных грунтов (ТР 168-05 Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации дренажей из полиэтиленовых труб с фильтрующей оболочкой), выполненный из перфорированной металлической трубы диаметром 620 мм, для направления воды в приёмные наклонные, заглублённые ниже уровня промерзания грунта, каналы, с последующим её сбором в нижнем бьефе. Для контроля положения депрессионной кривой во время эксплуатации используется оборудование КИА (контрольно-измерительная аппаратура).

Для обеспечения местной устойчивости песчаных откосов по низовому откосу в пределах установки трубошпунтовой стенок и дренажного банкета уложены габионные маты толщиной 0,5 м.

При этом основание дамб представлено следующими инженерно-геологическими элементами:

- ИГЭ-1а – насыпной грунт: песок мелкий (tQiv);
- ИГЭ-1б – насыпной грунт: щебень, гравий, гальки (tQiv);
- ИГЭ-2 – суглинок тугопластичный (aQ);
- ИГЭ-3 – суглинок мягкопластичный (aQ);
- ИГЭ-3а – суглинок текучепластичный (aQ);
- ИГЭ-17 – суглинок текучий (aQ);
- ИГЭ-3б – суглинок полутвердый (aQ);
- ИГЭ -8 – песок мелкий (aQ);
- ИГЭ -10 – супесь пластичная (aQ);
- ИГЭ-13 – суглинок дресвяный полутвердый (adQ);
- ИГЭ -6а – алевролит низкой прочности, размягчаемый (P1);
- ИГЭ-7а – песчаник низкой прочности, размягчаемый (P1).

Для грунтов ИГЭ-1б, ИГЭ-3б, ИГЭ-13, ИГЭ-10, ИГЭ-6а, ИГЭ-7а в ПК PLAXIS 2D использована модель идеального упруго-пластичного грунта с предельной поверхностью, описываемой критерием Мора-Кулона – модель MC (Бугров и др., 1987; Фадеев, 1987; Brinkgreve et al., 2012).

Для ИГЭ-1а, ИГЭ-2, ИГЭ-8 в ПК PLAXIS 2D использована модель упрочняющегося грунта Hardening Soil Model (HS). Модель упрочняющегося грунта является наиболее универсальной и подходит для моделирования многих разновидностей грунтов оснований.

## **НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ДАМБУ**

На дамбу действуют следующие нагрузки и воздействия:

- а) собственный вес элементов сооружения и грунта засыпки;
- б) боковое давление грунта на трубошпунтовые стенки;
- в) сейсмические согласно СП 14.13330.2018 и СП 358.1325800.2017;
- г) гидростатическое давление воды, силовое воздействие фильтрующей воды, активное поровое давление.

В программе PLAXIS гидростатическое давление воды, силовое воздействие фильтрующей воды, активное поровое давление рассчитываются автоматически путем задания уровней воды в схеме во вкладке Flow conditions, а также с учётом параметров дренажных систем и свойств грунта основания и тела дамбы.

Собственный вес элементов сооружений и боковое давление грунта рассчитываются в PLAXIS автоматически.

Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  в соответствии с таблицей Д.1 СП 58.13330.2019.

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА**

Расчеты сооружения выполнены в соответствии с СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» и СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов».

При расчетах гидротехнических сооружений, их конструкций и оснований надлежит проверке следующее условие, обеспечивающее недопущение наступления предельных состояний:

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R,$$

где:  $\gamma_{lc}$  - коэффициент сочетаний нагрузок;

$F$  - расчетное значение обобщенного силового воздействия, по которому

$F$  - производится оценка предельного состояния, определенное с учетом коэффициента надежности по нагрузке ;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$R$  - расчетное значение обобщенной силы сопротивления, противодействующей действию силы с учетом коэффициента надежности по материалу ;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по ответственности сооружения.

Таким образом, минимально допустимый коэффициент устойчивости  $k_s$  определяется по формуле:

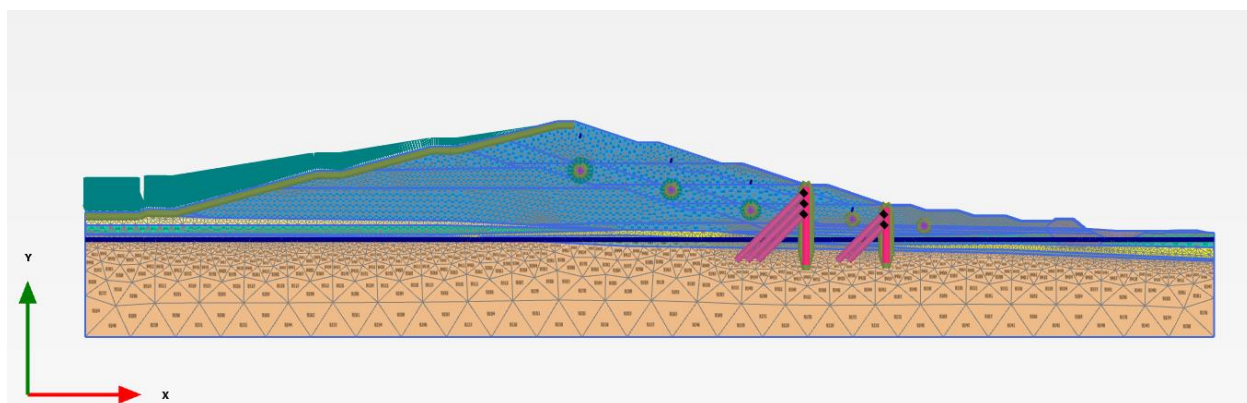
$$k_s = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_{lc} \gamma_n}{\gamma_c}.$$

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Геометрический вид расчетной модели для расчётного сечения показан на рисунке 3.

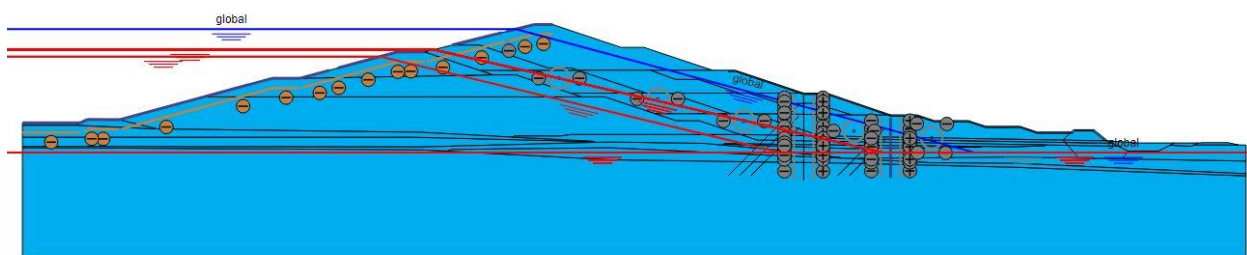
Шаг элементов конструкций:

- 1-я трубошпунтовая стенка – шаг свай 1,84 м;
- 2-я трубошпунтовая стенка – шаг свай 1,44 м;
- шаг грунтовых анкеров 1-й стенки– 1,84 м;
- шаг грунтовых анкеров 2-й стенки– 1,44 м.



**Рис. 3.** Общий вид расчетной схемы по расчётному сечению в Plaxis 2D

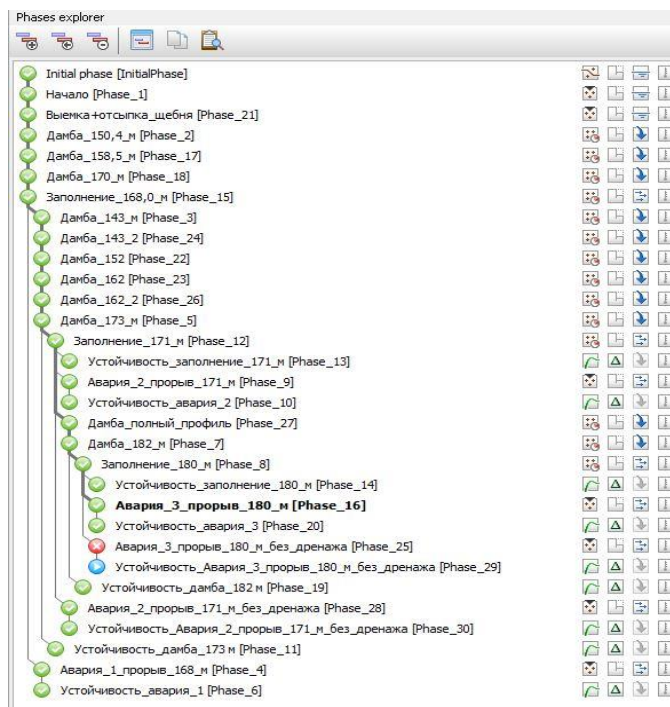
Поскольку в расчёте сооружения учитывалось поровое давление и силовое воздействие фильтрующей воды, то гидрологические условия были учтены во вкладке «Flow conditions» (см. рис. 4):



**Рис. 4.** Гидрологические условия при расчёте в Plaxis 2D

В процессе расчета рассматривались различные расчетные схемы (комбинации нагрузжений), отражающие характерные моменты формирования напряженно-

деформированного состояния рассматриваемого сечения (см. рис. 5) и вызывающие максимальные усилия в конструкциях:



**Рис. 5.** Этапы возведения и комбинации нагрузок при расчёте в Plaxis 2D (аварии)

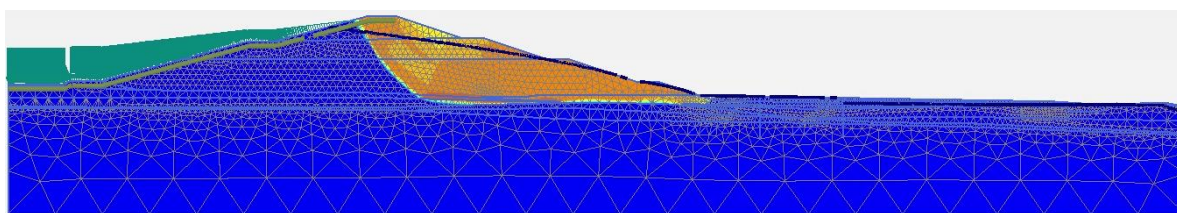
Для каждой значимой стадии, таких как повышение уровня воды в хранилище, аварийный случай, сейсмическое нагружение, был произведён расчёт устойчивости сооружения.

Этапы возведения для дамбы по сечению 1-1 следующие:

- укладка песка до отметки 170,00 м
- заполнение водой до отметки 168,00 м, при этом проверяется устойчивость дамбы при прорыве изоляции (авария 1);
- укладка песка до отметки 173,00 м;
- заполнение водой до отметки 171,00 м, при этом проверяется устойчивость дамбы при прорыве изоляции (авария 2);
- укладка песка до отметки 182,00 м;
- заполнение водой до отметки 180,00 м, при этом проверяется устойчивость дамбы при прорыве изоляции (авария 3).

При отсутствии поярусных трубчатых дренажей происходит высачивание фильтрационного потока на низовой откос, что недопустимо согласно действующим нормативным документам. При отсутствии поярусных трубчатых дренажей стадия авария 3 не досчитывается.

Расчеты устойчивости грунтовых плотин всех классов следует выполнять для поверхностей сдвига, отвечающих минимальным значениям коэффициента запаса.



**Рис. 6.** Наиболее опасная кривая обрушения при аварии 1, коэффициент устойчивости  $\Sigma M_{sf} = 1,332$



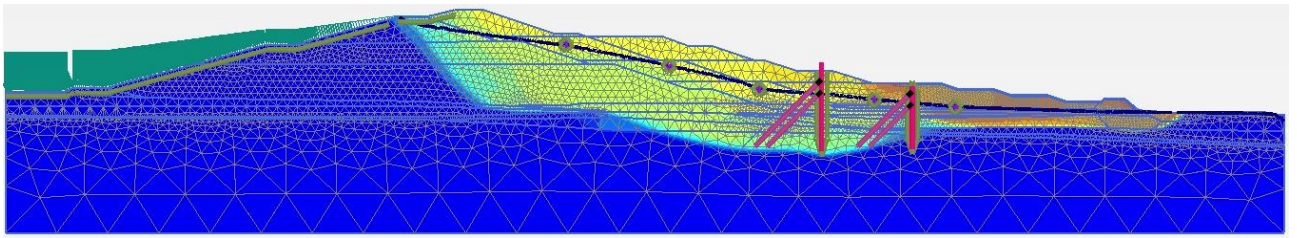


Рис. 7. Наиболее опасная кривая обрушения при аварии 2, коэффициент устойчивости  $\Sigma M_{sf} = 2,325$

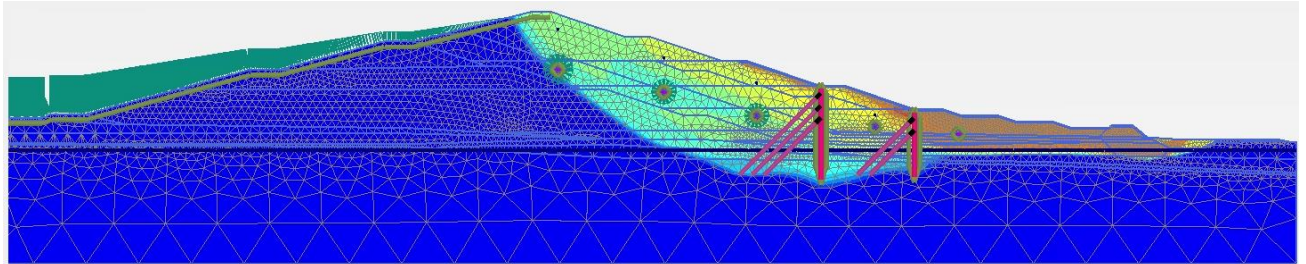


Рис. 8. Наиболее опасная кривая обрушения при заполнении водой до отметки 180,00 м, гребень на отметке 182,00 м, коэффициент устойчивости  $\Sigma M_{sf} = 2,370$

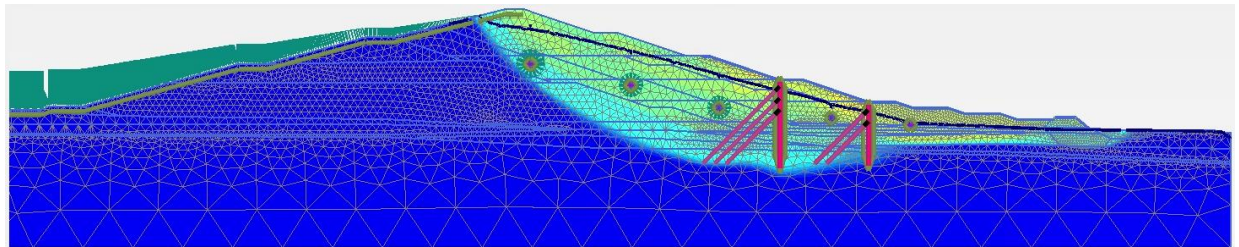


Рис. 9. Наиболее опасная кривая обрушения при аварии 3, коэффициент устойчивости  $\Sigma M_{sf} = 1,701$

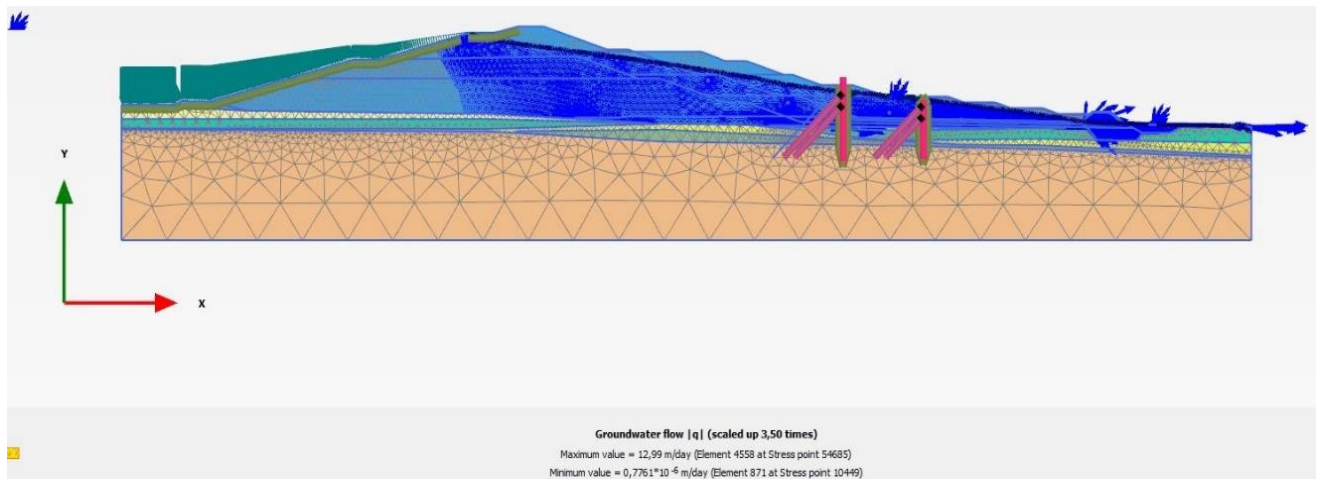


Рис. 10. Положение депрессионной кривой без трубчатого дренажа. Высачивание на низовой откос (Авария 2)

## ВЫВОДЫ

Проанализировав результаты расчётов, сделаны следующие выводы:

1. Наличие слабых грунтов (ИГЭ-3 – суглинок мягкопластичный, ИГЭ-3а – суглинок текучепластичный, ИГЭ-17 – суглинок текучий, ИГЭ-10 также слабый грунт, однако мощность его залегания крайне мала и залегает он между слоями прочных грунтов в отличие от вышеупомянутых слабых грунтов) в основании дамбы отрицательно влияет на устойчивость дамбы и приводит к значительному

- увеличению значений внутренних усилий (момент и продольная сила) в конструктивных элементах (трубошпунтовые стенки, грунтовые анкера).
2. Дренажные трубчатые устройства удовлетворяют требованиям нормативных документов в области проектирования гидротехнических сооружений и шламохранилищ и обеспечивают фильтрационную прочность дамбы, снижая уровень депрессионной кривой ниже уровня промерзания грунта и не допуская высачивания фильтрационного потока на низовой откос.
  3. Трубошпунтовые стенки и грунтовые анкера в качестве удерживающих устройств удовлетворяют требованиям нормативных документов в области проектирования гидротехнических сооружений и шламохранилищ и воспринимают нагрузку сдвигающих сил при авариях. С точки зрения возведения, трубошпунтовые сваи выгодно отличаются от железобетонной стенки в грунте отсутствием необходимости использовать труднотупное и дорогостоящее оборудование для установки опалубки и бетонирования узкой (до 2 м) стены в грунте глубиной более 35 м. Для стенки в грунте для избегания создания подпора перед стенкой нужны дополнительные мероприятия (создание дренажных отверстий, установка насосов), для трубошпунтовой стенки достаточно предусмотреть отверстия по всей длине замка между трубами.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. *Ахметов Е. М., Асемов К. М., Жуматаева М. О.* Исследование аварий на гидротехнических сооружениях и методы контроля их безопасности // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 4. С. 70—83 (DOI: 10.18799/24131830/2020/4/2595)
2. *Бате К., Вилсон Е.* Численные методы анализа и методы конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. – 448с.
3. *Богославчик, П. М.* Проектирование и расчеты гидротехнических сооружений / П. М. Богославчик, Г. Г. Круглов. Минск: Вышэйш. шк., 2018. 367 с.
4. *Гольдин А.Р., Рассказов Л.Н.* Проектирование грунтовых плотин. М., 2001.
5. *Гришин М.М., Слисский С.М., Антипов А.И. и др.* Гидротехнические сооружения. Ч. 1 / Под ред. М.М. Гришина. М., 1979.
6. *Косиченко Ю.М.* Исследования в области борьбы с фильтрацией и эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. № 2(06). 9 с. URL: [rosniipmsm.ru/archive?n=100&id=108](http://rosniipmsm.ru/archive?n=100&id=108).
7. *Линкевич, Н. Н.* Эксплуатация гидротехнических сооружений / Н. Н. Линкевич, М. В. Нестеров. Минск: ИВЦ Минфина, 2019. 520 с.
8. *Малышев Л.И.* Эффективность противофильтрационных и укрепительных мероприятий в основании гидротехнических сооружений // Автореферат диссертации... докт.техн.наук 05.23.07 / Малышев Леонид Иванович – М., 1994.
9. *Недрига В.П., Демьянова Э.А.* Расчет фильтрации под плотиной на скальном основании при наличии завесы и вертикального дренажа // Вопросы фильтрационных расчетов гидротехнических сооружений / ВНИИ ВОДГЕО. Сб. № 5. М., 1973.

## НДС ГРУНТОВОГО МАССИВА ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ ВБЛИЗИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВЫЕМКИ

З.Г. Тер-Мартirosян, А.З. Тер-Мартirosян, Ю.В. Ванина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,  
yuli.jullies@gmail.com

### Аннотация

В работе приводятся постановка и аналитическое решение задачи о напряженно-деформированном состоянии несжимаемого слоя грунта ограниченной мощности, опирающегося на несжимаемое основание, и стеной ограждения котлована при воздействии фундамента с распределенной нагрузкой вблизи стены ограждения котлована. Предлагается авторское развитие метода определения компонент напряженного состояния в приведенной инженерной задаче, основанного на тригонометрических рядах Рибьера-Файлона. Полученные решения позволяют в дальнейшем оценить деформации грунтов основания и несущую способность с учетом нелинейных свойств, что наиболее точно соответствует фактической работе грунтового основания под действием нагрузки. Теоретические тезисы сопровождаются численными экспериментами для подтверждения достоверности.

### ВВЕДЕНИЕ

При экскавации грунта из выемок с вертикальными откосами под защитой ограждающих конструкций в прилегающем массиве грунта создается сложное неоднородное напряженно-деформированное состояние. В случае приложения на поверхности грунта распределенной нагрузки в массиве грунта, прилегающего к выработке, создаются дополнительные нормальные и касательные напряжения, оказывающие дополнительные воздействия на ограждающие конструкции выработки. В настоящей статье приводится пример аналитического решения задачи о напряженно-деформированном состоянии несжимаемого слоя грунта ограниченной мощности, опирающегося на несжимаемое основание, и стеной ограждения котлована при воздействии фундамента с распределенной нагрузкой вблизи стены ограждения котлована.

Отметим, что вопросом распределения напряжений в слое грунта, опирающемся на жесткое основание, занимались многие ученые – Вялов С.С. [1], Файлон (1903 г.) [8], Мелан (1919 г.) [10], Маргер (1931 г.), Бурмистер (1956 г.), Совинц, Девис, Тейлор, Шехтер О.Я. (1937 г.), Горбунов – Посадов М.И. (1946-1953 г.) [2], Егоров К.Е. (1961 г.) [3], Зарецкий Ю.К. [4] Цытович Н.А. (1943) [9], Тер-Мартirosян З.Г. [7] и др. [5,6]

В этих работах авторы отмечают, что формирование НДС в грунтовом основании при действии местной нагрузки, имеет определенную специфику. Под фундаментом конечной ширины образуется некоторая замкнутая область, внутри которой напряжения превышают структурную прочность, и в этой области происходит существенное деформирование грунта (рис. 1а). За пределами этой области этими деформациями можно пренебречь. Форма и размеры такой области зависят от механических свойств и от структурной прочности грунтов, а также от площади действия нагрузки ( $b=2a$ ). В настоящей работе в качестве расчетной рассматривается прямоугольная область размерами  $h \times 2l$  (рис. 1б). Для моделирования ситуации, когда на поверхности грунта приложена равномерно распределенная нагрузка шириной  $(a-b)$  на расстоянии  $b$  от вертикальной выемки, рассматривается прямоугольная область в пределах от 0 до  $h$  по высоте и от  $-l$  до 0 по ширине.

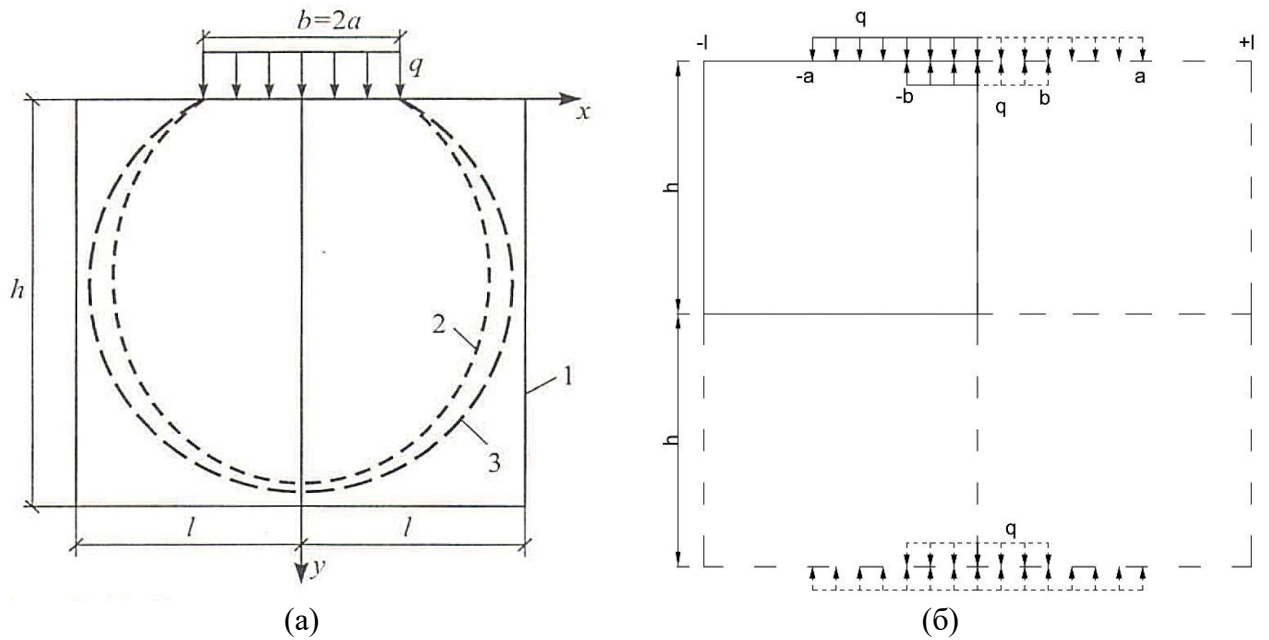


Рис. 1. Геомеханическая модель основания конечной толщины и ширины (а): 1-границы модели, 2,3- контуры области с нарушенной структурой; массив грунта ограниченной толщины (h) и ширины (2l) (б).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для данной задачи компоненты напряженного состояния грунтовой среды в виде четверти плоскости определяются с помощью тригонометрических рядов Рибьера-Файлона по методу З.Г. Тер-Мартirosяна. [7] Для рассматриваемой задачи примем следующие граничные условия на верхней и нижней границах области массива.

$$\begin{aligned} &\text{при } y=0 \text{ и } y=2h: \sigma_y(x,0) = \sigma_y(x,2h) = q \\ &(-a \leq x \leq a), \sigma_y(x,0) = \sigma_y(x,2h) = 0 \quad (-l \leq x \leq -a) \text{ и } (a \leq x \leq l); \\ &\text{при } y=0 \text{ и } y=2h: \tau_{xy}(x,0) = 0; \tau_{xy}(x,2h) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Если горизонтальные перемещения при  $x = \pm l$  отсутствуют, то имеем еще одно граничное условие в виде:

$$u(\pm l) = 0 \quad v(\pm l) \neq 0 \quad (2)$$

Для рассматриваемой задачи выражения для определения компонент напряжений имеют вид:

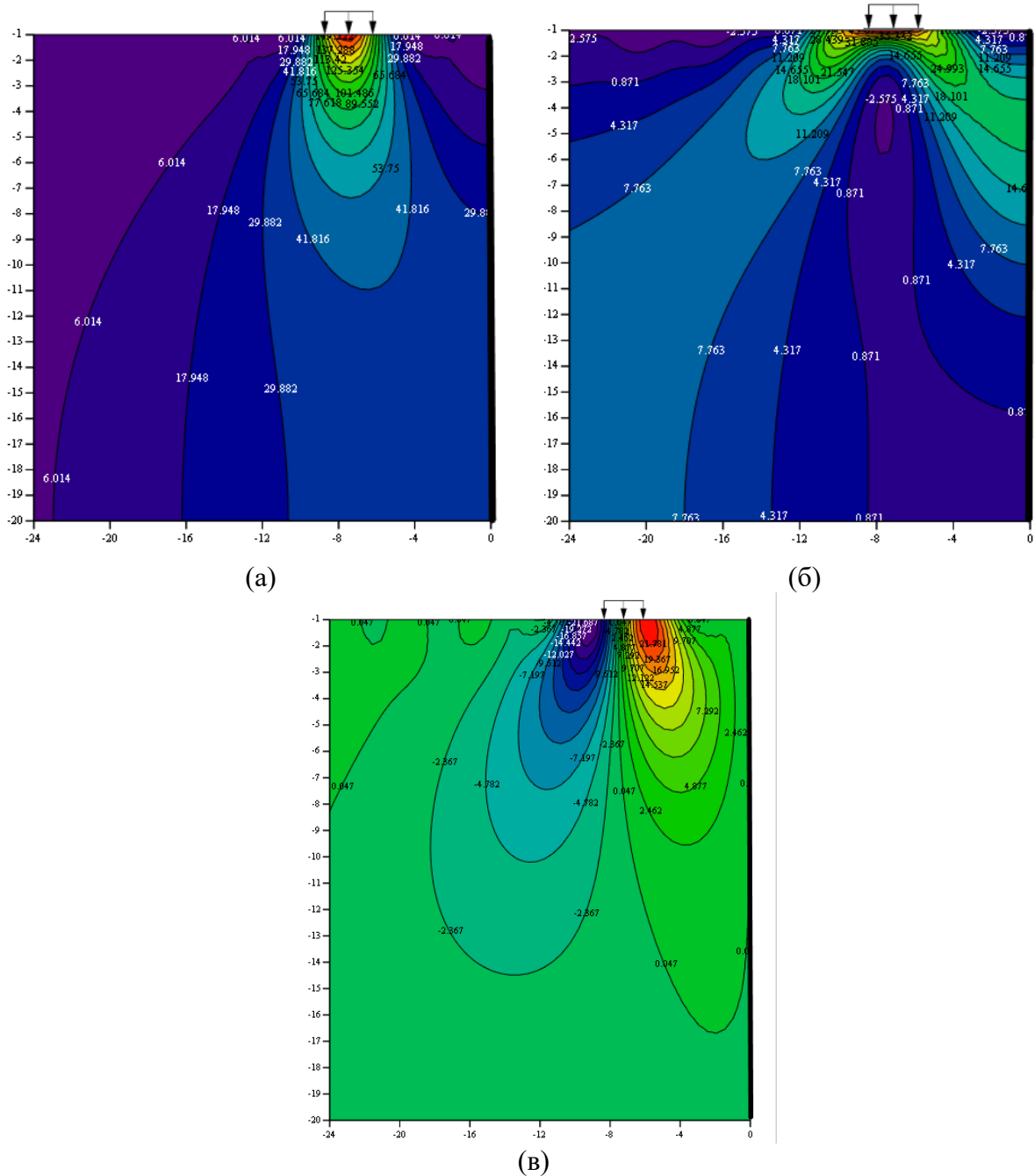
$$\begin{aligned} \sigma_x(x, y) = &\frac{qa}{l} - \frac{qb}{l} + \\ &+ \frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\left( \sin \frac{m\pi a}{l} - \sin \frac{m\pi b}{l} \right)}{m} \left[ \frac{\left( \frac{m\pi h}{l} \operatorname{ch} \frac{m\pi h}{l} + \operatorname{sh} \frac{m\pi h}{l} \right) \operatorname{ch} \frac{m\pi(y-h)}{l} - \frac{m\pi(y-h)}{l} \operatorname{sh} \frac{m\pi(y-h)}{l} \operatorname{sh} \frac{m\pi h}{l}}{\operatorname{sh} \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \right] \cos \frac{m\pi x}{l} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sigma_x(x, y) = &\left( \frac{qa}{l} - \frac{qb}{l} \right) \frac{\nu}{1-\nu} - \\ &- \frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\left( \sin \frac{m\pi a}{l} - \sin \frac{m\pi b}{l} \right)}{m} \left[ \frac{\left( \frac{m\pi h}{l} \operatorname{ch} \frac{m\pi h}{l} - \operatorname{sh} \frac{m\pi h}{l} \right) \operatorname{ch} \frac{m\pi(y-h)}{l} - \frac{m\pi(y-h)}{l} \operatorname{sh} \frac{m\pi(y-h)}{l} \operatorname{sh} \frac{m\pi h}{l}}{\operatorname{sh} \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \right] \cos \frac{m\pi x}{l} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\tau_{xy}(x, y) = -\frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\left( \sin \frac{m\pi a}{l} - \sin \frac{m\pi b}{l} \right)}{m} \left[ \frac{\frac{m\pi h}{l} \operatorname{ch} \frac{m\pi h}{l} \operatorname{sh} \frac{m\pi(y-h)}{l} - \frac{m\pi(y-h)}{l} \operatorname{ch} \frac{m\pi(y-h)}{l} \operatorname{sh} \frac{m\pi h}{l}}{\operatorname{sh} \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \right] \sin \frac{m\pi x}{l} \quad (5)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные уравнения (3-5) можно решить в программной среде Mathcad и получить изолинии нормальных  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  и касательных  $\tau_{xy}$  напряжений в массиве грунта. На рисунках 2-5 представлены результаты решения уравнений в ПК Mathcad.



**Рис. 2.** Изолинии напряжений при приложении распределенной нагрузки на расстоянии  $b$  от вертикальной выемки, полученные по уравнениям (3-5): а) вертикальных напряжений  $\sigma_y$ ; б) горизонтальных напряжений  $\sigma_x$ ; в) изолинии касательных напряжений  $\tau_{xy}$

## ВЫВОДЫ

По результатам аналитического решения задачи о деформировании слоя ограниченной ширины и толщины вблизи вертикальной выемки получены формулы для определения компонент нормальных и касательных напряжений при приложении равномерно распределенной нагрузки вблизи вертикальной выемки. Анализ результатов решения показывает, что приложение нагрузки вблизи выемки существенно влияет на напряженно-

деформированное состояние всего массива, а напряжения имеют тенденцию к увеличению при приближении к границе вертикальной выемки.

Результаты решения могут быть применены при определении активного давления на ограждающие конструкции котлована для учета дополнительных напряжений при приложении равномерно распределенной нагрузки на бровке котлована от техники и складированных строительных материалов

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вялов С.С.* Реологические основы механики грунтов. Высшая школа, М., 1978.
2. *Горбунов-Посадов М.И.* Проблемы нелинейной механики грунтов // Экспериментально-теоретические исследования нелинейных задач в области оснований и фундаментов. Межвузовский сборник НИИ. Новочеркасск. 1979. С. 3-8.
3. *Егоров К. Е.* О деформации основания конечной толщины [Текст] / К. Е. Егоров // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1961. – № 1.
4. *Зарецкий Ю. К.* Влияние последовательности возведения близкорасположенных высотных зданий на осадки и крен фундаментных плит [Текст] / Ю. К. Зарецкий, М. И. Кабанцев // Вестник МГСУ. - 2006. - № 1. - С. 51-56.
5. *Мангушев Р.А., Никифорова Н.С., Конюшков В.В., Осокин А.И., Сапин Д.А.* Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах. Учебное пособие. – М., СПб : Изд-во АСВ, 2013. – 256 с.
6. *Надаи А.* Пластичность и разрушение твердых тел, изд. «Мир», М. 1961 г., т.1 ... стр., том 2, 1969 г., 863 стр.
7. *Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З.* - Механика грунтов в высотном строительстве с развитой подземной частью, изд. АСВ, Москва, 2020. – 912 с.
8. *Тимошенко С. П. и Гудьер Дж.* Теория упругости. М.:Наука,1975. 87с.
9. *Цытович, Н.А.* Основы прикладной геомеханики в строительстве: учебное пособие / Н.А. Цытович, З.Г. Тер-Мартirosян. – М. :Высшая школа, 1981. – 317 с.
10. *Melan E.* Der Spannungszustand der durch eine Einzelkraft im innern beanspruchten Halbschiebe, Zeitschrift fur angewandte Mathematik und Mechanik. – В. 12, Н. 6. – 1932.

# О ПРИНЦИПЕ ОПТИМИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СКАЛЬНОМ МАССИВЕ

Е.А. Муравьева<sup>1</sup>, А.В. Манько<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>MuravievaEA@mgsu.ru

<sup>2</sup>MankoAV@mgsu.ru

## Аннотация

В статье представлен обзор и анализ существующей проблемы по теме научного исследования: оптимизация моделей расчётов трещиноватых скальных массивов в сейсмических районах. В настоящий момент разрабатывается множество проектов по реконструкции и строительству подземных сооружений в условиях сейсмических воздействий в тектонически активных районах, где коренные горные породы, имеющие нерегулярную трещиноватость, залегают близко к поверхности либо выходят на дневную поверхность. Проблема расчета таких сооружений состоит в том, что при имеющемся многообразии математических моделей численных расчетов массивов и сооружений нет четких рекомендаций о их применении в тех или иных сейсмических условиях. Также нет четких данных по верификации программ расчета трещиноватых скальных массивов в условиях сейсмических воздействий. Целью данного исследования представляется оптимизация имеющихся моделей расчета скального массива с нерегулярной трещиноватостью при действии тектонических, динамических и сейсмических нагрузок и прогнозирование поведения трещин, а также выбор оптимального способа численного расчета (математического моделирования) подземных сооружений в скальном массиве.

## ВВЕДЕНИЕ

Строительство сооружений различного назначения, таких как проходка тоннелей, строительство камерных выработок и т.д., невозможно без научного изучения особенностей геомеханического поведения горного массива и учета геолого-антропогенных условий, формирующих напряженно-деформированное состояние. Определение напряженно-деформированного состояния массива, а также определение его механических свойств необходимо для дальнейшей разработки рекомендаций по безопасному и качественному строительству и дальнейшей эксплуатации подземных сооружений в сейсмических районах.

Предельная точность диктуется, как правило, высокой ответственностью рассматриваемых объектов, а инженерно-геологические условия горных районов чаще всего являются достаточно сложными. В геологическом отношении скальные массивы представляют собой особые для каждого отдельного случая структуры, нарушенные различными включениями и разрывами сплошности, которые оказывают решающее влияние на свойства горных пород. Таким образом, оценка влияния трещин на массив скальных пород является одной из основных задач в подземном строительстве.

Численные технологии позволяют создавать модели реальных массивов и, избежав влияния масштабного эффекта, оценить параметры массива, нарушенного системами трещин. Направленность, частота, вид и тип трещин существенно влияют на важнейшие физико-механические свойства горных пород, от которых зависят устойчивость горных выработок, условия их обводнения и разработки месторождений. Однако в литературных данных по моделированию трещиноватого массива в основном делается упор на изучение скальной породы с предельными видами нарушений сплошности, такими как разрывы, крупные трещины или тонкие незаполненные трещины.

В свете вышесказанного, изучение и разработка численных моделей для трещиноватых массивов в сейсмических районах является актуальной научной задачей,

имеющей большое научное и практическое значение, а оценка воздействия трещин на горный массив является одной из основных задач в подземном строительстве.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Методологической основой исследования являлись труды отечественных и зарубежных авторов в области подземного строительства, сейсмостойкости и надежности строительных конструкций, где были применены следующие методы:

- Аналогия. Выводы делаются на основе знаний о свойствах характеристиках объекта, схожего с теми, которые изучаются в данный момент.
- Классификация. Структуризация изученной литературы по определенным признакам.
- Изучение и анализ. Выводы о степени изученности аспектов, рассматриваемых в исследовании.

За время развития подземного строительства разработано множество подходов и решений самых разнообразных проблем, возникающих в процессе инженерной деятельности, связанной с разработкой горных пород и грунтов. Любые методы, используемые в подземном строительстве, должны в первую очередь рассматриваться с точки зрения возможности их практического применения.

Изучение массивов горных пород и конструкций производится с целью выявить особенности напряженно-деформированного состояния, объяснить происходящие при различных условиях процессы, дать рекомендации по надежному и качественному строительству, различным горнопроходческим работам, разработке месторождений полезных ископаемых. Исследования напряженного состояния, прочности и устойчивости таких крупных сооружений, как бетонные плотины на скальном основании проводились В.Г. Ореховым [1]. Установлением закономерностей распределения тектонических напряжений в земной коре для создания научных основ геомеханического обоснования проходки подземных комплексов и безопасной обработки месторождений занимался А.А. Козырев [2]. Список можно продолжать. Одно остается неизменным: стремление максимально полно изучить геомеханические процессы и обеспечить безопасность и надежность любых горных работ.

Существующие методы проектирования можно условно разделить на следующие категории [3]:

- Эмпирические;
- Геологические;
- Методы наблюдения;
- Аналитические.

Эмпирические методы основаны на анализе статистических данных, полученных при изучении существующих сооружений или массивов горных пород. Они, в совокупности с опытными данными позволяют оценить поведение сооружения и вмещающего массива.

Геологические методы дают возможность определять параметры массива путем изучения его геологических особенностей и создания классификационных систем.

Методы наблюдения обеспечиваются мониторингом, который заключается в исследовании массива на протяжении всех этапов проектирования, строительства и эксплуатации сооружения, вплоть до окончания срока его службы. Результаты исследований поэтапно заносятся в базу данных, и тем самым обеспечивается контроль над поведением массива и сооружения. Для наглядности, удобства восприятия и анализа параметров мониторинга применяются геоинформационные системы.

Аналитические методы основаны на законах, отражающих состояние и поведение массива скальных пород при различных воздействиях, и численном моделировании, а также включают в себя процесс создания математических и физических моделей.



Надежность аналитических методов зависит от правильности выбора подходящей процедуры моделирования, основных законов, которые бы наиболее полно отражали реальное состояние массива и наличия всех данных, необходимых для численного анализа ситуации.

Также можно разделить подходы к определению свойств массивов на два: прямой и косвенный. Прямые методы включают лабораторные и натурные исследования. Косвенный подход к определению прочности и деформационных свойств пород основан на эмпирических зависимостях, а также применении численных методов. Рассмотрим эти подходы подробнее.

Механические параметры массива скальных пород, используемые при проектировании, могут быть определены в лабораторных условиях путем испытания образцов породы. Однако, чаще всего данные, полученные таким способом, не обладают необходимой достоверностью. Это связано с явлением масштабного эффекта, о котором подробнее будет изложено ниже. В этом случае возможно проведение исследований скального массива в реальных условиях, то есть проведение натурных испытаний. Параметры, полученные в результате таких исследований, отражают действительное состояние рассматриваемого массива. Однако здесь также есть свои сложности. Прежде всего, ограничителем повсеместного применения натурных экспериментов является их высокая стоимость. И, очевидно, что далеко не всегда есть чисто физическая возможность проводить такие испытания, как, например, при строительстве протяженных туннелей, трасса которых пролегает в скальном массиве на большой глубине от поверхности.

Таким образом, на первый план выходят аналитические и численные методы, которые, наряду с развитым математическим аппаратом, представленным в виде множества разработанных компьютерных геопрограмм, дают возможность анализировать поведение системы “скальный массив – сооружение” и получать вполне приемлемые результаты, хорошо коррелирующие с реальной ситуацией.

При изучении в инженерных целях массивов скальных пород, необходима схематизация их крайне сложного строения, состава и физико-механических свойств. В настоящее время существует ряд классификаций массивов, обладающих разнообразными геологическими, механическими, структурными характеристиками. Существует два основных вида классификаций скальных пород: геологические и геомеханические (инженерные). Геологические классификации разделяют породы по происхождению (генезису), строению, взаимному расположению; а геомеханические – по прочностным или упругим характеристикам, определяющим механические свойства пород.

Геологические классификации имеют большое значение в инженерной практике, т.к. они позволяют оценить свойства скального массива на предварительном этапе проектирования. Исследованием характеристик пород для разработки таких классификаций занимались Каспарьян Э.В. [4], Гудман Р. [5] и др.

Классификации ненарушенных скальных пород значительно упрощают работу инженеров, но параметры массива зависят в большой степени от нарушений сплошности, которые, как правило, имеют место в скальных массивах.

Трещиноватость, являясь основным типом нарушений сплошности скального массива, служит качественной характеристикой состояния породы, свидетельствующей о наличии трещин в исследуемом объеме. С инженерной точки зрения, наличие трещин в большинстве случаев служит единственным фактором, от которого зависят деформационные и прочностные свойства массива. А крупные и протяженные трещины могут оказывать решающее влияние на устойчивость откосов, скальных оснований сооружений и подземных выработок. Таким образом, трещиноватость массива является одним из основополагающих факторов, который необходимо учитывать при оценке общих параметров скальной породы и поведения массива при взаимодействии с сооружением.

Одной из наиболее современных и удобных для проектирования подземных сооружений представляется классификация трещин и систем трещин, предложенная С.Н. Чернышевым [6]. Трещины разделяются: по происхождению, по степени открытия, по абсолютной ширине, по коэффициенту трещинной пустотности (определяется отношением объема пустот к единице объема скального массива), по морфологии поверхности стенок трещин.

Для решения инженерных задач большое значение имеет отношение длины трещины к размеру области массива, на которую распространяется воздействие сооружения. Микротрещины определяют прочность и другие свойства скальных пород. Влияние трещин на сооружение оценивается путем статистического описания решетки трещин и показателей механических их свойств. Разрывы, которые, как правило, длиннее области воздействия сооружения на массив, чаще всего немногочисленны и исследуются каждый в отдельности.

В зарубежной литературе также разработан ряд классификаций трещиноватости. Они основаны на различных параметрах, таких как количество систем трещин, расстояние между трещинами, шероховатость поверхности их стенок, мощность заполнителя.

Геометрические параметры трещин, их механические и гидрогеологические свойства составляют систему данных, позволяющих судить о надежности скального массива при его взаимодействии с сооружением. Классификации массива, включающие в себя несколько параметров, учитывающих характеристики и трещин, и ненарушенной скальной породы, позволяют выяснить реакцию массива на различные силовые воздействия.

Неоднородность скальных массивов, вызванная литологической изменчивостью пород, наличием и характером трещиноватости, складчатости, различными геологическими процессами, воздействием техногенных факторов, а также масштабным эффектом, является причиной анизотропии свойств скальных пород. Деформационные и прочностные характеристики массивов, сложенных анизотропными породами, значительно отличаются в различных направлениях, что оказывает существенное влияние как на поведение самого массива, так и на работу сооружений, с ним взаимодействующих. Выделяют четыре порядка анизотропии [7].

Любая классификационная система все же представляет собой определенное упрощение, схематизацию, осреднение реальной ситуации. Поэтому, наряду с такой оценкой скальных массивов, производится индивидуальный для каждого отдельного случая, детальный расчет напряженно-деформированного состояния на основе принятых по классификациям рекомендаций.

В скальных массивах наблюдается трещиноватость различных уровней, от микродефектов до макротрещин и разрывов. Это вызывает такое явление, как масштабный эффект, который оказывает огромное влияние на параметры скального массива. Масштабный эффект заключается в изменении прочностных и деформационных характеристик скальной породы при выборе различных по размеру участков скального массива. Это связано с тем, что в объем фрагмента включаются все новые трещины и неоднородности, происходит изменение общей структуры массива. В результате механические свойства являются функцией размеров области породы.

Системы трещин простираются в различных направлениях и, пересекаясь, образуют блоки отдельности. Размер блоков и их количество, как показывают лабораторные эксперименты проведенные С.Б. Уховым [8], напрямую влияют на указанные свойства породы. Опыты проводились в условиях одноосного сжатия с образцом породы одного размера, который состоял из различного числа блоков. При увеличении их количества механические характеристики всего образца стремились к некому, постоянному для данной породы пределу. Таким образом, можно выделить объем массива, дальнейшее увеличение размеров которого не приведет к изменению механических характеристик последнего – его представительный объем.

Явление масштабного эффекта в значительной степени осложняет исследования природного массива. Результаты штамповых испытаний образцов в лабораторных условиях, применяемые для оценки прочностных и деформационных свойств породы, не отражают реальной ситуации при переносе их на большие объемы реального массива скальных пород. Опыты же в естественной среде не всегда бывают доступны в связи с их сложностью и высокой стоимостью. На основании анализа литературных источников можно сделать вывод, что моделирование массива, нарушенного заполненными широкими трещинами (толщиной в пределах 1 см – по классификации С.Н. Чернышева), представляет собой задачу, не рассмотренную достаточно полно в существующей литературе. Оптимальным решением этой проблемы является численное моделирование.

Проблемами сейсмостойкого строительства, развитием динамических методов расчета, а также проблемами учета взаимодействия конструкции с грунтом основания занималось большое количество отечественных и зарубежных ученых. Проблему учета взаимодействия конструкции с грунтом основания изучали Н.К. Снитко [9], А.Г. Тяпин [10] и другие.

Исследования по учету влияния протяженности сооружения на его сейсмостойкость провели И.Л. Корчинский [11], Ш.Г. Напетваридзе [12] и другие.

Различные вопросы теории сейсмостойкости специальных сооружений нашли свое отражение в работах И.И. Гольденבלата [13], Г.А. Джинчвелашвили [14], Г.Н. Карцивадзе [15] и других авторов.

Проблемы применения методов теории вероятностей к оценке эффекта сейсмического воздействия на сооружения исследовали В.В. Болотин [13], И.И. Гольденблат [13], О.В. Мкртычев [14] и другие.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В настоящий момент разрабатывается множество проектов по реконструкции и строительству подземных сооружений в условиях сейсмических воздействий в тектонически активных районах, где коренные горные породы, имеющие нерегулярную трещиноватость, залегают близко к поверхности либо выходят на дневную поверхность. Проблема расчета таких сооружений состоит в том, что при имеющемся многообразии математических моделей численных расчетов массивов и сооружений нет четких рекомендаций о их применении в тех или иных сейсмических (тектонических, динамических) условиях. Также нет четких данных по верификации программ расчета трещиноватых скальных массивов в условиях сейсмических воздействий.

Таким образом, можно сделать вывод, что необходима оптимизация имеющихся моделей расчета скального массива с нерегулярной трещиноватостью при действии тектонических, динамических и сейсмических нагрузок и прогнозирование поведения трещин, а также выбор оптимального способа численного расчета (математического моделирования) подземных сооружений в скальном массиве.

## **ВЫВОДЫ**

Практическая значимость данной работы - верификация программ расчетов и используемых моделей трещиноватых скальных массивов в сейсмических (тектонических, динамических) условиях.

В рамках последующей работы запланирована оптимизация и разработка моделей численного расчета подземных сооружений, расположенных в трещиноватых скальных массивах с учетом сейсмических (динамических, тектонических) воздействий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Орехов В.Г., Зерцалов М.Г.* Механика разрушений инженерных сооружений и горных массивов. // М. АСВ, 1999, 330 с.
2. *Козырев А.А., Савченко С.Н.* Об управлении напряженно-деформированным состоянием массива горных пород при проходке горных выработок в удароопасных условиях // Вестник МГТУ, том 17, № 2, 2014 г. стр.221-224.
3. *Bieniawski Z.T., Denkhaus H.G., Vogler V.M.* Failure of fractured Rock // Int. Rosk Mech. Min. Sci., v.6, 1969, pp. 323-341.
4. *Иофис М.А., Казикаев Д.М., Каспарьян Э.В., Козырев А.А.* Управление геомеханическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых // Горная книга, Москва, 2016 г., 490 стр.
5. *Goodman R.E., Taylor K.D., Brekke T.L.* A Model for Mechanics of jointed Rock // Proc. ASCE, v. 94, NEM3, 1968.
6. *Чернышев С. Н.* Трещиноватость горных пород и ее влияние на устойчивость откосов // М.: Недра, 1984.-1,11 с.
7. *Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шащенко А.Н., Борисов В.Н.* Геомеханика: Учебник для вузов. Том 2. Геомеханические процессы. М.: МГТУ, 2004. — 249 с.
8. *Ухов С.Б.* Скальные основания гидротехнических сооружений. Москва. Энергетика. 1975, 263 с.
9. *Снитко Н.К.* Строительная механика. Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. — М.: Высш. школа, 1980. — 431 с, ил.
10. *Тягин А.Г.* Расчет сооружений на сейсмические воздействия с учетом взаимодействия с грунтовым основанием. Научное издание. М.: Издательство АСВ, 2013. (2-е издание 2017) - 392 с.
11. *Корчинский И.Л. и др.* Сейсмостойкое строительство зданий. Учебное пособие для вузов. Издательство Высшая школа, Москва, 1971, 320 с.
12. *Напетваридзе Ш.Г., Гехман А.С. и др.* Сейсмостойкость магистральных трубопроводов и специальных сооружений нефтяной и газовой промышленности. М.: Наука, 1980, - 172 с.
13. *Болотин В.В., Гольденблат И.И., Смирнов А.Ф.* Строительная механика. Современные проблемы и перспективы развития. М.: Стройиздат - 1972, - с. 191.
14. *Мкртычев О.В., Джинчелашивили Г.А.* Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения). Монография. Москва: Московский государственный строительный университет, 2012. - 192 с.
15. *Карцивадзе Г.Н.* Сейсмостойкость дорожных искусственных сооружений. Изд-во «Транспорт», 1974 г. , 264 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИТОКА ЖИДКОСТИ К СКВАЖИНЕ ТРЕЩИНОВАТО-ДЕФОРМИРОВАННОГО ПЛАСТА.

А.Н. Хворова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

### Аннотация

Рассматривается дифференциальное уравнение, содержащее производную дробного порядка, в котором порядок производной находится в пределах от 0 до 1. Данное уравнение с начальными условиями является задачей Коши, которая представляет математическую модель для описания притока жидкости к скважине трещиновато-деформированного пласта [2]. Представлен один из методов решения данного уравнения.

**Ключевые слова:** производная дробного порядка, параметрическая идентификация, приток жидкости к скважине.

В последнее десятилетие был разработан ряд математических моделей с применением операторов дробного дифференцирования [5], позволяющий учесть особенности притока жидкости к скважинам в трещинном деформированном пласте.

Основываясь на большом количестве экспериментальных данных и методике моделирования притока жидкости к скважине, представленной в работе [4], где зависимость действующей толщины пласта от градиента давления была представлена в виде степенной функции

$$H = h \left( \frac{|\nabla P|}{|\nabla P|_{кр}} \right)^\alpha \quad 0 \leq \alpha < 1, \quad (1)$$

в работе [7] данная зависимость была представлена в следующем виде

$$H = h D^\alpha \frac{P}{(|\nabla P|_{crit})^\alpha}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (2)$$

где  $h$  – мощность слоя, в котором  $|\nabla P|_{crit}$  – критическое значение градиента давления,  $\alpha$  – эмпирический коэффициент, описывающий изменение мощности слоя в зависимости от градиента давления, а  $D^\alpha$  – дробная производная Капуто [3] порядка  $\alpha$ :

$$D^\alpha P = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^r \frac{P'(t)}{(r-t)^\alpha} dt. \quad (3)$$

Тогда математическая модель, описывающая поведение жидкости в трещиновато деформируемом пласте, примет следующий вид

$$[P'(r) D^\alpha P(r)]^2 = a(r) D^\alpha P + b(r), \quad 0 < \alpha < 1 \quad (4)$$

$$P(0) = 0 \quad (5)$$

где

$$a(r) = \frac{\mu Q |\nabla P|_{crit}^\alpha}{2\pi r h k}; \quad b(r) = \frac{\mu \beta}{k} \left( \frac{Q |\nabla P|_{crit}^\alpha}{2\pi r h} \right)^2. \quad (6)$$

В [1] развит метод решения задачи Коши для дифференциального уравнения, основанный на поиске решения в виде степенного ряда. Согласно этой работе, решение будем искать в виде ряда

$$P(r) = \sum_{i=1}^{\infty} d_i r^{\gamma_i}, \quad (7)$$

где  $\gamma_i$  - неизвестные положительные степени. Так как  $P(0) = 0$ , то  $\gamma_i > 0$ .  
Для удобства введем обозначения:

$$a(r) = C_0 \frac{1}{r}, \quad b(r) = C_1 \frac{1}{r^2}, \quad (8)$$

где  $C_0$  и  $C_1$  - константы равные

$$C_0 = \frac{\mu Q |\nabla P|_{crit}^{\alpha}}{2\pi h k}; \quad C_1 = \frac{\mu \beta}{k} \left( \frac{Q |\nabla P|_{crit}^{\alpha}}{2\pi h} \right)^2.$$

Тогда уравнение (4) можно переписать следующим образом:

$$P'(r) [D^{\alpha} P(r)]^2 = C_0 \frac{1}{r} D^{\alpha} P(r) + C_1 \frac{1}{r^2}. \quad (9)$$

Если  $P(r) = \sum_{i=1}^{\infty} m_i r^{\gamma_i}$  то

$$P'(r) = \sum_{i=1}^{\infty} m_i \gamma_i r^{\gamma_i-1} = m_1 \gamma_1 r^{\gamma_1-1} + m_2 \gamma_2 r^{\gamma_2-1} + m_3 \gamma_3 r^{\gamma_3-1} + \dots$$

$$D^{\alpha} P(r) = \sum_{i=1}^{\infty} m_i D^{\alpha} r^{\gamma_i} = \sum_{i=1}^{\infty} m_i \frac{\Gamma(\gamma_i+1)}{\Gamma(\gamma_i+1-\alpha)} r^{\gamma_i-\alpha} = m_1 \frac{\Gamma(\gamma_1+1)}{\Gamma(\gamma_1+1-\alpha)} r^{\gamma_1-\alpha} +$$

$$+ m_2 \frac{\Gamma(\gamma_2+1)}{\Gamma(\gamma_2+1-\alpha)} r^{\gamma_2-\alpha} + m_3 \frac{\Gamma(\gamma_3+1)}{\Gamma(\gamma_3+1-\alpha)} r^{\gamma_3-\alpha} + \dots$$

Для упрощения обозначим

$$\frac{\Gamma(\gamma_i+1)}{\Gamma(\gamma_i+1-\alpha)} = g_i$$

Тогда

$$[D^{\alpha} P(r)]^2 = \left[ \sum_{i=1}^{\infty} m_i g_i r^{\gamma_i-\alpha} \right]^2 = \left[ m_1^2 g_1^2 r^{2\gamma_1-2\alpha} + m_1 m_2 g_1 g_2 r^{\gamma_1-2\alpha+\gamma_2} + m_1 m_3 g_1 g_3 r^{\gamma_1-2\alpha+\gamma_3} + \right.$$

$$+ \dots + m_2 m_1 g_1 g_2 r^{\gamma_2-2\alpha+\gamma_1} + m_2^2 g_2^2 r^{2\gamma_2-2\alpha} + m_2 m_3 g_2 g_3 r^{\gamma_2-2\alpha+\gamma_3} + \dots + m_3 m_1 g_1 g_3 r^{\gamma_3-2\alpha+\gamma_1} +$$

$$+ m_3 m_2 g_2 g_3 r^{\gamma_3-2\alpha+\gamma_2} + \dots + m_3^2 g_3^2 r^{2\gamma_3-2\alpha} + \dots \left. \right] = \left[ (m_1 g_1)^2 r^{2\gamma_1-2\alpha} + 2m_1 m_2 g_1 g_2 r^{\gamma_1+\gamma_2-2\alpha} + \right.$$

$$+ 2m_1 m_3 g_1 g_3 r^{\gamma_1+\gamma_3-2\alpha} + \dots + m_2^2 g_2^2 r^{2\gamma_2-2\alpha} + 2m_2 m_3 g_2 g_3 r^{\gamma_2+\gamma_3-2\alpha} + \dots + m_3^2 g_3^2 r^{2\gamma_3-2\alpha} + \dots \left. \right]$$

Можно показать, что

$$P'(r) [D^{\alpha} P(r)]^2 = m_1^3 g_1^2 \gamma_1 r^{3\gamma_1-2\alpha-1} + 2m_1^2 m_2 g_1 g_2 \gamma_1 r^{2\gamma_1+\gamma_2-2\alpha-1} + 2m_1^2 m_3 g_1 g_3 \gamma_1 r^{2\gamma_1+\gamma_3-2\alpha-1} +$$

$$+ \dots + m_1 m_2^2 g_2^2 \gamma_1 r^{\gamma_1+2\gamma_2-2\alpha-1} + 2m_1 m_2 m_3 g_2 g_3 \gamma_1 r^{\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3-2\alpha-1} + \dots + m_1 m_3^2 g_3^2 \gamma_1 r^{\gamma_1+2\gamma_3-2\alpha-1} +$$

$$+ \dots + m_1^2 m_2 g_1^2 \gamma_2 r^{2\gamma_1+\gamma_2-2\alpha-1} + 2m_1 m_2^2 g_1 g_2 \gamma_2 r^{\gamma_1+2\gamma_2-2\alpha-1} + 2m_1 m_2 m_3 g_1 g_3 \gamma_2 r^{\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3-2\alpha-1} +$$

$$+ \dots + m_2^3 g_2^2 \gamma_2 r^{3\gamma_2-2\alpha-1} + 2m_2^2 m_3 g_2 g_3 \gamma_2 r^{2\gamma_2+\gamma_3-2\alpha-1} + \dots + m_2 m_3^2 g_3^2 \gamma_2 r^{2\gamma_3+\gamma_2-2\alpha-1} +$$

$$+ \dots + m_2^2 m_3 g_1^2 \gamma_3 r^{2\gamma_1+\gamma_3-2\alpha-1} + 2m_1 m_2 m_3 g_1 g_2 \gamma_3 r^{\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3-2\alpha-1} + 2m_1 m_3^2 g_1 g_3 \gamma_3 r^{\gamma_1+2\gamma_3-2\alpha-1} +$$

$$+ \dots + m_2^2 m_3 g_2^2 \gamma_3 r^{2\gamma_2-2\alpha} + 2m_2 m_3^2 g_2 g_3 \gamma_3 r^{\gamma_2+2\gamma_3-2\alpha-1} + \dots + m_3^3 g_3^2 \gamma_3 r^{3\gamma_3-2\alpha-1}$$
(10)

Раскроем правую часть уравнения (4):

$$a(r) D^{\alpha} P(r) + b(r) = C_1 r^{-1} D^{\alpha} P(r) + C_2 r^{-2} = C_1 d_1 g_1 r^{\gamma_1-\alpha-1} +$$

$$+ C_1 d_2 g_2 r^{\gamma_2-\alpha-1} + C_1 d_3 g_3 r^{\gamma_3-\alpha-1} + \dots + C_2 r^{-2} \quad (11)$$

Приравнявая наименьшие степени левой и правой частей получим, что

$$3\gamma_1 - 2\alpha - 1 = -2 \Rightarrow \gamma_1 = \frac{2\alpha - 1}{3}.$$

Приравняем коэффициенты  $m_1^3 g_1^2 \gamma_1 r$  и  $C_2 r$  стоящие при наименьших степенях и найдем  $m_1$ :

$$m_1 = \sqrt[3]{\frac{C_2}{g_1^2 \gamma_1}},$$

Что то же самое

$$m_1 = \sqrt[3]{\frac{\frac{\mu\beta}{k} \left( \frac{Q|\nabla P|_{crit}^\alpha}{2\pi h} \right)^2}{\left[ \frac{\Gamma\left(\frac{2\alpha+2}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-\alpha+2}{3}\right)} \right]^2 \frac{2\alpha-1}{3}}}$$

Определяем следующее слагаемое со второй по меньшинству степенью левой части и приравниваем его к соответствующему слагаемому правой части

$$2m_1^2 m_2 g_1 g_2 \gamma_1 r^{2\gamma_1 + \gamma_2 - 2\alpha - 1} + m_1^2 m_2 g_1^2 \gamma_2 r^{2\gamma_1 + \gamma_2 - 2\alpha - 1} = C_1 m_1 g_1 r^{\gamma_1 - \alpha - 1}$$

$$2\gamma_1 + \gamma_2 - 2\alpha - 1 = \gamma_1 - \alpha - 1$$

$$\gamma_2 = -\gamma_1 + \alpha \Rightarrow \gamma_2 = \frac{\alpha + 1}{3}$$

$$2m_1^2 m_2 g_1 g_2 \gamma_1 + m_1^2 m_2 g_1^2 \gamma_2 = C_1 m_1 g_1$$

$$m_2 = \frac{C_1}{2m_1 g_2 \gamma_1 + m_1 g_1 \gamma_2}$$

$$m_2 = \frac{\frac{\mu Q |\nabla P|_{crit}^\alpha}{2\pi h k}}{2m_1 \frac{\Gamma\left(\frac{\alpha+4}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-2\alpha+4}{3}\right)} \frac{2\alpha-1}{3} + m_1 \frac{\Gamma\left(\frac{2\alpha+2}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-\alpha+2}{3}\right)} \frac{\alpha+1}{3}}$$

Затем по возрастанию в правой части идут две равные степени

$$\gamma_1 + 2\gamma_2 - 2\alpha - 1 = 2\gamma_1 + \gamma_3 - 2\alpha - 1 \Rightarrow$$

$$\gamma_3 = 2\gamma_2 - \gamma_1$$

$$\gamma_3 = \frac{2\alpha + 2 - 2\alpha + 1}{3} \Rightarrow \gamma_3 = 1$$

Приравняем слагаемые из правой части с этой степенями с левой частью.

$$m_1^2 m_2 g_2^2 \gamma_1 r^{\gamma_1 + 2\gamma_2 - 2\alpha - 1} + 2m_1 m_2^2 g_1 g_2 \gamma_2 r^{\gamma_1 + 2\gamma_2 - 2\alpha - 1} + 2m_1^2 m_3 g_1 g_3 \gamma_1 r^{2\gamma_1 + \gamma_3 - 2\alpha - 1} + m_1 m_3 g_1^2 \gamma_3 r^{2\gamma_1 + \gamma_3 - 2\alpha - 1} = C_0 m_2 r^{\gamma_2 - \alpha - 1}$$

Приравняем коэффициенты при равных степенях

$$m_1^2 m_2 g_2^2 \gamma_1 + 2m_1 m_2^2 g_1 g_2 \gamma_2 + 2m_1^2 m_3 g_1 g_3 \gamma_1 + m_1 m_3 g_1^2 \gamma_3 = C_0 m_2$$

$$m_3 = \frac{-m_1 m_2^2 g_2^2 \gamma_1 - 2m_1 m_2^2 g_1 g_2 \gamma_2}{2m_1 g_1 (g_3 \gamma_1 + \gamma_3) - C_0}$$

$$m_3 = \frac{\frac{\mu Q |\nabla P|_{crit}^\alpha}{2\pi h k} - m_1 m_2^2 \left( \frac{\Gamma\left(\frac{\alpha+4}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-2\alpha+4}{3}\right)} \right)^2 \frac{2\alpha-1}{3} - 2m_1 m_2^2 \frac{\Gamma\left(\frac{\alpha+4}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-2\alpha+4}{3}\right)} \frac{\Gamma\left(\frac{2\alpha+2}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-\alpha+2}{3}\right)} \frac{\alpha+1}{3}}{2m_1 \frac{\Gamma\left(\frac{2\alpha+2}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{-\alpha+2}{3}\right)} \left( \frac{\Gamma(2)}{\Gamma(2-\alpha)} \frac{2\alpha-1}{3} + 1 \right)}$$

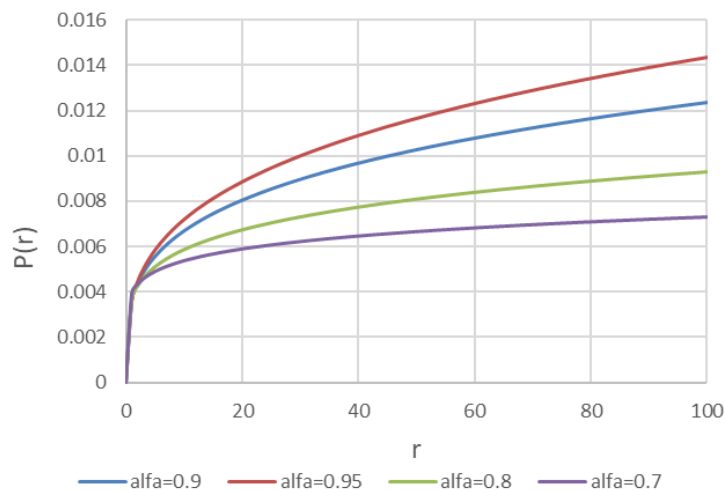
Представим разложение ряда со следующими параметрами

$$r \in (0; 100]; \quad \mu = 10^{-13} \text{ Па} \cdot \text{с}, k = 10^{-3} \text{ м}^2, h = 10 \text{ м},$$

$$|\nabla P|_{crit} = 2.5 \cdot \frac{10^5 \text{ Па}}{\text{м}}, \beta = 10^3 \text{ с/м}.$$

$$P(r) = 0.0036 \cdot r^{\frac{0.8}{3}} + 5.9 \cdot 10^{-9} \cdot r^{\frac{1.9}{3}} - 2.2097 \cdot 10^{-17} \cdot r + \dots \quad (12)$$

На рисунке 1 представлено решение ряда (12) при и при различных значениях  $\alpha$ .



**Рис. 1.** решение ряда (12) при различных  $\alpha$

Решение уравнения при различных значениях  $\alpha$  не является каким-либо уточнением. Каждой исследуемой скважине соответствует конкретная величина  $\alpha$  и определяется путем обработки зависимости действующей толщины пласта от градиента давления, получаемой в результате промысловых исследований.

Для использования полученной зависимости при оценке свойств деформированного пласта [6] требуется совместное рассмотрение данных гидродинамических исследований и дебитометрии на различных режимах работы  $\alpha$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабенко Ю.И. Метод дробного дифференцирования в прикладных задачах теории теплообмена. // НПО «Профессионал». 2009. С 584.
2. Донцов К.М. Разработка нефтяных месторождений. // «Недра» 1977. С360.
3. Нахушев А. М. Дробное исчисление и его применение. // ФИЗМАТЛИТ, 2003. С 272.
4. Трубаев В.Л., Донцов К.М. Особенности притока жидкости к скважине в трещиноватом деформированном пласте. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. №8 1986 г. С37-42.
5. Черных В. А. Математические концепции гидрогеомеханики учебное пособие. М.: РУДН, 2013. С 447.
6. Шаймуратов Р. В. Гидродинамика нефтяного трещиноватого пласта. // «Недра» 1980, С 223.
7. Aleroev T. S., Aleroeva H. T., Yifa Tang, Siyan Zhang. Features of seepage of a liquid to a chink in the cracked deformable layer. // International journal of modeling, simulation, and scientific computing, 2010, Vol. 01, №3, P. 333-347.



## Секция 10. Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ю.Я. Еленева<sup>1</sup>, В.В. Глазкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГТУ «СТАНКИН», 127994, ГСП-4, г. Москва, Вадковский пер., д.1,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>aprelenv@inbox.ru

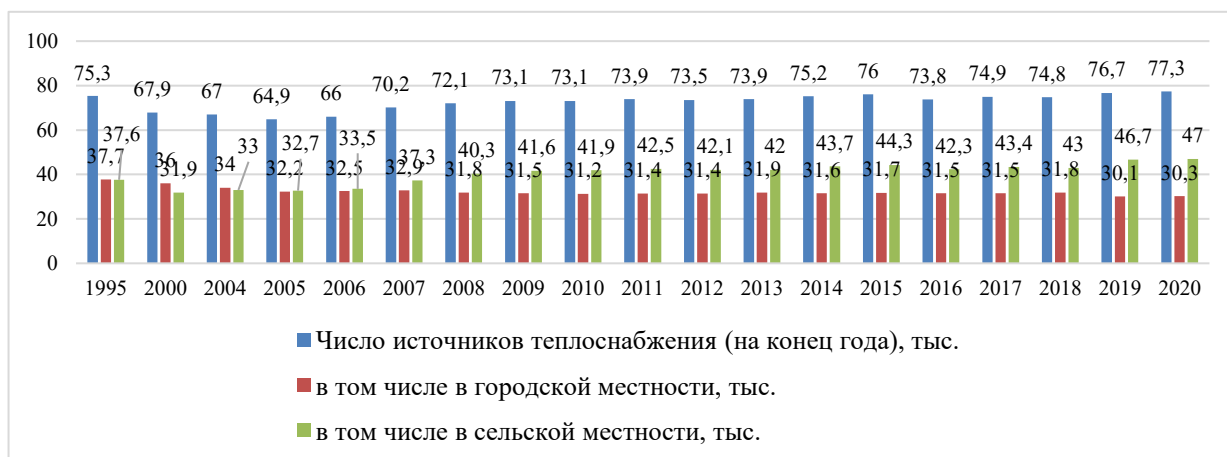
<sup>2</sup>GlazkovaVV@mgsu.ru

## Аннотация

Социально-экономическая значимость отрасли теплоснабжения диктует необходимость соблюдения свойства надежности в ходе ее функционирования. Однако анализ статистических данных в этом вопросе, проведенный в исследовании, отражает высокую долю потери тепла и аварийности отечественного теплоснабжения. Такое состояние топливного хозяйства России обуславливает необходимость его модернизации и развития. Объектом настоящего исследования выступает международный опыт развития систем теплоснабжения. В рамках настоящего исследования целью являлось рассмотреть опыт развития рынка тепла других стран, которые, безусловно, имеют свои особенности и специфику. Однако элементы уже накопившегося положительного опыта в вопросах обеспечения качественного и надежного теплоснабжения на рассматриваемых рынках тепла возможно применять и для развития отечественного теплоснабжения, позволяя добиваться его энергетической и экономической эффективности.

## ВВЕДЕНИЕ

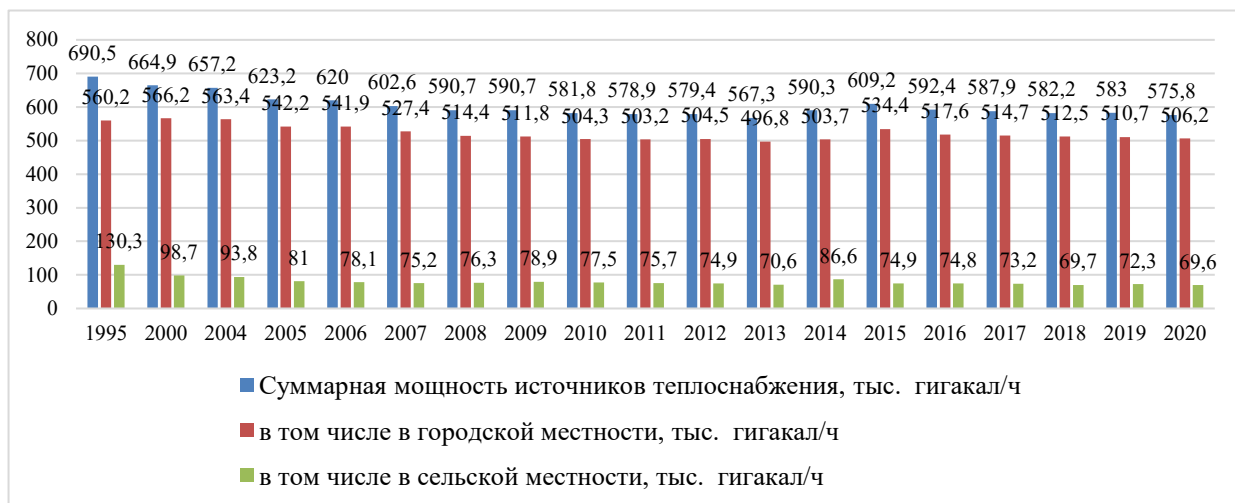
Россия является одним из крупнейших участников мирового рынка централизованного теплоснабжения: нашей стране принадлежит до 45% мирового централизованного производства тепловой энергии, общая протяженность тепловых сетей в системах централизованного теплоснабжения по трассе составляет более 150 тыс. км, а суммарный объем производства тепловой энергии составляет около 5480 ПДж.



**Рис. 1.** Динамика количества источников теплоснабжения в России за период 1995 – 2020 гг. (составлен автором по данным Росстата)

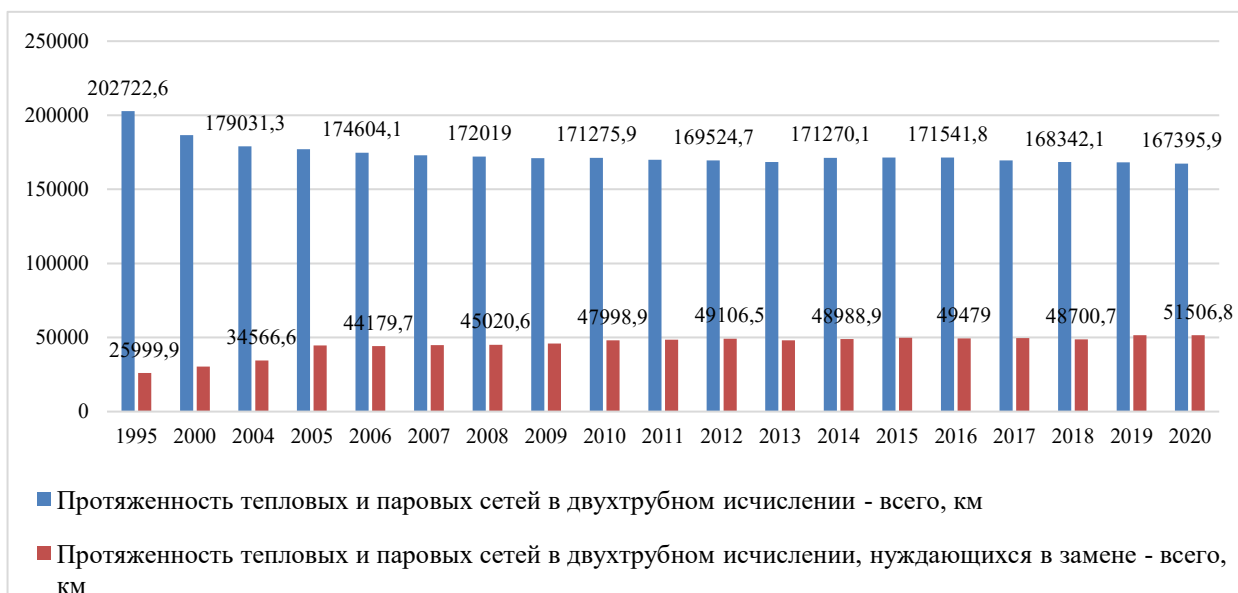
Рассматривая динамику количества источников теплоснабжения за последние 25 лет (рисунок 1) следует отметить, что в целом общее число источников теплоснабжения остается стабильным: отмечен незначительный прирост этого показателя в 2020 г. по сравнению с 1995 г. на 3%, резкое снижение количества источников наблюдалось только в период с 2000 г. по 2006 г. (среднее снижение количества источников теплоснабжения в этот период составляло 12% по сравнению с 1995 г.), а после 2007 г. показатель рос, достигнув к 2018-2019 г. уровня 1995 г. За рассматриваемый период происходит перевес количества источников в сторону распространения их в сельской местности: к 2020 г.

количество источников теплоснабжения в сельской местности выросло на 25% по отношению к уровню 1995 г., что свидетельствует о распространении систем теплоснабжения на данных территория, но вызвано оно, в большей степени, за счет индивидуальных источников теплоснабжения.



**Рис. 2.** Динамика мощности источников теплоснабжения в России за период 1995 – 2020 гг. (составлен автором по данным Росстата)

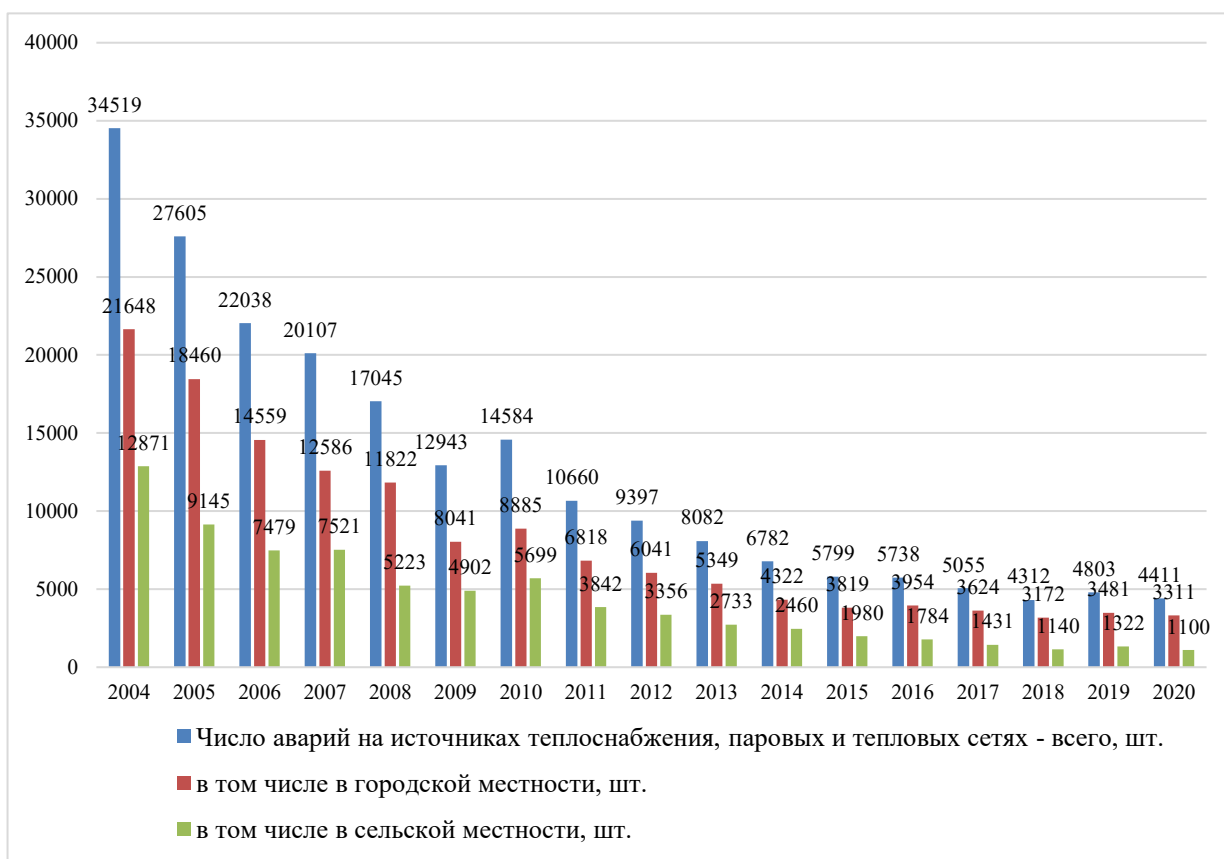
За тот же исследуемый период отмечено снижение суммарной мощности источников теплоснабжения за период (на 17% с 1995 г. по 2020 г.), причем в более значительной степени снижение произошло на источниках теплоснабжения, расположенных в сельской местности – на 47% в 2020 г. по сравнению с 1995 г., и в меньше степени этот показатель снизился на источниках теплоснабжения, расположенных в городской местности за исследуемый период (снижение произошло на 10%) (рисунок 2). Причиной такого снижения является всякая аварийности централизованной системы теплоснабжения, вызванная устареванием оборудования и инфраструктуры (рисунок 3).



**Рис. 3.** Динамика протяженности тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении в России за период 1995 – 2020 гг., в том числе, нуждающихся в замене (составлен автором по данным Росстата)

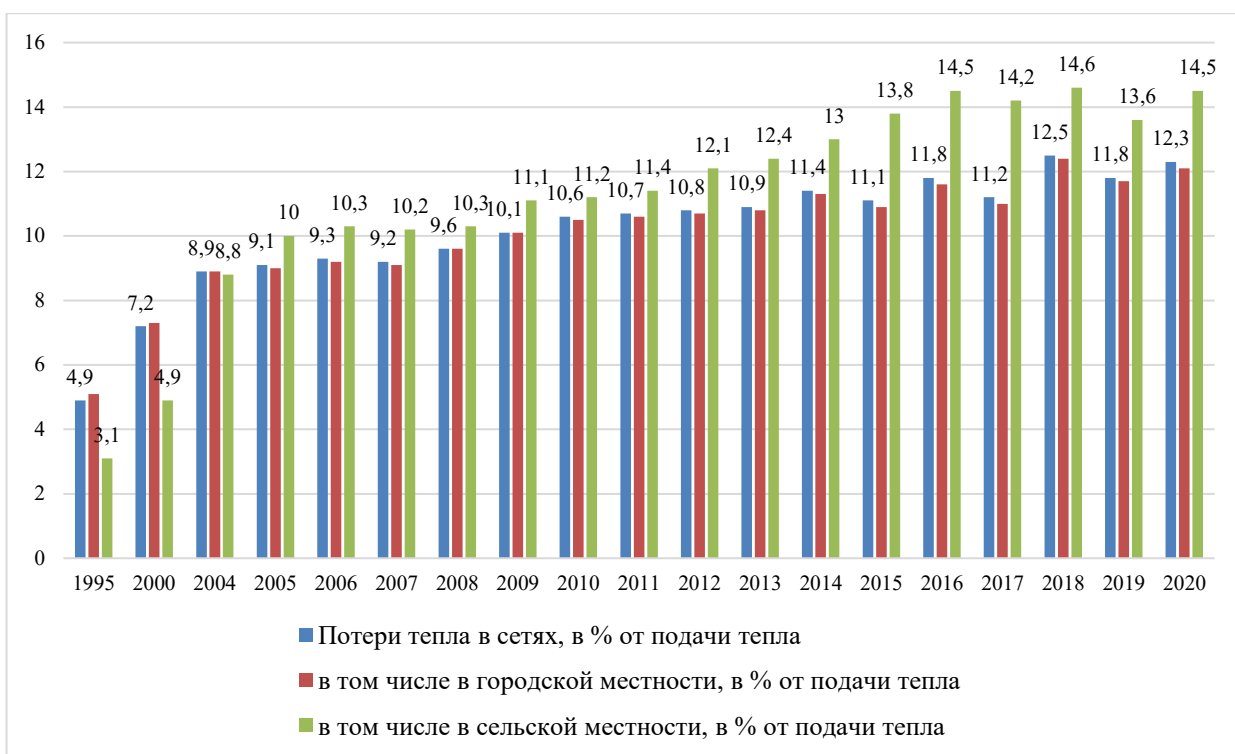
Динамика протяженности тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении в России в 2020 г. снизилась по сравнению с уровнем 1995 г. на 17%. Вместе с тем, протяженности тепловых и паровых сетей, нуждающихся в замене за тот период выросла

на 98%, что говорит о высокой изношенности рассматриваемой системы, что, в конечном итоге, приводит к ее низкой эффективности. Если в период с 1995 г. по 2005 г. отношение сетей, нуждающихся в замене к общей протяженности сетей, составляло в среднем 18%, то в период с 2006 г. по 2020 г. среднее значение этого показателя выросло до 28%. При снижающейся протяженности сетей, мощности сетей, а также статичном состоянии количества источников теплоснабжения можно говорить о том, что замена устаревших и вышедших из строя источников не происходит в нужном объеме. Однако при сохраняющейся ситуации число аварий на источниках теплоснабжения, паровых и тепловых сетях удалось значительно снизить: на 87% к 2020 г. по сравнению с 2004 г. (рисунок 4).



**Рис. 4.** Динамика количества аварий на источниках теплоснабжения, паровых и тепловых сетях в России за период 2004 – 2020 гг. (составлен автором по данным Росстата)

Но при снижающихся темпах количества аварий, отмечен рост потери тепла в сетях: к 2020 г. этот показатель вырос в 2,51 раза по сравнению с 1995 г., причем в городской местности этот показатель близок к общим потерям – рост их составил 2,37 раза к 2020 г., а в сельской местности потери тепла в сетях выросли в 4,68 раза за последние 25 лет (рисунок 5).



**Рис. 5.** Динамика потери тепла в сетях в России за период 1995 – 2020 гг. (составлен автором по данным Росстата)

В целом можно заключить, что система теплоснабжения России находится в плохом состоянии, а ряд экспертов отрасли прибегают к термину «критическое положение» по отношению к отечественному теплоснабжению [5,7]. Однако необходимость развития российской системы теплоснабжения не вызывает сомнения [1,2,6] в связи с чем целью настоящего исследования является рассмотрение опыта зарубежных стран в этом вопросе.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отличительной особенностью российской системы теплоснабжения является ее ярко выраженный уклон в сторону централизованных систем. Эксперты отрасли считают, что на текущий момент в мире действуют порядка 80 000 рынков тепловой энергии, из которых на Россию приходится более 60%, около 6000 в странах Европейского союза, около 30% приходится на Китай, США и страны СНГ, менее 10% - на страны Европы [4].

В каждой стране рынок тепла имеет свои особенности и специфику. Например, считается, что Италия, Испания, Франция отдают приоритет поквартирному теплоснабжению с настенными газовыми котлами, а в Германии, Англии, Бельгии, Австрии, наряду с поквартирными системами теплоснабжения, активно развиваются автономные домовые котельные. Страны Восточной Европы в большей степени придерживаются централизованного теплоснабжения. В этой связи рассмотрим более подробно характеристику систем теплоснабжения зарубежных стран.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Дания

В этой стране владельцами теплоснабжения могут выступать как потребители (через систему кооперативов), так и муниципалитеты. Всего насчитывается около 400 компаний и той, и другой формы собственности, которые оказывают услуги теплоснабжения. Основным нормативным документом, регулирующим данную сферу, является Закон о теплоснабжении, который закрепляет бесперебойную работу системы, а также ее неприбыльное функционирование. Министерство энергетики Дании является единственным регулятором тарифов на теплоснабжение. Законом определено, что

теплоснабжающие организации не могут работать в убыток, а в случае, если система теплоснабжения приносит прибыль, то она направляется государством в соответствии с Законом об энергосбережении Дании на оплату энергосберегающих мероприятий у потребителей.

В Дании развивается как централизованное (обеспечивает более 60% потребителей страны), так и децентрализованная система отопления. Для централизованной системы характерно наличие больших (на газе и угле) и мини-ТЭЦ (на биотопливе), мусоросжигательные заводы, теплонасосные установки, а также хранилища тепловой энергии. Децентрализованное теплоснабжение представлено системами газоснабжения с индивидуальными отопительными установками, источниками на древесных и прочих биотопках, а также теплонасосными установками и электроотоплением [4].

Опыт развития системы теплоснабжения Дании считается успешным. С 1973 года в стране было реализовано несколько программ, направленных на развитие теплоснабжения, которые привели к сокращению потерь тепла в 2 раза (за счет замены канальных тепловых сетей на бесканальные), развитию когенерации (доля тепла от комбинированного цикла с энергией выросла до 60%), повышению энерго и ресурсоэффективности системы теплоснабжения Дании (за счет возобновляемой энергии обеспечивается 20% централизованного теплоснабжения, сжигания отходов – 10%, сжигания биомассы – 9%, промышленных отходов теплоты – 1%). Поэтому Дания по праву считается мировым лидером в вопросах экологически чистых систем центрального теплоснабжения, воздействие которых на экологию минимально, а в долгосрочной перспективе правительством Дании поставлена цель 100% перехода систем центрального теплоснабжения на возобновляемые источники энергии.

#### ***Финляндия, Швеция, Норвегия***

Для Финляндии, как и для России, централизованное теплоснабжение является преобладающим, а основными источниками тепла являются уголь, природный газ, торф и нефть. Однако существенное отличие системы теплоснабжения Финляндии заключается в массовом применении комбинированного производства тепловой и электрической энергии, которое снижает до минимума негативные воздействия на окружающую среду, за что, к примеру, в 1999 г. город Хельсинки был удостоен Почетной награды ООН в этой области.

Тепловые сети Финляндии протянуты на 15 км, при этом потери составляют не более 10%. В виду того, что рынок тепла Финляндии является конкурентным, и потребители имеют доступ к разным системам теплоснабжения, функционирующим на территории страны, качество оказания услуг находится на довольно высоком уровне, обеспечивая при этом надежность и эффективность работы системы, а также приемлемый уровень цен.

Для Швеции также характерно в большей степени использование централизованной системы теплоснабжения, которая находится в управлении муниципальных предприятий, которые, как правило, также ответственны за электроснабжение потребителей.

Особенность системы отопления Норвегии обусловлена наличием большого количества дешевой электроэнергии в стране за счет развития гидроэнергетики и ветроустановок. Поэтому доля электроотопления в Норвегии достигает 70%. Централизованная система отопления в стране присутствует, но также имеет свои особенности: основными источниками энергии для выработки тепла в этих системах являются отходы (49%) и нефть (20%).

#### ***Германия***

Особенностью рынка тепла Германии является, во-первых, его масштабы (он крупнейший среди стран Европы), а во-вторых, присутствием в большей степени децентрализованного подхода, нежели централизованного (на долю централизованного теплоснабжения приходится около 14% всего рынка теплоснабжения).

Энергетическая политика Германии, как и в других странах Европы, направлена на соблюдение экологической повестки, поэтому приветствуется использование когенерации в больших объемах, возобновляемых источников (доля которых в системах централизованного теплоснабжения к 2030 г. должна оставить 30%) и энергоэффективных мероприятий.

Жители самостоятельно выбирают, какую систему теплоснабжения эксплуатировать: централизованное или децентрализованное. Однако здесь стоит заметить, что конкурентоспособность централизованного теплоснабжения достигается за счет того положения, что тарифы на тепловую энергию от централизованной системы теплоснабжения не должны быть больше затрат от индивидуального теплоснабжения.

### ***Франция***

Во Франции управлять теплосетями могут как муниципальные, так и частные компании, причем объем управления частными компаниями куда выше, чем муниципальными. В стране практически нет крупных тепловых сетей, а когенерация развивается с каждым годом из-за роста стоимости ресурса, в первую очередь, природного газа. В стране развита система теплоснабжения на альтернативном топливе: достаточно много развивается мини-ТЭЦ и котельных на биомассе, а также заводов по выработке тепло- и электроэнергии на базе сжигания твердых бытовых отходов. При выработке тепловой энергии в приоритете сначала источники по сжиганию мусора потом уголь, природный газ, и только потом мазут. Занимательным фактом является то, что во Франции (в Париже) функционирует самая большая в мире система централизованного хладоснабжения - в городе имеется «холодная» тепловая сеть, по которой напрямую от ТЭЦ подается холод потребителям.

### ***Исландия***

Исландия развивает централизованную систему теплоснабжения, однако заметно выделяется из мирового опыта теплоснабжения за счет источника энергии. Подавляющая часть (96%) тепла в центральной системе теплоснабжения достигается за счет использования геотермальной энергии, запасы которой в недрах Исландии огромны. Остальные 4% тепла получают от электрических котлов.

### ***Китай***

В Китае исторически сложилось централизованная система теплоснабжения, которая проектировалась в пятидесятые годы прошлого века при поддержке Советского Союза. Масштабное развитие системы центрального теплоснабжения произошло в начале 2000-х годов, когда в результате значительного экономического роста резко возросла динамика строительства и ввода в эксплуатацию жилья, что потребовало развития соответствующей инфраструктуры. Тепловой рынок Китая считается одним из самых масштабных и по протяженности, и по охвату потребителей. Однако для этого рынка характерен запрет в черте города на сжигание угля из-за жестких ограничений по экологии, поэтому система когенерации в стране развита на высоком уровне: более 60% тепла в центральных системах достигается за счет комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Кроме того, в перспективе применение, наряду с традиционными источниками тепла, возобновляемых и альтернативных источников. Тарифы, которые устанавливаются по методу затрат, в которые включена норма прибыли не более 3%, регулируются в основном местными властями.

### ***Казахстан***

В Казахстане развито централизованная система отопления, однако приветствует работа котлов не на газе, а на угле, из-за дороговизны газового ресурса. Особенностью тарифной системы Казахстана в данной сфере является тот факт, что согласно закону, потребитель оплачивает свое присоединение, а теплоснабжающая организация в течение 10 лет компенсирует потребителю затраты на подключение через снижение тарифа.

### ***США***

Исторически в США городское отопление развивалось за счет индивидуального печного отопления, поэтому в этой стране централизованное отопление менее развито, чем в

странах, рассмотренных выше. Кроме того, инфраструктура, в частности, электростанции, территориально расположены довольно далеко от городов, что также делает централизованно отопление экономически не выгодным для большинства потребителей. Эти электростанции обычно обеспечивают теплом промышленные и социальные объекты или территории с плотной застройкой.

Однако системы централизованного отопления (которых насчитывается в стране более 600 шт.) существуют в крупных мегаполисах страны: Нью-Йорке, Бостоне, Сан-Франциско и др. За качеством и бесперебойностью центрального теплоснабжения следят довольно серьезно. Кроме того, нет единого тарифа для всех потребителей: цена за подключение формируется индивидуально. Но потребитель в любой момент может отказаться от услуг централизованного теплоснабжения и установить индивидуальную систему теплоснабжения, поэтому представители рынка централизованного теплоснабжения предлагают конкурентные условия и по цене, и по качеству своих услуг.

## **ВЫВОДЫ**

Несмотря на то, что рассмотренные подходы к системе теплоснабжения в разных странах имеют свои особенности и отличия, большинство из них объединяет попытки решить вопросы, связанные с обеспечением качественного и надежного теплоснабжения, с одной стороны, и повышением энергоэффективности и энергосбережения, а также заботой об экологии, с другой стороны. И в этой части у стран Европы накопился уже довольно богатый и полезный опыт [3]. И в этом направлении можно говорить о перспективном развитии централизованного отопления за счет активного применения альтернативных и возобновляемых источников энергии, которые позволят добиться более высокого уровня энергетической, экологической и экономической эффективности систем отечественного теплоснабжения.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Любимова Н.Г., Новоселова И.Ю.* Реформирование рынка тепла в России. Материалы VIII Международного научного конгресса «Трансформация предпринимательской деятельности: новые технологии, эффективность, перспективы». Москва, 22-23 мая 2020 г. – С. 263-270.
2. *Малкова Т.Б., Малков А.В.* Проблемы повышения инновационной деятельности предприятий теплоснабжения региона. // Экономика промышленности. – 2018. – №2 (Том 11). – С. 169 - 176. DOI: 10.17073/2072-1633-2018-2-169-176
3. *Пузаков В.С.* Теплоснабжение по-европейски. // Новости Теплоснабжения. – 2008. - №8 (96). – С.18-23.
4. *Стенников В., Пеньковский А.* Рынок тепла: мировой опыт развития централизованного теплоснабжения. // Энергетическая политика. – 2021. - №10. – С. 64-75.
5. *Терентьева А.С.* Анализ основных проблем централизованного теплоснабжения в России на современном этапе. С.253-273. DOI: 10.47711/2076-318-2020-253-273
6. Федеральный закон от 27 июля 2010 года N 190-ФЗ «О теплоснабжении» (с изменениями 02.07.2021 г.).
7. *Цуверкалова О.Ф.* Анализ современного состояния и тенденций развития отрасли теплоснабжения в РФ // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 11-3. – С. 554-559. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://vael.ru/ru/article/view?id=1462> (дата обращения: 31.01.2022)



# КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ В ОСОБОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Д.З. Искандаров<sup>1</sup>, С.М. Бороздина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>iskandarovdaler@gmail.com

<sup>2</sup>BorozdinaSM@mgsu.ru

## Аннотация

Актуальность темы исследования обусловлена повышением значимости роли инструментов территориального развития и особых экономических зон (ОЭЗ), в частности, в совершенствовании различных аспектов строительной отрасли страны, функционирующей в усложненной макроэкономической конъюнктуре рынка. Широкая система льгот и преференций, предлагаемая в рамках ведения финансово-хозяйственной деятельности в ОЭЗ, открывает широкие перспективы по сокращению совокупных затрат и инвестиционных вложений, осуществляемых предприятиями инвестиционно-строительной сферы (ИСС) в условиях различной хозяйственной в том числе проектной деятельности на территории ОЭЗ.

Кроме того, увеличивающееся количество учреждаемых ОЭЗ из года в год является наиболее весомым подтверждением перспективности применения данного метода улучшения финансово-хозяйственного положения отрасли и различных предприятий ИСС, включенных в структуру производственных цепочек по повышению объема строительных работ в общей доле валового внутреннего продукта (ВВП) страны. Однако отсутствие методов оценки изменения материального-хозяйственного и финансового состояния предприятия ИСС при взаимодействии с ОЭЗ в условиях стремительно изменяющихся показателей состояния предприятий является ключевой проблемой, которую необходимо обозначить и решить в рамках исследования.

Существующие методы оценки финансово-хозяйственного состояния предприятий ИСС не обладают способностью оперативной трансформации из количественной в качественную форму и не позволяют унифицировать процесс принятия решений на всех уровнях управления для лиц, которые заинтересованы в ведении деятельности в ОЭЗ. По этой причине авторы статьи предлагают применить в совокупности методы инфографического моделирования и квалиметрической оценки по отношению к показателям финансово-хозяйственной деятельности изучаемого предприятия и рассчитать их динамическое изменение цепным и базисным методом. Результатом исследования является разработанный метод квалиметрической оценки финансово-хозяйственной деятельности предприятий ИСС в ОЭЗ, обладающих визуально-наглядной и качественной формой представления динамики показателей.

## ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль РФ продолжает занимать важную роль в обеспечении устойчивого экономического развития страны, сохраняя весомую долю в объеме ВВП страны [1]. На протяжении длительного периода времени отрасли удастся обеспечивать существенную капиталоемкость благодаря значительному притоку инвестиционных вложений в объекты строительства и сопутствующего производства, создавая высокую трудовую занятость и преумножая комплексные эффекты хозяйственных связей в смежных отраслях. Кроме того, наблюдается положительная тенденция по ключевым показателям, характеризующим строительную деятельность, в частности заметно увеличение вложенных в основной капитал инвестиционных средств из года в год, направленных на совершенствование аспектов ведения деятельности в отрасли [1,2]. Одним из ключевых

документов регулирующих перечень мер и мероприятий по улучшению хозяйственного состояния отрасли является «Стратегия развития строительной отрасли», которая утверждена в соответствии с иными документами стратегического развития различных отраслей и учитывает нормативно-правовую базу, обеспечивающую правоприменимость положений упомянутой ранее стратегии [2].

Таким образом, одно из критически важных направлений по совершенствованию строительной отрасли заключается в создании инструментов и методов сбалансированного пространственного развития, направленных на рациональное распределение мест трудовой и экономической активности субъектов экономики. Отсутствие комплексного подхода при использовании инструментов территориального планирования приводит к появлению инфраструктурных ограничений, вызванных отсутствием последовательного решения на изменившийся характер производственных отношений, установившийся отрасли [2]. Предполагается, что решение проблем пространственного развития лежит в необходимости формирования принципиально новых инструментов комплексного развития, складывающихся в обеспечении взаимодействия с существующими методами территориального и экономического кооперирования – особые экономические зоны (ОЭЗ), технопарки, территории опережающего социально-экономического развития [2].

В этой связи ОЭЗ способны решить задачу пространственной координации хозяйственных единиц и предприятий ИСС преобразовав их в единые сетевые структуры, объединенные прочными горизонтальными и вертикальными связями. Однако недостаточная актуальность существующих механизмов оценки финансово-экономической деятельности отдельных предприятий ИСС в их взаимодействии с ОЭЗ с точки зрения управленческой составляющей формирует ключевую цель исследования, заключающуюся в разработке комплексного квалитетрического механизма оценки финансово-хозяйственной деятельности предприятий ИСС в ОЭЗ. На сегодняшний день применяемые методы финансово-хозяйственного анализа предприятий обладают универсальностью применения по отношению к изучаемому предприятию в независимости от характера осуществляемой им экономической деятельности. Информационной базой аналитической работы являются внутренние документы, которые раскрывают структуру баланса и отчеты о движении денежных средств и финансовых результатов (прибыль и убытки). Бытуют различные мнения относительно смысловой составляющей, которая заложена в анализе финансово-хозяйственной деятельности предприятия (АФХД). Ряд исследователей убеждены, что отличительной особенностью АФХД является его системность, выраженная в экономическом и управленческом содержании, влияющая на получение итогов анализа в структурированной форме, формирующая характер решений по оптимизации финансового состояния предприятия [6].

Перечень синтезированных показателей, которые применяются при АФХД, может быть разнообразна и в большей степени зависит от целей или информационной обеспеченности процесса аналитической работы. Так в исследовании Говоровой К. А. и Ширяевой Н. В., посвященной экспресс-анализу финансово-хозяйственной деятельности предприятий авторы пришли к выводу, что не существует универсального набора коэффициентов, позволяющих сделать вывод об эффективности финансовой структуры предприятия [3]. Однако важным остается необходимость классифицирования АФХД по различным элементам, включающие субъект, объект и уровни анализа [10]. Подобная систематизация компонентов АФХД обусловлена сепарированием управляемой и управляющей части, которая воздействует на объект управления и осуществляет выработку решений, задающие вектор развития хозяйственной единицы – предприятия.

Более того, важным условием при применении АФХД становится разделение этого процесса на этапы в зависимости от цели этого анализа, чтобы произвести наиболее объективную оценку [6]. Другие ученые предполагают необходимость выделения

факторов и среды возникновения, имеющих наибольшее влияние на финансово-хозяйственную деятельность предприятия [9], при этом следует обозначить, что при АФХД существует как внешний, так и внутренние подуровни анализа, которые при комплексном использовании способны наиболее достоверно описать потоки финансовых ресурсов исследуемой хозяйственной единицы [10]. В этой связи в рамках статьи, по результатам изучения различных исследований были выделены следующие особенности, характеризующие АФХД для предприятий различной отраслевой направленности и условий ведения деятельности, изложенные в таблице 1.

Таблица 1. Свойства-особенности, характеризующие АФХД для предприятий различной отраслевой направленности.

| № | Свойство                         | Краткая характеристика  |
|---|----------------------------------|---|
| 1 | Универсальность                  | Возможность применения АФХД для предприятий различной отраслевой направленности, используя в качестве информационной базы – документы бухгалтерской отчетности изучаемого предприятия |
| 2 | Системность элементов            | Обязательное наличие объектов и субъектов АФХД, выполняющих различные функции, обусловленные задачей по оценке финансового состояния изучаемого предприятия                           |
| 3 | Ретроспективность                | Изучение данных за прошедшие несколько периодов, направленное для определения динамики и тенденций изменения показателей, которые применяются в рамках АФХД                           |
| 4 | Согласованность                  | Разграничение управляемой и управляющих уровней, что позволяет наиболее объективно оценивать итоги анализа  |
| 5 | Комплексность при учете факторов | Данное свойство необходимо для изучения характера отрасли и степени конкуренции в разрезе финансовой устойчивости предприятия   |

Обобщая все вышесказанное авторы считают необходимым усовершенствовать применяемый метод АФХД в условиях ведения инвестиционно-строительной деятельности в ОЭЗ, используя квалитетическую оценку, которая способствует возможности преобразования количественных данных получаемых в ходе расчета показателей финансово-хозяйственной деятельности в качественную форму путем ранжирования и определения тех величин, которые в наибольшей степени отклонились от плановых значений, установленных руководством изучаемого предприятия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Важнейшим свойством проводимого научного исследования является его строгая научная последовательность, подкрепляемая теоретическими положениями по изучению рядов динамики, их вычислению и прогнозированию. Практическая значимость предлагаемого в рамках исследования изменения подхода АФХД заключается в оценке эффективности финансового состояния предприятия ИСС в ОЭЗ по различным периодам, определив характер его изменения до ведения деятельности в ОЭЗ и после, путем сравнения среднегодового темпа прироста показателей.

Применяемый в исследовании метод квалитетической оценки – это совокупность разнообразных способов измерения количественных изменений изучаемого явления, процесса или объекта на основе принятых в рамках оценочной деятельности показателей, которые синтезированы в соответствии с заранее установленными критериями или стандартами. В дальнейшем количественные данные преобразуются в качественную форму, основываясь на разработанных и принятых профилях репрезентации

количественных результатов, которые выделяют положительные или отрицательные тенденции динамики показателей [7,8].

Более того, каждый из результатов расчета показателей обладает качественной интерпретацией, которая повышает эффективность принятия управленческих решений в условиях оперативной срочности. Методика проводимого исследования строится в соответствии с принципами проведения многомерного шкалирования [7], рассчитанного на моделирование процесса взаимодействия предприятия ИСС и ОЭЗ в аспекте оценки его финансово-хозяйственной деятельности в ОЭЗ и вне ОЭЗ. Для разработки положений по применению квалиметрии для оценки финансово-хозяйственной деятельности предприятия ИСС в ОЭЗ были использованы следующие методы исследования:

1. Теоретический анализ, выбранной совокупности показателей оценки АФХД предприятия ИСС, который осуществлен по принципу практической адаптивности целями анализа;
2. Синтез профильных систем репрезентации количественных результатов АФХД предприятия ИСС, учитывая характер изменения показателей при ведении деятельности в ОЭЗ;
3. Моделирование процесса конвергенции (преобразования) показателей АФХД предприятия ИСС в условиях ОЭЗ;
4. Расчет базисных и цепных показателей рядов динамики, которые необходимы для определения их среднегодового прироста, с целью установления величин отклонения фактических (отчетных) значений от плановых (базовых)
5. Ранжирование результатов отклонения и последующее определение наиболее колеблющихся показателей, что делает возможным принятие решений, обладающих качественной и количественной характеристикой и информационной ценностью для руководителей предприятия.

Существует значительное количество методик и подходов, которые определяют порядок отбора и степень углубленности проводимого анализа финансового состояния предприятия. Неизменным является следующая совокупность показателей, которую можно назвать базовой:

- показатели финансовой устойчивости, которые представлены абсолютными и относительными величинами;
- показатели деловой активности, отражающие скорость оборота капитала предприятия;
- показатели рентабельности, демонстрирующие соотношение величины прибыли и различных групп активов, которые её формируют;
- показатели платежеспособности и ликвидности, выражающие степень возможности предприятия нести финансовую ответственность по своим обязательствам и скорость преобразования активов в денежные средства, являющейся наиболее ликвидной формой активов.

Особенность проведения АФХД для предприятий ИСС обусловлена спецификой самой строительной отрасли, характеризующейся длительным производственным циклом конечной продукции, сложной структурой участников реализации ИСП и порядком ведения работ, значимым влиянием климатических условий на деятельность строительных бригад и еще множеством других особенностей. Исходя из вышеизложенных свойств для АФХД предприятия ИСС необходимым является установление имущественной доли внеоборотных активов в общей структуре капитала и величины основных средств и чистых активов в комплексной стоимости всего имущества изучаемого предприятия. Следовательно, для осуществления квалиметрической оценки авторы исследования предлагают рассчитывать темпы роста и изменения динамики показателей цепным и базисным методом, что позволяет выявить тенденции рассчитываемых величин по отношению к другу друг за определенный период времени в

переменчивых условиях. В таблице 2 проиллюстрирован порядок и перечень калькуляции показателей АФХД предприятия, позволяющая выявить интенсивность изменений рядов динамики от периода к периоду.

Таблица 2. Калькуляция изменения показателей АФХД

| № | Группа показателей АФХД          | Показатели (значение) |         |                |                |         |                |                |         | Ряд динамики   |                |                |                |         |                |
|---|----------------------------------|-----------------------|---------|----------------|----------------|---------|----------------|----------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|----------------|
|   |                                  | Отчетный              |         |                |                | Базовый |                |                |         | Цепной         |                |                | Базисный       |         |                |
|   |                                  | $\Delta y_n^ц$        | $T_n^ц$ | $\Delta T_n^ц$ | $\Delta y_n^б$ | $T_n^б$ | $\Delta T_n^б$ | $\Delta y_n^ц$ | $T_n^ц$ | $\Delta T_n^ц$ | $\Delta y_n^б$ | $T_n^б$        | $\Delta T_n^б$ |         |                |
| 1 | Финансовая устойчивость          | n                     | n       | n              | n              | n       | n              | n              | n       | $\Delta y_1^ц$ | $T_1^ц$        | $\Delta T_1^ц$ | $\Delta y_1^б$ | $T_1^б$ | $\Delta T_1^б$ |
| 2 | Деловая активность               | n                     | n       | n              | n              | n       | n              | n              | n       | $\Delta y_2^ц$ | $T_2^ц$        | $\Delta T_2^ц$ | $\Delta y_2^б$ | $T_2^б$ | $\Delta T_2^б$ |
| 3 | Рентабельность                   | n                     | n       | n              | n              | n       | n              | n              | n       | $\Delta y_3^ц$ | $T_3^ц$        | $\Delta T_3^ц$ | $\Delta y_3^б$ | $T_3^б$ | $\Delta T_3^б$ |
| 4 | Ликвидность и платежеспособность | n                     | n       | n              | n              | n       | n              | n              | n       | $\Delta y_4^ц$ | $T_4^ц$        | $\Delta T_4^ц$ | $\Delta y_4^б$ | $T_4^б$ | $\Delta T_4^б$ |

Множество исследователей убеждены в необходимости первоначального проведения экспресс-анализа, который направлен на получение оперативной информации о финансовом состоянии предприятия, что в дальнейшем позволяет предоставить оперативный вывод и результат, который требуется для принятия решения о перспективах взаимодействия между предприятиями ИСС и ОЭЗ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам исследования была сформирована и апробирована принятая совокупность показателей АФХД, которую (в соответствии с целями анализа или спецификой хозяйственной отрасли) следует качественно интерпретировать, разработав профильные системы репрезентации результатов, указывающие на тренд динамики показателя – положительный или отрицательный.

Кроме того, ценность и практическая значимость данного авторского подхода заключается в возможности преобразования количественных данных в качественную форму в короткие сроки, что положительно влияет на объективность управленческих решений в аспекте совершенствования деятельности предприятия ИСС, в таблице 3 демонстрируется принцип работы профильной системы репрезентации результатов на примере предприятия ИСС «МЕЛМАКС», на основании документов бухгалтерской отчетности.

Таблица 3. Профильная система репрезентации результатов АФХД

| Группа показателей АФХД                 | Значение по годам |      |      |       |      | Тенденция |   | Ранжирование (R)<br>R:=1..5 |
|---|-------------------|------|------|-------|------|-----------|---|-----------------------------|
|   | 2021              | 2020 | 2019 | 2018  | 2017 | +         | - |                             |
| <b>Финансовая устойчивость</b>          |                   |      |      |       |      |           |   | n                           |
| <i>Коэффициент автономии</i>            | 0,9               | 0,6  | 0,87 | 0,91  | 0,93 | +         |   |                             |
| ...                                     |                   |      |      |       |      |           |   |                             |
| <b>Деловая активность</b>               |                   |      |      |       |      |           |   | n                           |
| <i>Фондоотдача</i>                      | 59,5              | 54,5 | 17,9 | 16,02 | 15,3 | +         |   |                             |
| <b>Рентабельность</b>                   |                   |      |      |       |      |           |   | n                           |
| <i>Рентабельность активов</i>           | 0,07              | 0,02 | 0,06 | 0,08  | 0,04 | +         |   |                             |
| <b>Ликвидность и платежеспособность</b> |                   |      |      |       |      |           |   | n                           |
| <i>Текущая ликвидность</i>              | 10,1              | 2,6  | 7,4  | 9,45  | 10,2 | +         |   |                             |

В рамках исследования совокупность показателей АФХД изучаемого предприятия была сокращена для улучшения восприятия результатов расчета в наглядной для дальнейшего анализа форме. Характер тенденции и ранжирование группы показателей проводится посредством определения среднегодового темпа роста и прироста, подсчет значения представлен ниже, на примере калькуляции коэффициента автономии.

$$\bar{T} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} * 100 \quad (1)$$

$$\Delta T = \bar{T} - 100 \quad (2)$$

- где, n – количество лет,
- $y_n$  – значение показателя отчетного периода.
- $y_1$  – значение показателя базового периода
- $\Delta T$  – среднегодовой темп прироста

$$\sqrt[4]{\frac{0,9}{0,93}} * 100 = 0,99 * 100 = 99\%;$$

$$99 - 100 = -1\%$$

Полученное значение показывает, насколько уменьшился или увеличился в процентах показатель в рамках рассматриваемого периода. Аналогичным образом необходимо провести расчет всех групп показателей АФХД, которые в дальнейшем суммируются, что дает возможность определить интегральный показатель темпов прироста и распределить их от большего к меньшему. Характер же тенденции демонстрирует степень приближенности значений величин к величине базового периода, что в рамках исследования принимается за начало анализа динамики – раннего года.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемый авторами подход по оценке финансово-хозяйственного состояния предприятий ИСС обладает универсальностью и простотой применения, поскольку не предполагает необходимости изменения набора и совокупности показателей. Изложенная авторами методика предусматривает возможность вычисления и сравнения каждого из уровней рядом динамики с базисным, выявляя интенсивность изменений значений, что дает возможность абстрагироваться от изучения недостоверных групп показателей. При этом для объективности результатов исследования так же применяется и цепной метод расчета рядов динамики, направленный на сравнение двух рядов динамики – текущего и предыдущего.

Существенным преимуществом разработанной методики является определение интегральных величин рядов динамики, которые выражают степень изменения изучаемой группы показателей. Итог сравнения преобразуется в качественную форму благодаря разработанным профильным системам репрезентации результатов, выполняющих задачу по организации данных в упрощенный и структурированный для дальнейшего управленческого применения вид.

Авторы исследования полагают, что дальнейшие исследовательские усилия следует оказывать в сторону моделирования процессов взаимодействия предприятий ИСС и ОЭЗ и осуществлению прогнозирования изменения показателей под действием различных внешних и внутренних факторов среды субъектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Строительство в России. 2020: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2020. – 113 с.
2. Проект стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (Электронный ресурс: V-Strategiya-na-sayt-i-GASU.pdf (minstroyrf.gov.ru))
3. *Говорова, К. А.* Экспресс-анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия / К. А. Говорова, Н. В. Ширяева // Приоритетные направления развития науки и образования. – 2014. – № 3(3). – С. 237-240.
4. *Захарова, А. Р.* Экономико-математический анализ показателей финансово-хозяйственной деятельности ПАО "Газпром" / А. Р. Захарова // Вестник современных исследований. – 2017. – № 5-1(8). – С. 211-213.
5. *Тюрин, С. Б.* Анализ результатов финансово-хозяйственной деятельности промышленных предприятий / С. Б. Тюрин, А. Д. Бурькин // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). – 2016. – № 4(33). – С. 49-59.
6. *Черников, Ф. И.* Экономический анализ и его роль в финансово-хозяйственной деятельности предприятия / Ф. И. Черников, И. А. Дидишев // Матрица научного познания. – 2021. – № 6-2. – С. 142-147.
7. *Чулков, В. О.* Инфографическое моделирование многокомпонентных систем / В. О. Чулков, Н. М. Комаров, И. А. Левин // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 4(51). – С. 218-233. – DOI 10.12737/4867.
8. *Чулков, В. О.* Инфографическое моделирование многокомпонентных систем / В. О. Чулков, Н. М. Комаров, И. А. Левин // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 4(51). – С. 218-233. – DOI 10.12737/4867.
9. *Щербак, Ю. А.* Анализ рентабельности финансово-хозяйственной деятельности предприятия в современных условиях / Ю. А. Щербак, А. Е. Тарутина // Вестник молодежной науки. – 2018. – № 5(17). – С. 1
10. *Щербинина, А. Г.* Критерии формирования и анализ управленческой отчетности с позиции учета рисков финансово-хозяйственной деятельности предприятий / А. Г. Щербинина // Успехи современной науки и образования. – 2017. – № 7. – С. 36-39.

# АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВВЕДЕНИЯ ПРОЕКТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ В РФ

М.Ю. Мишланова<sup>1</sup>, В.О. Щербанёва<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*mishlanova\_m@mail.ru*

<sup>2</sup>*leria152001@mail.ru*

## Аннотация

С развитием жилищного строительства возникла необходимость в специальном механизме, позволяющем учесть интересы дольщиков и застройщиков с целью достижения максимальной выгоды для всех вовлечённых сторон. Эскроу-счета в рамках проектного финансирования позволили решить главную проблему договоров долевого участия, минимизировать риски потерь дольщиков при банкротстве застройщиков. Депоненты и бенефициары используют эскроу-счета банковских систем, данный факт и иные факты имеют следствием некоторые проблемы финансирования жилищного строительства. В статье выявлены базовые факторные влияния и на основе качественного анализа и представлены последствия введения проектного финансирования.

## ВВЕДЕНИЕ

Проектное финансирование предполагает финансирование инвестиционных проектов, при котором источником обслуживания долговых обязательств являются денежные потоки, генерируемые проектом. Предпосылкой к переходу на проектное финансирование послужил рост банкротства среди строительных компаний. В частности на январь 2019 года он составлял 65% к 2018 году, а объём незавершённой стройки был равен 9,9 млн. кв. метров [5]. Замороженные объекты строительства – проблема для государства, так как необходимо организовать компенсацию потерянных вложений и разработать комплекс мероприятий по восстановлению недостроенных объектов. Смена финансового механизма позволила сделать банкротство способом восстановления прав дольщиков, которым банк обязан выплатить вложенные средства.

С 01 июля 2019 для договоров долевого участия стало обязательным применение эскроу-счетов – счетов в банке, где деньги дольщика замораживаются до исполнения застройщиком всех обязательств. Теперь закон о долевом строительстве ФЗ-214 [3] требует от бенефициаров (застройщиков) гарантий возврата депонентам (дольщикам) вложенных денежных средств в случае банкротства строительной компании через эскроу-агентов (банки).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование построено на изучении, анализе, обобщении опыта проектного финансирования жилищного строительства, эти методы позволили полноценно изучить последствия введения эскроу-счетов в рамках проектного финансирования. Механизм и предпосылки к его применению были рассмотрены с правовой и экономической точки зрения. Затем были использованы аналитические данные и обобщение для выявления ключевых факторов влияния, которые наиболее точно отражают социально-экономические результаты. Качественный факторный анализ и элементы прогнозирования использовались для обозначения приоритетных направления развития механизма.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 1 изображены факторы, которые повлияли на строительную отрасль после появления механизма эскроу-счетов в рамках проектного финансирования.





**Рис. 1.** Факторы влияния механизма эскроу-счетов

Рассмотрим первый фактор – уровень конкуренции и концентрации в строительной отрасли. Неизбежным был уход мелких компаний с рынка – это сократило риск роста объёма незавершенных объектов, образующихся по причине банкротства. Однако важно учесть уровень концентрации рынка после потери наименее значимых игроков. Индекс Херфиндаля-Хиршмана в 2022 г. составляет 783,4, что говорит о низкой концентрации рынка, но в динамике данный показатель увеличился по отношению к 2021 г. на 17,7% [4]. Скорее всего, большой угрозы монополизации нет, ведь механизм проектного финансирования направлен на оценку банком конкретного проекта, а не фирмы в целом, но барьеры входа на рынок всё равно высоки из-за больших издержек и растянутости строительства во времени. Так, в Москве объёмы строительства наращиваются, а в остальных ведущих в отрасли регионах они снизились (рис. 2) [4]. По данным ДОМ.РФ [4] Ненецкий АО, Чукотский АО, Камчатский край и Еврейская АО и вовсе не имеют многоквартирного жилья в стадии строительства. При дальнейшем развитии механизма эскроу-счетов следует учесть необходимость стимулирования строительства в ряде субъектов РФ.



**Рис. 2.** Объем жилищного строительства в регионах, млн. р.

Перейдём к фактору – появление проверки прибыльности проектов эскроу-агентами. Компания-бенефициар должна провести изыскательные работы, оформить права на земельный участок, получить разрешение на строительство, подготовить проект застройки на момент обращения за финансированием, а её имущественные права будут выступать залогом. Ранее девелоперы использовали средства, напрямую поступившие от дольщиков, теперь могут рассчитывать на одобрение проекта лишь если банк посчитает их проект прибыльным. Основной показатель оценки – запас прочности погашения кредита, рассчитываемый формулой:

$$LLCR = \frac{\text{Выручка от реализации}}{\text{Кредит + проценты}} \quad (1)$$

Если  $LLCR > 1,25$ , то финансирование вероятно. На банки также возложены новые обязательства: проведение многофакторной оценки проекта, отслеживание объёмов средств на эскроу-счетах и зависящих от перекрытия ими задолженности ставок по кредитам. До появления проектного финансирования дольщики могли обратиться в банк за аккредитивом, и, в отличие от эскроу-счёта, он имел меньше свободы для первых, банк брал комиссию за его открытие и не покрывал страхованием. Поэтому после введения эскроу-счетов не все банки получают право выступать в качестве эскроу-агентов.

С позиции депонента главным преимуществом является высокий уровень защищённости от невыполнения бенефициаром своих обязательств. Но при банкротстве самого эскроу-агента или приобретения имущества на сумму, превышающую 10 млн. руб., страховая выплата будет ниже вложенных средств. Однако при желании дольщиков продолжить строительство после банкротства застройщика банк будет заинтересован в поиске другой компании для передачи обязательств.

Следующим фактором-следствием применения эскроу-счетов является ставка по проектному финансированию. Чем выше перекрытие задолженности строительных компаний размером средств на счете, тем ниже ставка. На рисунке 3 [4] мы видим, что в 2020 году средства на счетах не перекрывали кредиты, а к 2022 году размер средств на эскроу-счетах превысил текущую задолженность.



**Рис. 3.** Сумма средств на эскроу-счетах, трлн. руб.

От размера перекрытия средств зависит ставка по проектному финансированию: чем больше средства на эскроу-счетах превышают задолженность застройщика, тем ниже ставка. В таблице 1 [4] по данным Банка России большинство компаний (86%) сохраняют низкую ставку. Многие эксперты отмечают устойчивость проектного финансирования к санкциям, потому как рыночные процентные ставки за тот же период возросли гораздо сильнее ставок для девелоперов, что крайне важно в условиях новой экономической реальности.

Таблица 1. Задолженность застройщика и уровень покрытия задолженности эскроу-счетами, млрд. руб., %

|  | Ставка по проектному финансированию |       |      |       |        |        |      |
|--|-------------------------------------|-------|------|-------|--------|--------|------|
|  | >1%                                 | 1-4%  | 4-8% | 8-12% | 12-16% | 16-20% | >20% |
| <b>Задолженность на 01.07.22,</b><br>млрд. руб.    | 975                                 | 1 306 | 784  | 322   | 163    | 22     | 12   |
| <i>в % от задолженности</i>                        | 27,2                                | 36,4  | 21,9 | 9,0   | 4,5    | 0,6    | 0,3  |
| <b>Уровень покрытия</b><br><b>задолженности, %</b> | 160                                 | 93    | 67   | 38    | 35     | 31     | 3    |

Перейдём к анализу появления ипотеки без первого взноса. Застройщики теперь могут заключить договоры с банками и предоставить ипотеку без первого взноса [1], что значительно повысило спрос на строительство, а это значит, что теперь застройщики могут быстрее перекрывать задолженность и сделать строительный процесс более эффективным. Не смотря на рост цен из-за доступной ипотеки (15%), во втором квартале 2022 цены стабилизировались, и реальный рост составляет 3,2%.

Рассмотрим последний выделенный фактор – доверие со стороны депонентов. Безусловно, фактор доверия крайне важен, так как механизм эскроу-счетов подразумевал решение проблемы обманутых дольщиков. Доверие к застройщикам возросло: гарантии, предоставляемые эскроу-агентами и страховыми компаниями, существенно повысили спрос на покупку жилья на этапе строительства.

По результатам факторного анализа рассмотрим изменение цен, объёмов строительства и доступности жилья, так как доля влияния выделенных факторов в рамках анализа присутствует в данных важных показателях. На рисунке 4 видно, что объём непроданного жилья составляет 60 млн. кв. метров во II квартале 2022 года и остаётся ниже «доковидного» (2019 – 65 млн. кв. метров.) [4].

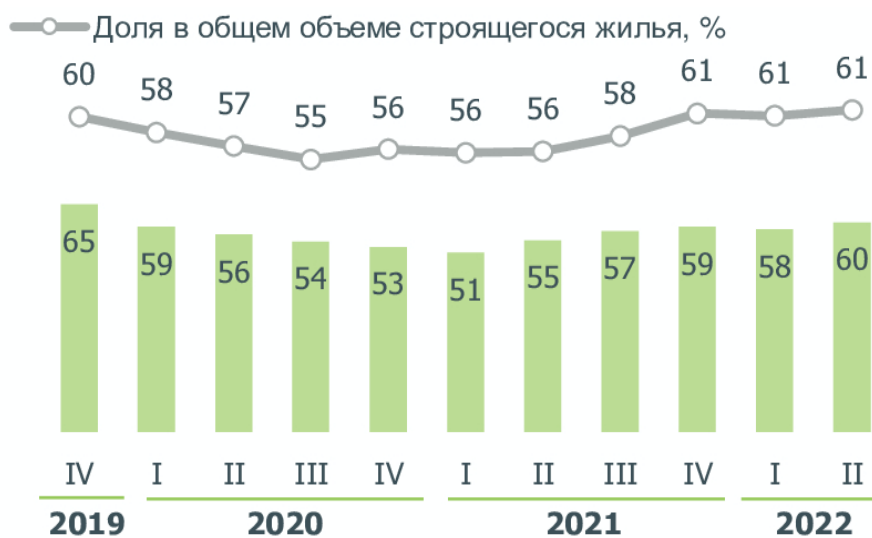
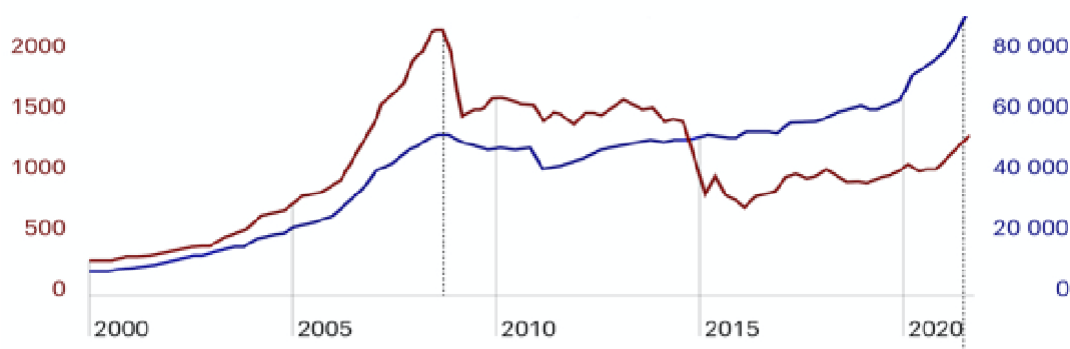


Рис. 4. объём непроданного жилья, млн. кв. м.

Аналитические данные позволяют понять, что рост непроданного жилья в 2022 году связан со снижением спроса на недвижимость, а его доля в общем объёме строительства возросла из-за запуска новых проектов, объём которых составил 9,7 млн кв. м за II кв. (+12% к предыдущему кварталу, но -24% к II кв. 2021 г.). Во II кв. застройщики ввели в эксплуатацию 7,1 млн кв. м многоквартирного жилья (+16% к 2021 году).

Говоря о стоимости жилья, на рисунке 5 мы видим её рост после 2019 года в рублях с 60 000 р. до 80 000 р. [6].



**Рис. 5.** Стоимость 1 кв. м. жилья в РФ за 2000-2020 г., р., долл.

После перехода на применение эскроу-счетов 84% компаний РФ, цены на жильё стабилизировались, как отмечают многие эксперты, обвала рынка не случилось. Также коэффициент доступности жилья вырос до 4,4 года в II кв. 2022 г. Это говорит о том, что снизилось количество, лет, за которое семья будет копить деньги на квартиру. Это ещё раз подтверждает важность перехода на эскроу-счета тех регионов, где это ещё не распространено.

## ВЫВОДЫ

Можно полагать что, механизм проектного финансирования в целом оказался успешным. Уровень концентрации на рынке демонстрирует сокращение компаний-застройщиков, что положительно сказалось на надёжности проектов, однако существует опасность снижения конкуренции и недостатка предложения в ряде регионов. Ключевая ставка по кредиту по проектному финансированию находится на низком уровне из-за перекрытия счетов. Благодаря механизму появилась возможность предоставления ипотеки без первого взноса, что, возможно, повлияло на цену недвижимости, но в то же время увеличило доступность жилья. Безусловно, доверие к застройщикам среди населения возросло, всё больше людей готовы вкладываться в жильё на этапе строительства. Однако государству следует обратить внимание на проблему регионов и популяризировать программы помощи строительным компаниям, учитывать это при составлении плана национальных проектов. Также нельзя не отметить положительно сказывающуюся на отрасли мотивацию застройщиков, ведь учитывая невозможность использовать деньги дольщиков, девелоперы теперь стремятся снизить процентную ставку кредитования путём покрытия суммы задолженности суммой на эскроу-счетах, что возможно лишь при высоком спросе на жильё и доверии граждан.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Катвицкая М.Ю. Новые правила для застройщиков и покупателей: эскроу-счет в долевом строительстве // Право и экономика. – 2019. – № 5.
2. Кислов С.С. О праве застройщиков привлекать денежные средства участников без использования счетов эскроу // Строительство: бухгалтерский учет и налогообложение. – 2019. – № 6.
3. Федеральный закон «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов» от 30.12.2004 № 214-ФЗ
4. ДОМ.РФ /Обзор строительства 2022 URL: <https://дом.рф/upload/iblock/751/cvot822q0rv8zdvvqzv12bmiq3t9a4zh.p>
5. Мишланова М.Ю., Дубовая В.А. Проблемы взаимодействия застройщика, потребителя и банка в условиях проектного финансирования жилищного строительства // Финансовый менеджмент. – 2020. № 6. С. 63-70. URL: <https://dis.ru/library/annotation/63/36200/>
6. ЦСР / Рынок строительства и недвижимости URL: <https://www.csr.ru/ru/>
7. Чакински А.И. Эскроу-счета как еще один способ сравнительно честного отъема денег // Жилищное право". – 2019. – № 9.
8. Шестакова М.И. Правительство указало, когда застройщики могут не использовать эскроу-счета // ЭЖ-Юрист. – 2019. – № 16.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ BIM В ПРОЕКТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Е.А. Баутин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,  
evgeniybautin@mail.ru

### Аннотация

В статье рассмотрены основные статьи дополнительных расходов в период внедрения BIM в проектных организациях. Определены задачи BIM-менеджера на начальном этапе внедрения. Сформирован минимальный перечень программного обеспечения и техники для работы в общей информационной модели. Рассмотрены варианты обучения персонала новым программным комплексам. Дана оценка спаду производительности сотрудников во время обучения и начального внедрения BIM. На основании проведенного исследования представлена сводная таблица статей расходов, связанных с этапом внедрения. Представлены дальнейшие перспективные направления исследований по вопросам внедрения BIM в проектных организациях.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проектные организации в России стоят на пороге массового перехода на использование программных комплексов BIM. Этому активно способствуют факторы государственного влияния (разрабатываются нормативные документы для внедрения инноваций в строительную отрасль («Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства до 2030 года с прогнозом до 2035 года.» [1]) и состояние инвестиционно-строительного рынка в целом. Кроме того, степень освоения и внедрения новых программных комплексов напрямую влияет на уровень конкурентоспособности проектных организаций [2].

Одной из проблем внедрения программных комплексов BIM является отсутствие обоснованных мероприятий по реализации финансовой политики деятельности проектных организаций, в частности, поэтапного финансово-управленческого плана действий. В связи с этим представляется актуальным рассмотреть внедрение в организацию новых технологий с финансовой точки зрения, определить затраты, необходимые для интеграции BIM-технологии в деятельность проектной организации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование, выполненное автором, проводилось на основе материалов анализа деятельности проектной организации, относящейся к микропредприятию (со штатным расписанием 15 человек - Таблица 1), которая приступила к внедрению BIM-технологий. В рассматриваемой проектной организации основной объем штата составляет группа Главного инженера проекта (ГИПа), это позволяет на начальном этапе развития бизнеса (выход на рынок проектных услуг 1-3 года) выполнять разработку всех разделов проектной документации в соответствии с ПП РФ №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [3] (полный цикл проектирования). Для оптимизации затрат, смежные разделы (разделы проектной документации ИОС (инженерное оборудование и сети- электроснабжение, водоснабжение/ водоотведение, отопление/ вентиляция/ кондиционирование и т.д.) передаются сторонним подрядчикам, контроль качества выпускаемой проектной документации обеспечивает группа ГИПа (обоснованность технических решений, нормоконтроль проектной документации). На следующем этапе внедрения BIM для устойчивого развития проектной организации требуется расширение штата за счет приглашения инженеров-разработчиков ИОС.

Таблица 1. Штатное расписание проектной организации

| №     | Сотрудник                  | Кол-во |
|-------|----------------------------|--------|
| 1     | Генеральный директор       | 1      |
| 2     | Секретарь (офис-менеджер)  | 1      |
| 3     | Главный бухгалтер          | 1      |
| 4     | Главный инженер            | 3      |
| 5     | Помощник главного инженера | 3      |
| 6     | Главный архитектор         | 1      |
| 7     | Ведущий архитектор         | 2      |
| 8     | Главный конструктор        | 1      |
| 9     | Ведущий конструктор        | 2      |
| Итого |                            | 15     |

Процесс проектирования с применением BIM-технологий устроен таким образом, что все участники взаимодействуют в едином цифровом пространстве, следовательно, обучение новым программным комплексам должны проходить не только инженеры-разработчики, но и весь проектный отдел, включая технического директора, ГИПов, помощников ГИП и т.д. В случае рассматриваемой организации это- группа ГИПа и разработчики проектной документации (пп.4-9 Таблица 1).

Руководству проектной организации необходимо учитывать, что на начальном этапе перехода на новые программные комплексы снижение скорости подготовки проектной документации будет неизбежным. Согласно исследованию, проведенному Граховым В.П. и соавторами [4], срок перехода на новые программные комплексы равен 15-16 месяцев (период выхода проектной организации на прежний уровень продуктивности и дальнейший рост производительности), с учетом восстановительного периода производительности труда- 6 месяцев. Подтверждение таких сроков перехода получил в процессе исследования и автор настоящей работы, однако, на основании опроса руководителей проектных организаций было установлено, что оптимальный срок, который стоит предусматривать как период внедрения BIM равен 16-18 месяцев с учетом критического отрезка (снижение скорости подготовки проектной документации во время обучения и начального внедрения) 6-8 месяцев.

Для определения общих затрат, необходимых для внедрения BIM в деятельность проектной организации автором были рассмотрены следующие статьи дополнительных затрат в период внедрения:

1. Расширение штата за счет введение должности BIM-менеджера (BIM-координатора);
2. Приобретение программного обеспечения и техники;
3. Обучение сотрудников работе на основе BIM-технологий;
4. Затраты, связанные со спадом производительности специалистов во время обучения.

На основе полученных в исследовании материалов был использован ряд методов (анализ данных и их обобщение) для определения затрат на мероприятия по внедрению BIM-технологий на основе рассмотрения поэлементной структуры затрат.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве «отправного» мероприятия в условиях внедрения BIM-технологий руководству необходимо принять решение о приеме на работу профильного специалиста [5]. Специалисты, решающие эти задачи — это BIM-менеджер и BIM-координатор, функционал которых был определен в процессе исследования.

BIM-координатор выполняет следующие задачи:

- координация работы сотрудников;
- оптимизация процессов проектирования;
- обучение сотрудников приемам эффективной работы;

ВМ-менеджер — это специалист более высокого уровня, отвечающий за процесс моделирования на уровне организации в целом. Задачи ВМ-менеджера:

- разработка стандарта ВМ организации;
- создание плана проектирования (ВЕР, ВМ Execution Plan);
- разработка методики обучения сотрудников;
- проведение аудита информационной модели.

Отметим, что на начальном этапе внедрения основная задача ВМ-специалиста — это обучение сотрудников эффективным приемам работы в условиях применения нового программного комплекса и координация работы сотрудников. Также на начальном этапе внедрения ВМ в проектной организации, пока большая часть смежных разделов (разделы проектной документации ИОС) разрабатывается сторонними подрядчиками, ВМ-специалист взаимодействует с ними в части интеграции проектных решений в общую модель. По данным портала hh.ru, заработная плата специалистов такого уровня варьируется от 120 000- 200 000 руб./мес., в расчет принимается средняя заработная плата равная 160 000 руб./мес.

В настоящее время на рынке представлено множество программных комплексов от разных разработчиков (Revit Autodesk, ArchiCAD, Bentley Software, Renga Software и др.). Отметим, что для разделов ИОС проектной документации нужно «свое» дополнительное программное обеспечение (плагины) для работы в единой цифровой модели, но для рассматриваемой проектной организации на начальном этапе внедрения ВМ достаточно приобретения основного программного комплекса, на который, в дальнейшем, при приеме инженеров-разработчиков ИОС будут «надстраиваться» дополнительные плагины. В данный момент, в виду политических причин многие зарубежные разработчики официально приостановили деятельность на территории РФ, но для определения порядка стоимости программного обеспечения примем к рассмотрению стоимость Revit 2022 Commercial New Single-user ELD Annual Subscription (однопользовательская лицензия на 1 год) равную 101 164 рублей.

Для обеспечения общей работы в едином цифровом пространстве проектной организации необходимо файловое хранилище с общим доступом и возможностью хранения резервных копий файлов (сетевое хранилище). По данным портала market.yandex.ru средняя стоимость серверного оборудования с накопителями информации Enterprise-класса (отказоустойчивое оборудование) составляет 350 000 рублей.

Обучение персонала новым программным комплексам может выполняться несколькими способами, самыми распространёнными являются:

- дистанционное обучение;
- корпоративные курсы в учебном центре для сотрудников проектной организации;
- корпоративные курсы «на территории» проектной организации.

На основании опроса, проведенного автором, руководителей ряда проектных организаций наиболее оптимальный вариант — это корпоративные курсы «на территории» проектной организации и применение новых знаний на тестовом проекте под руководством штатного ВМ-менеджера. В соответствии с анализом организаций, которые предоставляют услуги по корпоративным курсам обучения и внедрения ВМ, обучение проводится отдельно по профильным группам ГИП, АР, КР, ИОС (для рассматриваемой проектной организации три группы- ГИП, АР, КР) [6]. В среднем, стоимость обучения профильной группы составляет 180 000 рублей, срок обучения - 10 рабочих дней. Отметим, что рассматриваемые курсы направлены на первичное «крупноузловое» понимание нового программного комплекса и выполнение ключевых команд. В дальнейшем, основное обучение происходит на практике, при применении полученных знаний на тестовом проекте, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать сроки обучения и исключить основные проблемы в совместной работе.

Также, для ускорения внедрения ВІМ, подобные организации предоставляют услугу по разработке регламентов, адаптации и организации среды (средняя стоимость составляет 1 350 000 рублей), которая включают в себя:

- разработка Технологического регламента разработки проектной продукции с использованием ВІМ-технологии;
- разработка и согласование Плана реализации пилотного проекта;
- организация структуры среды общих данных проекта на серверном хранилище и настройка прав доступа для всех участников, в соответствии с Технологическим регламентом;
- создание исходных рабочих файлов для разделов тестового проекта, согласованных по общим координатам;
- инструктаж ВІМ-координатора и участников проекта по Плану реализации проекта.

На этапе внедрения ВІМ наблюдается снижение скорости подготовки проектной документации до 50% во время обучения и начального внедрения [4]. Это обусловлено низкой производительностью работы на новых программных комплексах на начальном этапе внедрения ВІМ-технологий и временными затратами на тестовые проекты. «Спад производительности» у ГИПов и помощников ГИП существенно меньше, чем у инженеров-разработчиков (АР, КР и т.д.), в виду того, что их работа косвенно связана с новыми программными комплексами. Примем «спад производительности» на уровне 50% у инженеров-разработчиков и 10% у группы ГИП. По данным портала hh.ru, заработная плата ведущих специалистов АР, КР и ГИП варьируется от 120 000- 160 000 руб./мес., в расчет принимается средняя заработная плата равная 140 000 руб./мес. Эти затраты связаны с наймом подрядчиков для поддержания требуемой производительности проектной организации в целом и минимизации временных задержек по выполнению текущих заказов на период адаптации к работе в условиях ВІМ.

Таблица 2. Сводная таблица затрат

| №     | Виды затрат                                  | Сумма, руб. | Кол-во                     | Итого по статье затрат, руб. |
|-------|--|-------------|----------------------------|------------------------------|
| 1     | Найм ВІМ-менеджера                           | 160 000     | 18 месяцев                 | 2 880 000                    |
| 2     | Приобретение ПО                              | 101 164     | 12 сотрудников, 18 месяцев | 1 820 952                    |
| 3     | Приобретение техники                         | 350 000     | 1 шт.                      | 350 000                      |
| 4     | Обучение сотрудников                         | 180 000     | 3 группы                   | 540 000                      |
| 5     | Разработка регламентов                       | 1 350 000   | 1 шт.                      | 1 350 000                    |
| 6     | «Спад производительности» сотрудников ГИП    | 140 000     | 6 человек, 10%, 6 месяцев  | 504 000                      |
| 7     | «Спад производительности» сотрудников АР, КР | 140 000     | 6 человек, 50%, 6 месяцев  | 2 520 000                    |
| ИТОГО |  |             |                            | 9 964 952                    |

В Таблице 2 представлены общие затраты этапа внедрения ВІМ для рассматриваемой проектной организации на период внедрения равного 18 месяцев с учетом критического отрезка («спад производительности» сотрудников) 6 месяцев.

## ВЫВОДЫ

Внедрение ВІМ в рамках отдельно взятой организации всегда уникально. В связи с этим представленные расчеты не являются корректными в аспекте охвата всех без исключения видов затрат (дополнительно необходимо учитывать налоги, затраты на приобретение плагинов к программному обеспечению, затраты связанные с привлечением



дополнительных ресурсов (подрядчиков) для выполнения текущих заказов организации и прочее), но в целом, исследование дает представление об основных статьях затрат и их величине, связанных с внедрением BIM, что, в свою очередь, позволяет снизить уровень инновационного риска [7].

При рациональной организации работ в проектной организации совокупные затраты, (в расчете на единицу времени) на внедрение новых программных комплексов будут уменьшаться с течением времени, а рентабельность и эффективность деятельности в целом увеличиваться. В дальнейшем планируется исследовать более широкую выборку по проектным организациям (со штатным расписанием 40-80 человек, имеющим в штате инженеров- разработчиков ИОС), относящихся к малым предприятиям, которые составляют большую (в количественном выражении) часть субъектов рынка, предлагающих проектные услуги.

## ЛИТЕРАТУРА

1. «Правительство России» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. (заседание Правительства РФ 26.10.2022 г.) URL: <http://government.ru/news/46892/> (дата обращения 05.12.2022).
2. Асаул, В.В. Оценка конкурентоспособности организаций в условиях цифровой экономики / В.В. Асаул, В.А. Кошечев, Ю.А. Цветков // Вопросы инновационной экономики. - 2020. - Т. 10. - № 1. - С. 533-548.
3. «Консультант плюс» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. (Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 27.05.2022) "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию") URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_75048/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/) (дата обращения 05.12.2022).
4. Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности проектной деятельности предприятия / В. П. Грахов, О. Л. Симченко, Н. С. Русинова [и др.] // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2019. – № 2(37). – С. 103-106.
5. Петров, К. С. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии) / К. С. Петров, В. А. Кузьмина, К. В. Федорова // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2(45). – С. 89.
6. «Группа компаний ИНФАРС» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. (Внедрение технологии BIM для объектов ПГС) URL: <https://infars.ru/services/bim-pgs/> (дата обращения 12.12.2022).
7. Привалова, М. А. Предпосылки развития системы управления рисками, возникающими при внедрении BIM-технологий в проектные организации Удмуртской Республики / М. А. Привалова, Н. С. Корепанова, А. Л. Кузнецов, И. В. Симченко // Интеллектуальные системы в производстве. – 2020. – Т. 18. – № 2. – С. 96-105

# ИМУЩЕСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ВУЗА КАК ПРАВОВАЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ

Н.Г. Верстина<sup>1</sup>, С.С. Игитханян<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>verstina@mail.ru

<sup>2</sup>sergo\_071287@mail.ru

## Аннотация

Повышение эффективности управления имуществом вузов является актуальным направлением исследования. Это обусловлено необходимостью повышения эффективности государственного имущества, возможностью выявления резервов повышения эффективности образовательной и научной деятельности на основе оптимального использования имущественного комплекса, требованием активизации инновационной деятельности, а также решением вопросов формирования и развития цифровой экономики и импортозамещения. В последнее время в аспекте управления имуществом вуза часто применяется понятие имущественного комплекса. Однако само понятие имущественного комплекса является дискуссионным, а в отношении вузов определено очень слабо. В данной статье авторы представили попытку проанализировать содержание понятия «имущественный комплекс» с правовой, экономической и управленческой точки зрения, а также дать определение имущественного комплекса непосредственно в отношении вузов, выделив отличительные особенности предложенного определения, необходимые для оперирования данным понятием в исследованиях, посвященных повышению эффективности управления имущественными комплексами образовательных учреждений высшего образования.

## ВВЕДЕНИЕ

Образовательные организации высшего образования (вузы) традиционно считаются центрами развития человеческого капитала, а также научно-технического развития. Их роль в общественной, экономической и научной жизни чрезвычайно велика. Для успешного выполнения их функций необходима материально-техническая основа, которой является имущество таких организаций. Имущество вузов характеризуется рядом особенностей, среди которых его разнородность, высокая степень морального и функционального износа. Также особенностью имущества вузов является и то, что порядок его использования определяется собственником имущества, которым в данном случае является государство в лице учредителя (Министерство науки и высшего образования для большинства государственных образовательных учреждений, прочие органы государственной власти и органы местного самоуправления), на основании организационно-правовой формы вуза.

В последнее время по отношению к имуществу образовательных организаций как на уровне органов власти и управления, так и отдельными учеными и практиками применяется понятие имущественного комплекса: разрабатываются механизмы и методики управления имущественным комплексом вузов, его оценки и т.д. Можно согласиться с тем, что вопросы эффективного управления имущественным комплексом вузов – крайне актуальная тема для исследований. На это есть целый ряд причин, связанных с необходимостью повышения эффективности государственного имущества, возможностью выявления резервов повышения эффективности образовательной и научной деятельности на основе оптимального использования имущественного комплекса, требованием активизации инновационной деятельности, а также решением вопросов формирования и развития цифровой экономики и импортозамещения.

Однако любое исследование в качестве одной из отправных точек должно иметь уточнение понятия объекта исследования. Такая необходимость обусловлена тем, что по отношению к большинству понятий и, соответственно, обозначающих их терминов, имеются множество определений. Эти определения могут отличаться объемом, выделением различных аспектов, применимостью в разных областях. Поэтому этап уточнения понятий является обязательным условием, прежде всего, для обозначения границ исследования: в данном исследовании изучается именно такое явление, в таких аспектах и, соответственно, в таком понимании. В рамках такого уточнения понятий исследователь может согласиться с уже имеющейся трактовкой, предложенной другим автором, а также дать свою интерпретацию. Такая интерпретация понятия может не получить широкого распространения в науке и практике, однако дает возможность четко понимать аспекты изучаемого объекта в рамках конкретного исследования.

Исходя из вышеизложенного, возникает необходимость уточнения понятия имущественного комплекса вообще и, в частности в отношении образовательных учреждений высшего образования – вузов.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование базировалось на применение таких общенаучных методов как анализ литературы, а также сравнительный анализ.

Применение метода анализа литературы является одним из необходимых и первоочередных методов при проведении любого исследования. В нашем случае анализ литературы был условно разделен на 2 блока, первый из которых заключался в анализе документов законодательных и нормативно-правовых актов, содержащих понятие «имущественный комплекс», а второй – в анализе научной литературы по этой тематике. При этом рассмотренная литература также условно разделена на 2 блока: первый – это литература в области права, второй – литература в области экономики и менеджмента.

Анализ документов позволил выделить представленные в литературе трактовки термина «имущественный комплекс», дать ему характеристику с правовой, экономической и управленческой точки зрения. А применение метода сравнительного анализа позволило выявить достоинства и недостатки существующих подходов к определению имущественного комплекса и в конечном итоге предложить подход к определению имущественного комплекса вуза.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Любая хозяйственная и общественная деятельность в обязательном порядке ведется в рамках существующих правовых норм. По этой причине при определении тех или иных понятий, касающихся общественно-экономической деятельности, в первую очередь, следует опираться на понятия, закрепленные в законодательстве. Закрепленные в законодательных актах понятия могут дополняться, расширяться, уточняться применительно к различным сферам деятельности, областям исследования, однако непременно остаются базовыми.

При анализе понятия «имущественный комплекс» в первую очередь следует обратиться к Гражданскому кодексу РФ. Определение данного понятия в нем напрямую отсутствует, однако в ст. 132 закреплено, что «предприятием как объектом прав признается имущественный комплекс, используемый для осуществления предпринимательской деятельности». Отмечается, что предприятие как имущественный комплекс признается недвижимостью и может включать все виды имущества, необходимые для осуществления его деятельности. В состав имущественного комплекса могут, соответственно, входить материальные и нематериальные объекты гражданских прав (ст. 128 ГК РФ), в том числе земельные участки, здания, сооружения, оборудование и инвентарь, запасы (сырье, готовую продукцию), а также права требования, долги, товарные знаки и др. Все указанные элементы имущественного комплекса являются

самостоятельными объектами гражданских прав, для каждого из которых законодательством предусмотрен соответствующий правовой режим [1, 2].

Несмотря на отсутствие четкого определения имущественного комплекса, данное понятие достаточно широко используется в различных законодательных актах. Как правило, именно по отношению к предприятию – в формулировке «предприятие как имущественный комплекс» в отношении процессов реализации (купли-продажи), регистрации имущества, а также кадастрового учета. Из чего можно сделать вывод, что понятие имущественного комплекса в рамках законодательства применяется, прежде всего, для того, чтобы обозначить, что все сходящие в него элементы в совокупности могут иметь общую юридическую судьбу, то есть быть объектом сделки. Это, однако, не означает, что объектом сделки не могут служить отдельные элементы имущественного комплекса. То есть по сути понятие имущественного комплекса предприятия может рассматриваться как вся совокупность имеющегося у предприятия имущества – материального и нематериального, движимого и недвижимого. При этом некоторые авторы обращают внимание на то, что есть ситуации, когда имущественные комплексы по той или иной причине не выполняют функции, связанные с осуществлением предпринимательской деятельности. Это могут быть не работающие предприятия, вновь создаваемые, а также организации, создаваемые не в целях осуществления предпринимательской деятельности [3]. Иметь общую юридическую судьбу такие предприятия и организации могут. Однако применение в отношении них понятия «имущественный комплекс» в таком случае можно считать некорректным с точки зрения права, то есть имеет место ситуация правовой неопределенности. Разрешить ее можно либо четким определением понятия имущественного комплекса и включением в него указанных особых объектов, либо введением для них особого понятия.

Также возникают вопросы с отнесением к имущественному комплексу такого имущества, которое находится в собственности предприятия, однако производственного назначения не имеет и не связано с осуществлением предпринимательской деятельности (имущество социально-бытового, культурного, спортивно-оздоровительного и пр. назначения). Авторы считают что статус такого имущества в плане отнесения его к имущественному комплексу не определен законодательно [4].

Итак, с точки зрения законодательства под имущественным комплексом понимается совокупность имущества предприятия, необходимого для осуществления им предпринимательской деятельности и способного являться единым участником сделок.

С точки зрения экономической науки в отношении понятия «имущественного комплекса» в литературе отмечается наличие целого ряда родственных понятий: имущество, собственность (по отношению к юридическому лицу), активы (совокупность оборотных и внеоборотных активов) [5]. В таблице 1 представлен анализ трактовки понятия «имущественный комплекс» различными авторами.

Таблица 1. Анализ трактовки понятия «имущественный комплекс» различными авторами

| Автор                                       | Трактовка понятия «имущественный комплекс»   | Особенности мнения автора   |
|---|--|---|
| А.Н. Асаул                                  | совокупность объектов недвижимости, принадлежащих одному собственнику: земельный участок (или несколько участков) с совокупностью функционально связанных зданий, сооружений, передаточных устройств, технологического оборудования, предназначенных для хозяйственной деятельности. В состав имущественного комплекса входит имущество, которое необходимо для производственного функционирования [6] | Акцент делается на понимании имущественного комплекса как сложной вещи (ст. 134 ГК РФ), то есть в понятие включается материальное имущество (движимое и недвижимое). Также акцент на участии в производственной деятельности  |
| Мунина М.В.                                 | материально-техническая база для осуществления бизнес-процессов, на которых специализируется рассматриваемая организационная единица [7]   | Акцент на участии в производственной деятельности   |
| Ковалев А.П.                                | материально-техническая база для осуществления бизнес-процессов, на которых специализируется рассматриваемая организационная единица [8]   | Акцент на участии в производственной деятельности   |
| Кузичев В. М., Чернов С. С., Перминов А. Ю. | основу имущественного комплекса составляют активы предприятия, то есть имущество, которым владеет данное предприятие как обособленный объект хозяйствования [5].   | В данном случае важно отметить, что и нематериальные активы (входящие в состав активов) считаются элементом имущественного комплекса. Участие непосредственно в производственной деятельности не выделяется в качестве критерия отнесения к имущественному комплексу. |

Экономические аспекты понятия «имущественный комплекс» связаны с вопросами производства, распределения и потребления определенных благ, а также с вопросами стоимости как экономической оценки и отношениями собственности. И в этом смысле понятие активов стоит считать наиболее близким к понятию имущественного комплекса [5], поскольку активы являются основой для осуществления производственной деятельности, составляют собственность предприятия, имеют стоимостную оценку. Однако важным является здесь признание того, что в составе имущественного комплекса могут быть не только вещи (то есть материальное имущество), но и нематериальные активы, играющие в наши дни огромную роль в деятельности организации, поскольку к ним относятся права на использование программного обеспечения, объекты интеллектуальной собственности, товарные знаки и др. Важно также и то, что не все имущество предприятия и организации, задействовано в производственной деятельности. Говоря об имуществе как основе производственной деятельности и осуществлении различных бизнес-процессов, было бы правильно пользоваться более узким понятием операционного имущественного комплекса [8].

Важно также, что имуществом обладают не только предприятия, но и некоммерческие. При этом по отношению к их имуществу также можно сказать, что они

имеют стоимостную оценку, составляют собственность организации и необходимы для выполнения ее функций. Для таких организаций может быть также характерна разнородность имущества. По отношению к нему также проводится налогообложение (налог на имущество), оно может быть участников сделок (отдельно или в совокупности). Поэтому, по нашему мнению, в отношении применения понятия имущественного комплекса нельзя ограничиваться только предприятиями, выполняющими производственную деятельность. Так, мы полагаем, что применение понятия имущественного комплекса с экономической точки зрения обоснованно и по отношению к вузам, выполняющим функции, связанные с подготовкой кадров, не являющиеся коммерческими организациями, однако наделенные, как правило, значительными объемами имущества.

С экономической точки зрения, на наш взгляд, особенностью понятия имущественного комплекса в отличие от понятия активов, является рассмотрение его как единого целого, состоящего из разнородных элементов.

Управленческий аспект понятия «имущественный комплекс» состоит в том, что он является объектом управления, входит в «управляемую подсистему» предприятия или организации и подвергается управленческим воздействиям со стороны «управляющей подсистемы» (то есть менеджмента). Управление имущественным комплексом предприятия входит в систему менеджмента в качестве одного из направлений управления (наравне с такими направлениями управления, как управление человеческими ресурсами, финансовый менеджмент, производственный менеджмент, управление рисками и т.д.).

С управленческой точки зрения важно отметить, что имущественный комплекс, являясь объектом управления, может выступать как единый объект управления. В отличие от правового аспекта данного понятия, где для имущественного комплекса может быть характерна одна юридическая судьба, управленческое понимание имущественного комплекса имеет особенности. В качестве единого объекта управления имущественный комплекс может выступать не только в ситуациях реализации сделок с ним. Для него может быть характерна не только единая юридическая судьба, но и единый управленческий подход, единая стратегия и тактика управления. Так, по отношению к имущественному комплексу в целом могут применяться единые управленческие решения, направленные, например, на:

- снижение стоимости владения;
- повышение эффективности использования (измеряемой по-разному, например, по оборачиваемости активов);
- повышение энергетической эффективности;
- снижение уровня непрофильных активов;
- снижение рисков и т.д.

Базой для принятия управленческих решений может быть информация о состоянии имущественного комплекса, получаемая методами инвентаризации, оценки стоимости, эффективности использования и т.д.

В этом случае по отношению ко всем объектам, входящим в состав имущественного комплекса, будут применяться единые методы управления. В ходе реализации этих методов из имущественного комплекса могут быть выделены его элементы, в отношении которых будут приниматься отдельные решения. Однако подход к управлению от этого не изменяется – имущественный комплекс может рассматриваться как единый, целостный, но состоящий из множества элементов, объект управления.

Поскольку при рассмотрении экономических аспектов понятия «имущественный комплекс» мы сделали вывод, что близким к нему понятием является понятие активов, то с управленческой точки зрения, осуществление управленческих воздействий по отношению к имущественному комплексу будет относиться к такому направлению

менеджмента как управление активами. Его особенностью будет также рассмотрение имущества предприятия или организации как единого целого.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенного анализа понятия имущественного комплекса и рассмотрения его с точки зрения правовых, экономических и управленческих аспектов, появляется возможность дать определение имущественному комплексу вуза.

Так, под имущественным комплексом вуза мы понимаем полный состав его активов как хозяйственно обособленную совокупность имущества (включая движимое и недвижимое имущество) а также имущественных прав, состав и порядок использования которых определяется учредителем с учетом организационно-правовой формы вуза, направленных на его функционирование, включая реализацию его основной (подготовка кадров), а также сопутствующих видов деятельности.

Особенностью такого определения, в отличие от имеющихся в литературе [9] является акцент на следующих аспектах:

- имущественный комплекс может рассматриваться как единое целое и по отношению к нему могут разрабатываться и реализовываться единые управленческие решения;
- в состав имущественного комплекса входит не только имущество, но и имущественные права (нематериальные активы);
- порядок использования имущественного комплекса определяется учредителем (собственников) с учетом организационно-правовой формы вуза;
- имущественный комплекс используется как для осуществления основной деятельности вуза (подготовка кадров), так и прочих, предусмотренных уставом организации видов деятельности.

Такое определение дает возможность рассматривать в составе имущественного комплекса вуза здания и оборудование, направленное на обеспечение хозяйственно-бытовых нужд обучающихся (помещения и оборудование общежитий, объектов общественного питания), издательской деятельности (здания и оборудования издательства и типографии), научно-производственной деятельности (помещения и оборудований лабораторий, разработанные и запатентованные технологии и т.д.) .

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лаптева А.М.* Понятие «Имущественный комплекс» // Ленинградский юридический журнал. 2010. №2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-imuschestvennyy-kompleks> (дата обращения: 14.12.2022).
2. *Лаптева А. М.* Генезис понятия имущественный комплекс // Российское право в Интернете. 2012. № 1. Режим доступа: <https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/9qs6308ovm/62834815.pdf> (дата обращения: 14.12.2022).
3. *Веденин А.А.* Сравнительно-правовой анализ понятий «Единый недвижимый комплекс», «Предприятие как имущественный комплекс» и «Комплекс имущества» // Вестник Московского университета. Серия 11. Право. 2016. №2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelno-pravovoy-analiz-ponyatiy-edinyy-nedvizhimyy-kompleks-predpriyatie-kak-imuschestvennyy-kompleks-i-kompleks-imuschestva> (дата обращения: 14.12.2022).
4. *Сычева-Передеро О.В.* Управленческо-правовой дуализм имущественного комплекса // Российский экономический интернет-журнал. 2009. №2. Режим доступа: <https://www.e-rej.ru/Articles/2009/Sytchova-Peredero.pdf> (дата обращения: 14.12.2022).
5. *Кузичев В. М., Чернов С. С., Перминов А. Ю.* Понятие и классификация объектов имущественного комплекса предприятия // ПСЭ. 2009. №4. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-i-klassifikatsiya-obektov-imuschestvennogo-kompleksa-predpriyatiya> (дата обращения: 15.12.2022).
6. *Асаул А.* Экономика недвижимости: Учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт третьего поколения. — СПб.: Питер, 2013.
7. *Мунина М.В.* Оценка и управление собственностью предприятия. ЧФ КНИТУ-КАИ, 2014.
8. *Ковалев А.П.* Управление имуществом на предприятии: учебник. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009.
9. *Лейман Е.Н.* Механизм управления имущественным комплексом образовательной организации высшего образования и пути его совершенствования. : Автореф...дис.канд.экон.наук. — Санкт-Петербург.: 2019.

# ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА КОММУНАЛЬНЫЕ УСЛУГИ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ ЗАТРАТАМ

М.С. Пантелеева<sup>1</sup>, Д.И. Никишов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>PanteleevaMS@mgsu.ru

<sup>2</sup>Danikishov7@gmail.com

## Аннотация

В данной статье рассматривается проблематика установления тарифов на коммунальные услуги с учетом экономической эффективности и финансовой устойчивости коммунальных предприятий. Авторы статьи рассматривают коммунальное предприятие, как рыночного субъекта, представляющего собой естественную монополию, которая требует либо устойчивого собственного дохода, либо регулярного государственного субсидирования для бесперебойной эффективной работы по приемлемым для населения тарифам. Оценка эффективности деятельности коммунального предприятия авторы статьи осуществляют с помощью анализа предельных затрат на коммунальные услуги в долгосрочной перспективе и с учетом внешних и внутренних экономических и политических факторов. Для этого в статье приводятся достоинства и практические ограничения для использования механизма ценообразования на коммунальные услуги, основанного на предельных затратах. Пример оценки динамики доходов коммунального предприятия, как естественной монополии, с помощью правила краткосрочных предельных издержек, авторы осуществляют на водоснабжающем предприятии, которое периодически увеличивает свои мощности.

## ВВЕДЕНИЕ

Тарифы на коммунальные услуги влияют на общее благосостояние населения, распределение ресурсов в масштабах экономики страны, а также на финансовые показатели деятельности коммунальных предприятий. Установление приемлемых тарифов для всех участников рынка требует определить набор вероятных конечных целей этого процесса. К таким целям могут относиться: надлежащее управление природными ресурсами, финансовая устойчивость управляющих компаний, справедливость при установлении тарифов и распределении ресурсов между различными слоями общества и различными локационными группами, экономическая эффективность общества в целом и справедливое ценообразование для всех групп потребителей. Добиться даже одной из этих целей представляется сложной задачей. В идеале же необходимо создать условия для интеграции указанных целей и получения общего Парето-эффективного результата, который поспособствует росту общественной эффективности с минимизацией социальных затрат посредством рыночных инструментов ценообразования на коммунальные услуги [1].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Классическая экономическая теория предполагает, что достижение экономической эффективности субъекта требует установления такого уровня цен на товары/услуги, чтобы они держались на уровне его краткосрочных предельных издержек (MC). При этом нужно учитывать, что формирование цены на коммунальные услуги невозможно без участия коммунального предприятия, которое представляет собой активного игрока рынка – естественную монополию. Естественная монополия — это фирма, у которой кривая долгосрочных средних издержек (LRAC) снижается в диапазоне объема выпуска, соответствующего рыночному спросу. Именно технические особенности многих коммунальных предприятий, которые приводят к эффекту масштаба, характеризуют их



как естественные монополии [2]. Например, наличие только одной линии электропередачи или одного водопровода на улице дает возможность экономии затрат.

Более тонкая концепция, называемая субаддитивностью затрат, объясняет, что затраты на удовлетворение заданного спроса на общественные услуги одной фирмой будут меньше, чем общие затраты на предоставление тех же услуг двумя или более фирмами. Таким образом, субаддитивность затрат исключает конкуренцию между фирмами, и оправдывает существование естественных монополий. Идентификация естественных монополий позволяет сформулировать основную проблему экономики коммунального хозяйства: как создать "благожелательные монополии", которые будут пользоваться преимуществами экономии на масштабе, но не будут извлекать монопольных излишков в процессе предоставления необходимых общественных услуг.

На хорошо функционирующих конкурентных рынках цены на товары и услуги устанавливаются по предельным затратам. Ценообразование по предельным затратам (MCP) обеспечивает достижение экономической эффективности, основная логика которой проста: если цена товара не равна MC, то эта цена не будет точно отражать общественные затраты на дополнительное предоставление товара или услуги. Цены выше или ниже MC не смогут дать правильный сигнал потребителям для покупки нужного количества товара.

Учитывая, что MCP — это механизм, обеспечивающий эффективность рынков, он является хорошей отправной точкой для решения проблемы ценообразования на коммунальные услуги (т.е. установления тарифов на коммунальные услуги). Но прежде, чем перейти к анализу целесообразности использования MCP для коммунальных услуг, следует кратко обсудить концепцию общей экономической эффективности.

Экономическая эффективность обычно определяется как условие, при котором общество получает максимальное общественное благосостояние при использовании ограниченных ресурсов. Экономическая эффективность может быть определена на различных уровнях: на уровне фирмы, на уровне потребителей и на уровне различных отраслей экономики. Когда одновременно удовлетворяются условия эффективности для всех уровней, то считается, что экономика достигла общей экономической эффективности. Для ее формальной оценки используется эффективность по Парето, которая является одним из центральных понятий для современной экономической науки. На основе этого понятия строятся Первая и Вторая теоремы благосостояния [3].

Для целей данного исследования будет использована первая теорема, которая гласит, что если в экономике, функционирующей в условиях совершенной конкуренции, установилось общее равновесие, то достигнуто Парето-эффективность, т.е. желаемые изменения в производстве и распределении не могут повысить благосостояние одного субъекта без снижения благосостояния других. Следствием этой теоремы является то, что если позволить рынку самостоятельно распределять ресурсы, то он найдет наилучшее распределение ограниченных ресурсов, обеспечивающее максимальное общественное благосостояние. Таким образом, эффективность по Парето является весьма желательной целью, к которой должно активно стремиться любое общество.

Но у этой концепции есть ряд хорошо известных ограничений:

1) оценка экономической эффективности позволяет максимизировать только совокупное общественное благосостояние и, следовательно, не решает проблему распределения благосостояния между различными слоями общества (проблема справедливости) [3, 4];

2) совершенное рыночное равновесие, обеспечивающее эффективность по Парето, требует свободной конкуренции между фирмами, при которой [4]:

- ни одна фирма не может влиять на цену,
- рынок характеризуется использованием совершенной информации,
- на рынке присутствует только однородная продукция,
- для всех фирм на рынок обеспечен свободный вход и выход,
- отсутствуют провалы рынка.

Такие ограничительные условия редко выполняются в реальном мире. Однако, в целом, концепция экономической эффективности (правило МСР) продолжает определять экономическую политику во всем мире. И именно она, в сочетании в соответствующими политическими мерами, должна лечь в основу эффективного ценообразования на коммунальные услуги.

Ценообразование по предельным издержкам гарантирует, что потребитель платит общественные издержки за производство конкретного объема товара или услуги. Это позволяет производить оптимальное количество услуг, максимизирующее общественный излишек. Однако в условиях естественной монополии простое и понятное правило использования МСР в качестве основного принципа сталкивается с рядом трудностей, таких как: ограничительные условия; отсутствие простоты и предсказуемости; большая изменчивость доходов; финансовые излишки/дефициты; практические трудности в оценке МС; проблемы, связанные со справедливостью тарифов.

Кроме того, существует ряд ограничительных условий, которые должны быть выполнены для обеспечения экономической эффективности в рамках правила МСР [5]:

во-первых, основная предпосылка в пользу применения правила МСР заключается в том, что потребители оптимально корректируют свое поведение в ответ на изменение цен, и такие корректировки в итоге приводят к улучшению общественного благосостояния. Однако многие коммунальные услуги, такие как водоснабжение и санитария являются основными базовыми потребностями, и, как правило, демонстрируют неэластичное по цене поведение. Хотя степень влияния цен является эмпирическим показателем, нет гарантии, что потребители адекватно отреагируют на изменение цен при любых обстоятельствах. Поэтому изучение ценовой эластичности необходимо до применения правила МСР для установления оптимальных тарифов. Если объем потребления не реагирует на изменение цен, то повышение общей эффективности может быть никогда не достигнуто;

во-вторых, для того, чтобы гарантировать, что потребители будут оптимально реагировать на будущие изменения цен необходимо владеть совершенной информацией о затратах и изменениях цен. Однако совершенный поток информации в большинстве случаев труднодостижим. Как будет показано далее, чистый МСР может привести к непредсказуемым колебаниям цен. Поэтому ожидаемая эффективность вряд ли будет достигнута из-за несовершенства информации о будущих изменениях цен [6];

в-третьих, для того чтобы правило МСР позволило достигнуть экономической эффективности, отрасль должна быть свободна от провалов рынка [7]. В реальности это практически невозможно. Многие провалы рынка, такие как внешние эффекты (загрязнение воздуха общественным транспортом, выбросы парниковых газов при производстве энергии, уничтожение биоразнообразия крупными гидроэнергетическими плотинами) и общественные блага (польза для здоровья от водоснабжения и санитарии), являются скорее правилом, чем исключением в регионах и отраслях, где требуется установление тарифов. Для обеспечения эффективности МС должны отражать дополнительные общественные издержки/выгоды от провалов рынка;

в-четвертых, при использовании правила МСР, предполагается, что административные и транзакционные издержки отсутствуют. Но в реальности сбор показаний счетчиков, выставление счетов и т.д. являются обязательными процессами, которых никак нельзя избежать. Это ошибочное обнуление подобных видов работ в будущем серьезно увеличивает размер итогового тарифа, формируемого коммунальными предприятиями;

в-пятых, у любого коммунального предприятия должна существовать производственная эффективность, а, следовательно, коммунальное предприятие должно работать с минимальными затратами, чтобы обеспечить экономическую эффективность. Обычно МС рассчитываются с учетом фактических затрат фирмы и если фирма неэффективна в своих производственных процессах, то значение МС будет завышено, и,

следовательно, тариф на коммунальные услуги будет выше, чем при эффективном ценообразовании.

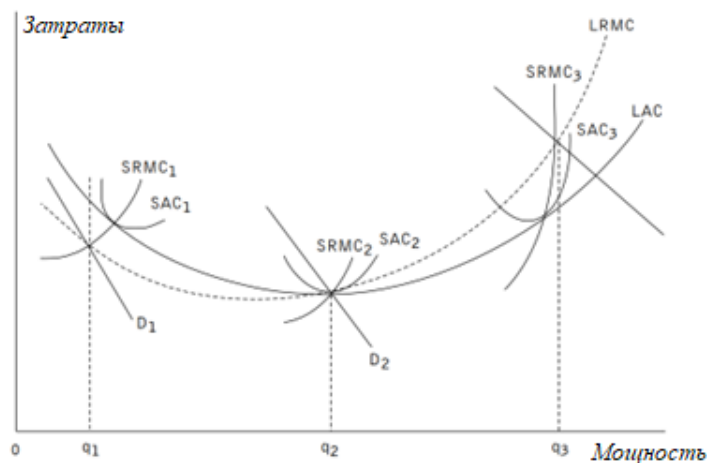
Тем не менее, существуют способы нивелировать указанные ограничения для более эффективного применения правила МСР. Например, можно использовать соотношение цены к МС для экономики в целом. Этот тип правил "третьего лучшего" обычно применяется, когда у государственной услуги нет близких заменителей или дополнений, т.е. для естественных монополий.

Теоретически, эффективно управляемые предприятия всегда будут работать на уровне, при котором затраты на производство дополнительной единицы продукции на имеющихся мощностях равны затратам на расширение мощностей ( $SRMC = LRMC$ ). Но это не относится к предприятиям, генерирующим коммунальные услуги. Расширение мощностей для многих общественных служб (коммунальных предприятий) требует больших инвестиций (строительство плотин, водоочистных сооружений, очистных сооружений и линий электропередач). Подобное наращивание мощностей носит скачкообразный характер и обычно приводит к избытку мощностей сразу после добавления новых мощностей [5].

По определению, краткосрочные предельные затраты ( $SRMC$ ) будут включать только переменные затраты, которые непосредственно связаны с предоставлением дополнительной единицы услуги. Например,  $SRMC$  будут представлять собой дополнительные затраты на перекачку и очистку воды в случае водоснабжения или расходы на топливо, эксплуатацию и техническое обслуживание электростанции, производящей дополнительную единицу электроэнергии. В итоге  $SRMC$  в ситуации избытка мощности могут быть очень низкими или даже нулевыми. Например, дополнительный кубометр воды, поставляемый в домохозяйство с новой станции, не сможет значительно увеличить общие дополнительные затраты. Поэтому при наличии избыточных мощностей  $SRMC$  будут очень низкими или нулевыми.

С другой стороны, с течением времени избыточные мощности постепенно сокращаются, а  $SRMC$  увеличиваются до следующего расширения мощностей. В этом случае МС увеличиваются до уровня, при котором дополнительное увеличение переменных затрат превышает стоимость расширения или приводит к неудовлетворенному спросу с альтернативной стоимостью, превышающей стоимость расширения. В этот момент введение новых мощностей становится экономически оправданным.

Для интерпретации последствий применения правила МСР на коммунальных предприятиях в ситуации избытка мощностей необходимо знать формы кривых затрат и их взаимное расположение на графике (рис. 1). Традиционно кривые краткосрочных средних затрат ( $SRAC$ ) имеют U-образную форму из-за убывающей предельной отдачи от масштаба, часто наблюдаемой в производственных процессах. Кривая долгосрочных средних издержек ( $LRAC$ ) — это огибающая кривая, которая пересекает точки минимума кривых краткосрочных издержек [4, 8].



**Рис. 1.** Кривые предельных и средних затрат в краткосрочном и долгосрочном периоде

Кривые средних и предельных издержек ведут себя особым образом. Когда средние издержки (AC) падают, MC ниже AC, и наоборот, когда AC растут. Как показано на рис. 1, если предприятие работает на мощности  $q_1$ , то фирма сталкивается со снижением AC и дальнейшим переходом к состоянию, при котором  $LRMC < LRAC$ . При такой мощности фирма получает убыток, если тариф установлен на уровне SRMC, поскольку  $SRAC > SRMC$  и цены.

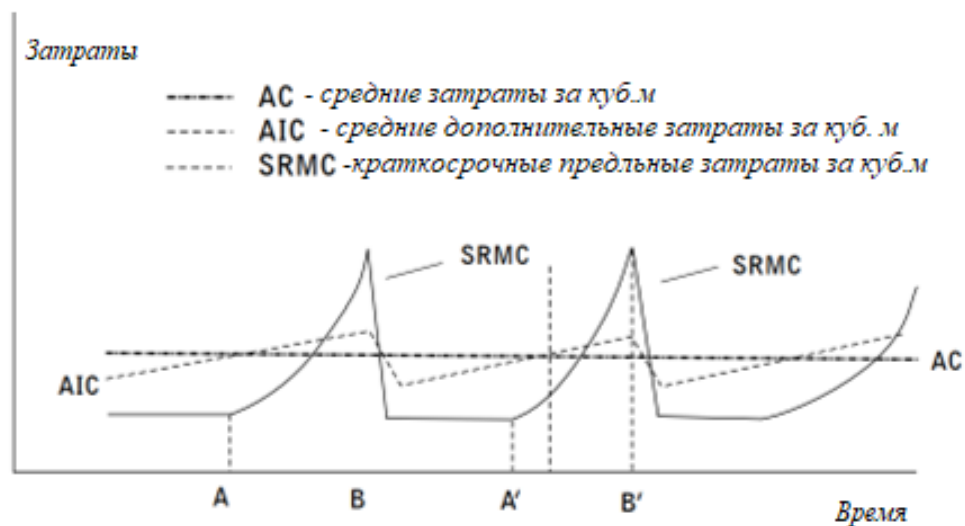
При мощности  $q_2$  фирма попадает в точку безубыточности, и тоже не имеет дохода, а цена устанавливается на уровне SRMC, который равен SRAC, LRMC и LAC.

При мощности  $q_3$  размер SRAC растет и  $SRMC > SRAC$ , а фирма получает прибыль в точке, где тариф установлен на уровне SRMC [4].

Как показано в этом общем примере, коммунальное предприятие может потенциально получить убыток, выйти на безубыточность или получить прибыль в зависимости от мощности, на которой оно работает. Для водоснабжения, где средние затраты снижаются в течение длительного периода времени, коммунальные предприятия могут работать на снижающейся части кривой LRMC и получать прибыль. Если же тариф установлен на уровне SRMC, то коммунальное предприятие будет нести убытки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для того чтобы понять принцип колебания доходов коммунального предприятия (естественной монополии), работающего на основе правила MCP, рассмотрим естественную монополию, которая подвергается периодическому расширению мощностей. На рис. 2 показана кривая SRMC водопроводной компании, которая периодически расширяет свои мощности. В точке А достигается ограничение мощности, после чего SRMC начинает расти. В точке В уровень SRMC достаточно высок, чтобы оправдать расширение мощностей. Вскоре после расширения мощностей возникает избыток мощностей, и затраты на расширение мощностей становятся невозвратными.



**Рис. 2.** Изменение SRMC во времени при расширении мощностей

Поскольку невозвратные затраты не включены в SRMC, они резко снижаются. Снова в точке A' наступает ограничение мощностей, что приводит к росту SRMC. Следующее расширение мощностей происходит в точке B' и впоследствии MC резко снижается.

Из этого анализа ясно, что SRMC демонстрируют колебания с течением времени. Поэтому использование SRMC в качестве правила ценообразования приводит к непредсказуемым ценам с течением времени. Такие колеблющиеся цены серьезно нарушают цели простоты и предсказуемости установления тарифов. Как следствие, если тариф основан на SRMC, доход коммунального предприятия колеблется параллельно колебаниям SRMC. Это приводит к большой динамике доходов, и коммунальному предприятию в таких условиях трудно осуществлять надлежащее финансовое планирование.

Одной из целей установления тарифов на коммунальные услуги является обеспечение такого значения тарифа, чтобы он приносил адекватный доход коммунальному предприятию для выполнения им финансовых обязательств перед гражданами. Финансовые обязательства коммунального предприятия включают расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, налоги, обслуживание долга и доход на капитал. Но в этом перечне нет обязательств на расширение мощностей (обязательств на предоставление дополнительной единицы услуги). Поэтому, если услуга предоставляется естественной монополией, которая периодически расширяет свои мощности, то последующие доходы будут недостаточными для выполнения финансовых обязательств коммунального предприятия. Если нисходящая часть кривой SRMC на рис. 2 носит длительный характер, то коммунальному предприятию может оказаться трудно предоставлять свои услуги без государственных субсидий [9].

Несмотря на то, что MC кажется простой концепцией, существует ряд практических трудностей при применении правила MСР.

Во-первых, возникают трудности с оценкой MC, т.к. она осложняется наличием затрат на передачу, очистку (в случае с водой), распределение и затрат на хранение. Некоторые из этих затрат являются общими затратами, и их разделение в реальности практически невозможно.

Во-вторых, расчет экономических затрат основан на концепции альтернативных издержек, и перевод бухгалтерских затрат в экономические затраты может оказаться сложной задачей.

В-третьих, многие услуги включают в себя разнородные технологии и периодически меняющиеся требования местных властей и потребителей. Также есть затраты, зависящие от времени суток или сезона. Без погрешностей учесть такие различия нелегко. В случае провалов рынка необходимо оценивать общественные затраты наравне с частным. В таких

случаях придётся применять нерыночные методы оценки, что может быть технически сложно и отнимать много времени.

Для нивелирования указанных преград авторы статьи предлагают опираться на метод LRMC, который позволяет избежать некоторых из этих проблем, и может быть использован вместо SRMC для установления тарифа на коммунальные услуги. В этом случае, однако, отклонение фактических системных затрат от оптимальных системных затрат, используемых для вычисления LRMC, представляет собой еще одну проблему.

Существуют пространственные, временные и потребительские вариации MC: правило MCR требует, чтобы каждый индивидуум платил MC, который он/она генерирует. Если коммунальное предприятие варьируется в зависимости от пространства, времени и класса потребителя, то эти различия должны быть обязательно отражены в тарифе. Учет таких различий требует дополнительных административных и транзакционных издержек. При этом общественность часто считает, что услуга является одинаковой, несмотря на разницу в затратах, связанную с временем и местом, и склонна выражать сопротивление такому ценообразованию.

Изменения в деятельности коммунальных организаций в зависимости от времени суток или сезонов приводят к таким ситуациям, как пиковый спрос на электроэнергию и повышенный спрос на воду в сухой сезон. Если мощности установлены для удовлетворения избыточного спроса, то это приведет к простаиванию мощности в непиковые периоды. В итоге пиковая нагрузка должна рассматриваться как временный или сезонный избыточный спрос, а использование услуг должно быть ориентировано на более высокий тариф в пиковые периоды.

## ВЫВОДЫ

Ценообразование на коммунальные услуги по предельным затратам действительно позволяет учитывать особенности коммунальных предприятий и создает возможности для формирования их доходов, которые создают условия для поддержания общественного благосостояния. Но для эффективного его применения необходимо вносить некоторые корректировки, особенно это касается состояния экономики, характеризующейся высокой инфляцией. Если применять правило MCR без учета внешних факторов, то со временем реальная стоимость тарифа будет снижаться. Кроме того, если инфляция не будет учтена в начале процесса утверждения тарифов, тариф со временем придется увеличить, а это может быть политически нецелесообразно во многих регионах страны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тарифная политика в Российской Федерации в отраслях коммунальной сферы: приоритеты, проблемы, перспектива: докл. к XXI Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 г. / рук. авт. кол. Е. В. Яркин, И. А. Долматов, М. А. Панова и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. — 174 с. Режим доступа: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/366633759.pdf>. Дата обращения: 14.12.2022.
2. Тарифы и нормативы услуг ЖКХ для населения. Правовое регулирование: Справочное пособие — М.: Издание Государственной Думы, 2021. — 64 с.
3. *Тарасевич Л.С.* Микроэкономика: учебник для бакалавров / Л. С. Тарасевич, П. И. Гребенников, А. И. Леусский. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2012. — 543 с. — Серия: Бакалавр.
4. *Гребенников П. И.* Микроэкономика: учебник и практикум для вузов / П. И. Гребенников, Л. С. Тарасевич, А. И. Леусский. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 547 с. Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/468307>. Дата обращения: 14.12.2022.
5. *Лившиц С.А.* Состояние жилищно-коммунального хозяйства России. Экономический аспект // Вестник современной науки. 2017. № 2-1 (26). С. 61–63.
6. *Кукота А. В.* Ценообразование в строительстве: учебное пособие для вузов / А. В. Кукота, Н. П. Одинцова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 201 с. Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/514639>. Дата обращения: 14.12.2022.
7. *Орлова Е.Б.* Генномодифицированные организмы как пример фиаско рынка // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. №91. С. 1518 – 1535.

8. Основы функционирования ЖКХ: учебное пособие / Е.В. Султанова, Я.А. Волынчук; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2017. – 88 с.
9. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Волкова С.В., Шумилова Е.Ю. Управление, эксплуатация и обслуживание многоквартирного дома: учебник / В.Л.Курбатов, В.И.Римшин, С.В.Волкова, Е.Ю.Шумилова. – Минеральные воды: СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – 616 с.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ УКРУПНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОИМОСТИ

О.В. Суходоева<sup>1</sup>, И.В. Каракозова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1,2</sup>ГАУ «НИИЦ»,

<sup>1</sup>agola@list.ru.

<sup>2</sup>i.kar@inbox.ru.

## Аннотация

В статье рассмотрены этапы развития классификации объектов культурного наследия народов России и их влияние на создание системы укрупненных нормативов, учитывающих специфику архитектурных и конструктивных решений исследуемых объектов.

## ВВЕДЕНИЕ

На законодательном уровне Российской Федерации определено, что в случае если предполагаемые к проведению работы на объекте культурного наследия затрагивают конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности объекта культурного наследия проведение работ и подготовка проектной документации осуществляется в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Согласно положениям Градостроительного кодекса для расчета сметной стоимости сохранения объектов культурного наследия, с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации более 50 процентов в обязательном порядке используются сметные нормативы, информация о которых включена в федеральный реестр сметных нормативов, и сметных цен строительных ресурсов.

Также, установлено что предполагаемая (предельная) стоимость объектов формируется на основе укрупненных нормативов цены или с применением нормативов цены конструктивных решений, а также на основе стоимостных показателей объектов-аналогов. В настоящее время на федеральном уровне для объектов культурного наследия отсутствует система укрупненных показателей стоимости, учитывающая основные специфические особенности конструктива памятников, а также производства и технологии выполняемых работ на этапе его сохранения.

Для разработки системы укрупненных показателей целесообразно создать классификацию объектов культурного наследия и/или их конструктивных элементов для применения при обосновании величины предстоящих затрат независимо от степени изученности памятника.

Исследование зарождения на государственном уровне классификационного деления объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации (далее – памятники) позволит определить значимые этапы его становления и выявить основные проблемы в выборе признаков ранжирования исследуемого предмета.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках настоящей работы проведен анализ нормативно-правовых документов в современной России и РСФСР за более чем вековой период с 1918 по 2022 годы, который позволил выделить этапы развития подходов к обозначению и идентификации объектов культурного наследия в разные отрезки времени.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отправной точкой исследования, в области государственной политики в отношении культуры в период РСФСР, принят Декрет от 5 октября 1918 года Совета Народных



Комиссаров РСФСР о регистрации, учете и охране памятников, принадлежащих частным лицам, учреждениям и обществам [1]. Здесь, в частности, на законодательном уровне закрепляется понятие «памятник искусства и старины», а также, в соответствии с определенными признаками сокровища искусства и старины объединяются в две основные группы (вида): монументальные и вещевые. При этом под «вещевыми» памятниками подразумеваются собрания предметов искусства и старины, а также отдельные предметы, имеющие научное, историческое или художественное значение.

Следующее расширение понятия «памятник искусства и старины» в советской России последовало в 20-е годы двадцатого столетия. Декретом Совета Народных Комиссаров [2] с 1921 года учету и охране подлежат памятниками природы, садов и парков, представляющие особую научную и культурно-историческую ценность. Особое значение в нормативном акте уделено детализации их видов. Классификационно деление памятников природы, садов и парков (1921 г.) можно представить, как:

1. Памятники природы: участки природы и отдельные их объекты (животные, растения, горные минералы и т. д.);
2. Памятники садово-парковой культуры музейно-академического значения, к которым относятся сады и парки, созданные по заданиям художественного-паркового искусства или связанные с архитектурными сооружениями, представляющими с ними художественный образ единого целого.

В данном нормативном акте также определяются дополнительные признаки, которые позволяют памятники природы и садово-парковой культуры музейно-академического значения разделить на неприкосновенные земли и на земли с особым положением по вопросам хозяйственного использования.

Позже, в тот же период, в начале 1924 года, основное наименование памятников приобретает обобщенное значение «памятники искусства, старины и природы» [3]. Стоит особо отметить, в нормативном акте начала 1924 г. [3] вводятся новые понятия памятников:

- памятники зодчества (крепости, сооружения гражданского назначения, культовые здания и т.п.)
- археологические памятники (курганы, укрепленные поселения, места обитания первобытных людей и т.п.)
- предметы искусства и старины музейного значения и т.п.

На этом этапе упраздняется понятие «монументальные памятники», вводятся обозначения для охраняемых государством сооружений различного назначения и для вещественных источников исторического прошлого человечества. «Вещевые» памятники приобретают новое наименование, которое наиболее полно раскрывает их предмет охраны.

На этом, трансформация основного понятия памятника не заканчивается и уже в июле 1924 года на государственном уровне происходят значительные изменения в терминах определяющие исследуемый предмет. А именно, Инструкцией [4], утвержденной постановлением Народного Комиссариата Просвещения РСФСР, в целях действительного и всестороннего осуществления учета и охраны памятников основное понятие дополняется еще одним элементом и приобретает законченный вид «памятники искусства, старины, быта и природы».

Согласно положениям нормативного акта [4], вводится новый термин «музейное имущество», которое объединяет научные коллекции, различные предметы искусства и народного быта в музеях, а именно:

- а) скульптуру, изделия из бронзы, драгоценных металлов, гравюры, картины, рисунки, мебель, фарфор, и предметы бытового и художественного значения, а также предметы, выпущенные в память исторической личности;
- б) отдельные предметы археологических раскопок и их коллекции (орудия труда, древняя керамика, предметы из железа, бронзы или костяные);
- в) предметы народного быта и культуры и их коллекции;
- г) научные коллекции (биологические, геологические и др.).

Таким образом, к середине 1924 года в РСФСР формируются основные понятия памятника, учитываемого и охраняемого государством, а также, состав, основные признаки и свойства его деления. Данная система действовала на протяжении более чем двадцати лет до конца 40-х годов прошлого века.

В мае 1947 года значение «памятники зодчества» расширяется и приобретает особый уникальный признак неприкосновенного историко-художественного наследия национальной культуры, и как следствие новое наименование «произведения древнерусского зодчества» [5]. Памятники зодчества с этого периода выделяются в самостоятельный вид «памятники архитектуры», с последующим делением на «памятники архитектуры» и «архитектурные заповедники», которые содержат не только древние сооружения крепости, сооружения религиозного культа, но и дворцы, архитектурные ансамбли усадеб, садово-парковые насаждения, а также связанные с ними декоративные убранства, предметы искусства и быта (монументальная живопись, скульптура, мебель). Эти изменения, послужили дальнейшему поиску основного обозначения памятников, охраняемых государством, с последующим их структурированием.

Особое внимание в настоящем исследовании привлекает 1948 год, поскольку в этот период на государственном уровне начинается создание классификации памятников культуры. Постановлением Совета Министров СССР от 14 октября 1948 г. № 3898 [6] утверждается Положение об охране памятников культуры согласно которому определяются четыре основных вида памятников подлежащих государственной охране:

- 1) памятники архитектуры;
- 2) памятники искусства;
- 3) памятники археологии;
- 4) памятники исторические.

Дается исчерпывающий состав каждого вида памятников, по результатам анализа которого можно сделать следующие выводы: предметы, ранее принадлежащие к группе «музейное имущество» выделяются в два независимых вида памятников: искусства и исторические.

Вводится дополнительный признак, позволяющий объединить памятники культуры в группы по их принадлежности к органам государственного управления, отвечающих за их учет, охрану, реставрацию и использование:

- а) общесоюзного (государственного) значения;
- б) республиканского значения;
- в) местного значения.

Определенная в 1948 году, классификация памятников культуры закрепляется на государственном уровне вплоть до 1976 года. В этот период, отдельно стоит упомянуть о попытках изменить основной термин памятника культуры (таблица 1) отдельными нормативными актами.

Таблицы 1. – История преобразования понятия «Памятник культуры» в период с 1948 г. по 1976 г.

| Период, гг.      | 1948 -1965[7,8]    | 1966[9]                      | 1974[10]                       | 1974-1976          |
|------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Основное понятие | Памятники культуры | Памятники истории и культуры | Памятники природы или культуры | Памятники культуры |

Наименование основного термина в 1974 году в данном контексте скорее является исключением, так как обусловлено необходимостью признания водных объектов (рек, озер или их части, участков морей, родников, гейзеров и др.) «памятниками природы», относящимся к памятникам культуры в порядке, установленном Постановлениями Совета Министров СССР от 14 октября 1948 г. № 3898 [6] и Совета Министров РСФСР от 24 мая 1966 г. № 473 [9].

Таким образом, становление основного понятия и видов памятников на различных этапах рассмотренного периода выявило необходимость закрепления их государственным нормативным актом.

С 01.01.1977 года в СССР вступают в силу Закон «Об охране и использовании памятников истории и культуры», утвержденный Постановлением ВС СССР в октябре 1976 г. [11], положениями которого закрепляется основное обозначение предмета охраны, как «памятники истории и культуры» и впервые дается его четкое определение. Также статьей 5 настоящего Закона вводится понятие «виды» памятников истории и культуры, к которым относятся:

- 1) памятники истории;
- 2) памятники археологии;
- 3) памятники градостроительства и архитектуры;
- 4) памятники искусства;
- 5) документальные памятники.

С этого момента учет и охрана памятников архитектуры осуществляется неразрывно от исторически сложившегося облика городов и других населенных пунктов, в целях сохранения градоформирующего значения архитектурно-планировочного наследия. Позже руководящими документами [12] определяются основные признаки специальной классификации исторических городов (таблица 2).

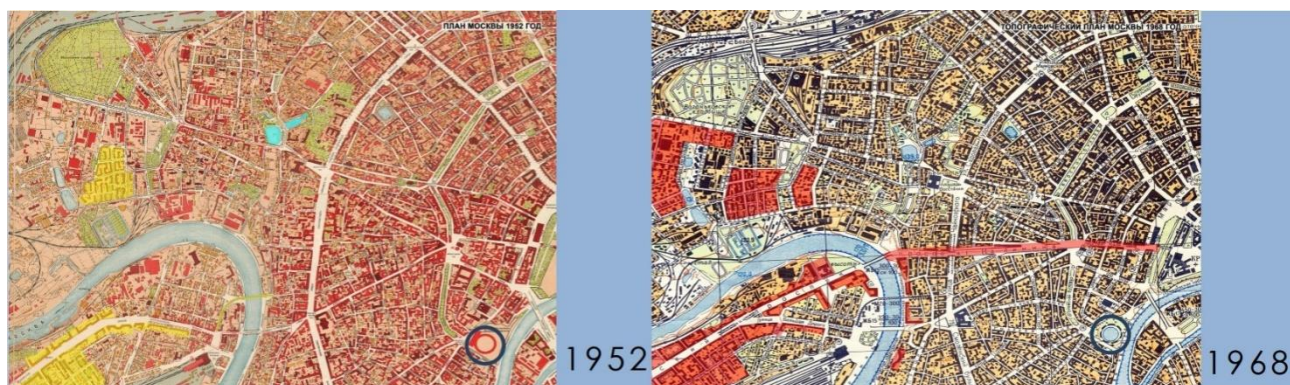
Таблица 2. – Признаки специальной классификации исторических городов

| № п/п                                | Признаки классификации              | Категории признака классификации   | Класс города    |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------|
| 1                                    | по времени их возникновения         | Города, возникшие в X в. и ранее   | не предусмотрен |
|                                      |                                     | Города, возникшие в XI—XIII вв.  |                 |
|                                      |                                     | Города, возникшие в XIV—XVII вв.   |                 |
|                                      |                                     | Города, возникшие в XVIII—XIX вв.  |                 |
|                                      |                                     | Города, о времени возникновения которых нет сведений                                 |                 |
| 2                                    | по ценности планировочного наследия | Качество пространственной структуры всего города, его центра и отдельных частей      | Класс А         |
|                                      |                                     | Наличие ведущих и рядовых памятников архитектуры                                     | Класс Б         |
|                                      |                                     | Степень характерности рядовой застройки  | Класс В         |
| 3                                    | по численности населения            | Крупнейшие (более 500 тыс. чел.)   | не предусмотрен |
|                                      |                                     | Крупные (от 250 до 500 тыс. чел.)  |                 |
|                                      |                                     | Большие (от 100 до 250 тыс. чел.)  |                 |
|                                      |                                     | Средние (от 50 до 100 тыс. чел.)   |                 |
|                                      |                                     | Малые (до 50 тыс. чел.)  |                 |
|                                      |                                     | Поселки городского типа  |                 |
| Нет сведений о численности населения |                                     |  |                 |
| 4                                    | по темпам их развития               | Города, население которых увеличилось более чем в 3 раза                             | не предусмотрен |
|                                      |                                     | Города с населением, возросшим в 1,5—3 раза  |                 |
|                                      |                                     | Города, население которых увеличилось менее чем в 1,5 раза- или вовсе не увеличилось |                 |

На рисунках 1 и 2 для наглядности представлен процесс развития качества пространственной структуры исторического центра г. Москвы в период с 1739 по 1968 г.



Рис. 1. Развитие пространственной структуры исторического центра г. Москвы с 1739 по 1838 г. [13]



**Рис. 2.** Развитие пространственной структуры исторического центра г. Москвы с 1952 по 1968 г. [13]

Таким образом, в выборе классификационных признаков памятников архитектуры не маловажную роль оказывает его расположение в общей пространственной композиции города или поселка.

Согласно положениям Закона 1976 года «Об охране и использовании памятников истории и культуры», основные четыре вида памятников дополняются пятым видом «документальные», в соответствии с определением которого, учету и охране подлежат; акты органов государственной власти и управления; кинофотодокументы и звукозаписи, в также записи фольклора; древние рукописи, архивы и другие письменные источники.

В целях отнесения недвижимых памятников истории и культуры к памятникам общесоюзного, республиканского и местного значения вводится понятие «категория» и осуществляется деление по целям их использования.

Установленная в конце 70-х годов двадцатого столетия, система классификации просуществовала до вступления в силу Федерального закона от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (далее – Федеральный закон) [14], который в свою очередь, закрыл вопросы в области сохранения и учета памятников в переходный период становления современной России. Согласно преамбуле настоящего Федерального закона, основное понятие приобретает новое значение - «объект культурного наследия» (далее – ОКН).

Поскольку во многих трудах современных ученых и государственных органах классификация памятников опирается на Федеральный закон предлагается подробно раскрыть принятые на федеральном уровне признаки их ранжирования.

Основным признаком деления ОКН, исходя из его определения, является отнесении их к объектам недвижимого имущества (включая объекты археологического наследия) и иным объектам. В определении раскрываются дополнительные свойства объектов, а именно, с ними могут быть исторически-неразрывно связаны территории, произведения живописи и декоративно-прикладного искусства, объекты науки и техники и иные предметы материальной культуры.

Далее, ОКН в соответствии с Федеральным законом подразделяются на три «вида»:

- 1) памятники;
- 2) ансамбли;
- 3) достопримечательные места.

Анализ определений данных видов выявил существенную трансформацию признаков деления по отношению к признакам, принятым в советский период. Например, объекты архитектуры в зависимости от их свойств могут принадлежать к каждому из представленных видов ОКН, та же ситуация наблюдается и в отношении объектов археологического наследия и иных объектов.

Федеральным законом сохраняется ранее установленное дополнительное деление памятников на категории историко-культурного значения: федерального, регионального и местного (муниципального). Закрепляется новый признак, определяющий «предмет

охраны» ОКН и описывающий особенности объекта учета и охраны. А также ряд иных критериев соответствующие положениям Федерального закона, например,

- особо ценные;
- принадлежность к объектам, включенным в Список всемирного наследия;
- играют значение в формировании силуэта застройки населенного пункта;
- относятся к ОКН, находящимся в неудовлетворительном или аварийном состоянии и т.д.;

На основе проведенного анализа следует отметить, что на сегодняшний день на федеральном уровне сложилась новая система классификации памятников. Данная система прямо влияет на выбор классификационного деления исторически сложившейся конструктивной схемы объектов культурного наследия, в том числе несущих строительных конструкций объекта, отвечающих за его надежность и безопасность. Таким образом, создание классификации конструкций ОКН позволит разработать укрупненные нормативы. Например, укрупненное деление нормативов цены конструктивных решений, может состоять из фундаментов, перекрытий, несущих стен, колон и иных элементов конструкций.

## **ВЫВОДЫ**

Исходя из вышесказанного, следует, что на разных временных этапах классификация памятников осуществлялась для одного и того же объекта с различными, в иных случаях, несопоставимыми признаками и свойствами предмета классификации. Такой подход к систематизации и обобщению характерных черт однородных групп заданного множества объектов исследования или их части усложняет создание системы укрупненных показателей стоимости сохранения ОКН и не позволяет определять более полно и достоверно стоимость работ по их сохранению.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР от 5 октября 1918 года «О регистрации, приеме на учет и охране памятников искусства и старины, находящихся во владении частных лиц, обществ и учреждений». Режим доступа: <https://istmat.org/node/31571>. Дата обращения: 14.12.22.
2. Декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР от 16 сентября 1921 года «Об охране памятников природы, садов и парков» Режим доступа: <https://istmat.org/node/46708>. Дата обращения: 14.12.22.
3. Декрет Всероссийского центрального исполнительного комитета Совет Народных Комиссаров Р.С.Ф.С.Р. от 7 января 1924 года «Об учете и охране памятников искусства, старины и природы». Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_1916.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_1916.htm) Дата обращения: 14.12.22.
4. Постановление Народного Комиссариата Просвещения РСФСР «Инструкция об учете и охране памятников искусства, старины, быта и природы» Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_2079.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_2079.htm). Дата обращения: 14.12.22.
5. Постановление Совета Министров РСФСР от 22 мая 1947 г. № 389 «Об охране памятников архитектуры» Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_4641.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_4641.htm). Дата обращения: 14.12.22.
6. Постановление Совета Министров СССР от 14 октября 1948 г. № 3898 «О мерах улучшения охраны памятников культуры». Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_4718.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_4718.htm). Дата обращения: 14.12.22.
7. Постановление Совета Министров РСФСР от 29 июня 1957 г. № 781 «Об улучшении дела охраны и реставрации памятников культуры в РСФСР».
8. Постановление Совет Министров РСФСР от 30 августа 1960 г. № 1327 «О дальнейшем улучшении дела охраны памятников культуры в РСФСР» Режим доступа: <https://okn-mk.mkrf.ru/maps/show/id/836246>. Дата обращения: 14.12.22.
9. Постановление Совета Министров РСФСР от 24 мая 1966 г. № 473 "О состоянии и мерах улучшения охраны памятников истории и культуры в РСФСР. Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_4718.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_4718.htm). Дата обращения: 14.12.22.
10. Постановление Совета Министров РСФСР от 12 сентября 1974 г. № 501 «О порядке признания водных объектов памятниками природы или культуры» Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_8408.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_8408.htm). Дата обращения: 14.12.22.
11. Постановление ВС СССР от 29.10.1976 О порядке введения в действие Закона СССР Об охране и использовании памятников истории и культуры Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_9021.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_9021.htm). Дата обращения: 14.12.22.

12. Руководство по планировке и застройке городов с памятниками истории и культуры/ЦНИИП градостроительства. —М.: Стройиздат, 1980. — 141 с.
13. Примеры выявления и приспособления исторических объектов в рамках комплексного развития территории. ГБУ «ГлавАПУМоскомархитектуры». Режим доступа: <https://c-inf.ru/wp-content/themes/c-inf/static/images/announcement/materials/2-day/2-6.pdf>. Дата обращения: 14.12.22
14. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 20.10.2022) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» ПК «Консультант Плюс»

# РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

О.С. Голубова

*Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, д. 65,  
holubava@bntu.by*

## Аннотация

Методические подходы к оценке затрат жизненного цикла существуют уже достаточно давно, однако сама оценка еще не вошла в практическую деятельность ни заказчиков, ни проектировщиков. Для расширения практического опыта оценки затрат жизненного цикла были выполнены расчеты и рассмотрены результаты оценки затрат жизненного цикла 26 жилых зданий. Для сравнительной оценки затрат жизненного цикла жилых зданий предложен показатель удельных затрат в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья в год. Расчет выполнялся с использованием данных о фактических расходах на эксплуатацию зданий и с учетом фактических и предельных затрат на строительство, текущий, капитальный ремонт, модернизацию и снос зданий. Анализ результатов расчетов показывает, что наибольшее влияние на величину затрат и разброс их значений имеют эксплуатационные затраты и затраты на техническое обслуживание за весь период жизненного цикла. Вместе с тем, совокупность затрат, относящихся к строительной деятельности, включающая затраты на возведение, текущие и капитальный ремонт, на модернизацию и снос жилого здания, при выполнении этих работ в соответствии с плановой периодичностью их проведения, превышают величину эксплуатационных затрат, что определяет важность и значимость оптимизации затрат на выполнение строительно-монтажных работ.

Важным выводом по результатам оценки затрат жизненного цикла жилых зданий, сделанным автором является, то, что оценка затрат жизненного цикла содержит много громоздких расчетов, которые базируются на фактических или проектных данных. Результат расчетов во многом определяется ограничениями и допущениями, принятыми в расчетах. Поэтому использовать эти данные можно лишь в сравнительной оценке, выполненной при прочих равных условиях.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из ключевых приоритетов государственной политики Республики Беларусь является строительство жилья. Директивой Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 8 определены приоритетные направления развития строительной отрасли, в составе которых выделены задачи:

- поддержание средней стоимости квадратного метра жилья, строящегося с государственной поддержкой, в размере, не превышающем среднемесячную заработную плату;
- обеспечение строительства жилья, объектов социальной инфраструктуры и административных зданий в энергоэффективном исполнении.

Решение этих задач требует сбалансированности показателей снижения стоимости строительства (единовременных затрат) и его экономичности в процессе эксплуатации (снижение эксплуатационных расходов на содержание зданий), что определяет необходимость оценки затрат жизненного цикла. Однако, в настоящее время практический опыт оценки затрат жизненного цикла зданий в Республике Беларусь отсутствует, что определяет новизну и значимость данной работы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходными данными для оценки затрат жизненного цикла жилых зданий стали жилые дома, построенные и эксплуатируемые в Республике Беларусь. Дома имеют различную



этажность, находятся в разных регионах страны, отличаются материалом стен и сроком эксплуатации. Основой оценки затрат жизненного цикла стали данные о величине фактических эксплуатационных затрат по этим домам за 2021-2022 годы.

Для оценки затрат жизненного цикла использовалась методика, утвержденная постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 03.08.2022 № 74.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Оценка экономической эффективности строительства исследовалась такими учеными, как Гамисония А.Г. [1], Грабовый К.П. [2], Заренков В.А. [3], Кеменов А.В. [4], Коношенко М.В. [5], Степанов И.С. [6], Халезов А.С. [7], Яковлев Ю.В. [8]. Рассматривая строительную деятельность каждый из ученых, уделял внимание оценке экономической эффективности, указывая на необходимость рассматривать проекты комплексно, учитывая их эксплуатационные показатели.

Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденными Министерством экономики, Министерством финансов, Государственным комитетом по строительной, архитектурной, и жилищной политике Российской Федерации № ВК 477 от 21.06.1999 г. первым принципом оценки эффективности проекта является «рассмотрение проекта на протяжении всего его жизненного цикла (расчетного периода) – от проведения прединвестиционных исследований до прекращения проекта». Методику оценки затрат жизненного цикла в 2014 году в Российской Федерации разработало Некоммерческое партнерство «Международная ассоциация фондов жилищного строительства и ипотечного кредитования» (МАИФ). Сама методика содержит пример оценки затрат жизненного цикла двух жилых домов, что наглядно отражает ее практическую значимость.

В Республике Беларусь по заданию Министерства архитектуры и строительства была разработана Методика расчета затрат жизненного цикла жилого здания, утвержденная 3 августа 2022 года, постановлением № 74, которая сформировала методическую основу для выполнения соответствующих расчетов и определила нормативный подход к выполнению расчетов.

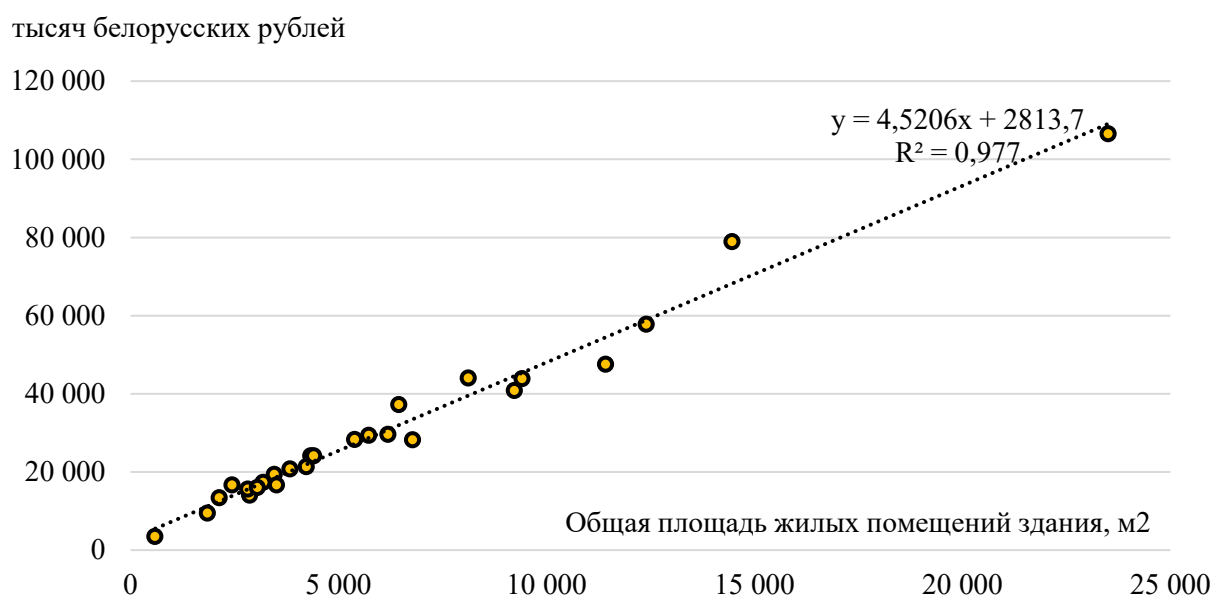
Используя существующую методическую основу для оценки величины затрат жизненного цикла жилых зданий было выбрано 26 жилых домов по которым собраны данные о величине эксплуатационных затрат на отопление, водоснабжение, канализацию, электроснабжение, техническое обслуживание зданий, лифтов, запорно-переговорных устройств, а также затраты на санитарное содержание вспомогательных помещений, управление общим имуществом совместного домовладения.

По этим зданиям на основании фактических значений и с использованием укрупненных показателей сметной стоимости строительства, утвержденных постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь № 47 от 20.08.2020 г., предельных показателей затрат на капитальный ремонт и модернизацию, утвержденных постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 14 июля 2015 г. № 22/17, были рассчитаны единовременные затраты на эти виды строительных работ.

Затраты на текущий ремонт, при отсутствии фактических данных о расходах на эти цели, были рассчитаны исходя из вида работ и затрат, выполняемых при текущем ремонте на основании структуры работ и значений предельной величины затрат на капитальный ремонт жилых зданий различных объемно-планировочных и конструктивных характеристик. Затраты на снос и утилизацию отходов, полученных от разборки, рассчитывались в соответствии с требованиями Методических указаний по применению нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении НРР 8.01.104-2017.

Срок жизненного цикла – 50 лет, был принят в соответствии с СН 3.02.07-2020 «Объекты строительства. Классификация», используемыми при проектировании жилых зданий. Периодичность капитального ремонта и модернизации принималась через 25-30 лет эксплуатации. Периодичность текущего ремонта: через каждые 7-8 лет эксплуатации.

Расчет выполнялся по экономически-обоснованным тарифам, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь № 507 от 23.12.2021г. В расчетах для обеспечения сопоставимости оценки затрат тарифы принимались едиными для всех жилых домов вне зависимости от обслуживающих их организаций и поставщиков ресурсов. Кроме того, учитывая, что прогнозирование инфляции и степени доходности капитала во времени в настоящий период имеет высокую степень неопределенности, расчеты выполнялись по системе «стоп цена», без учета инфляции и дисконтирования. Итоги расчетов с распределением затрат жизненного цикла 26 жилых зданий в зависимости от их общей площади, приведены на рисунке 1.

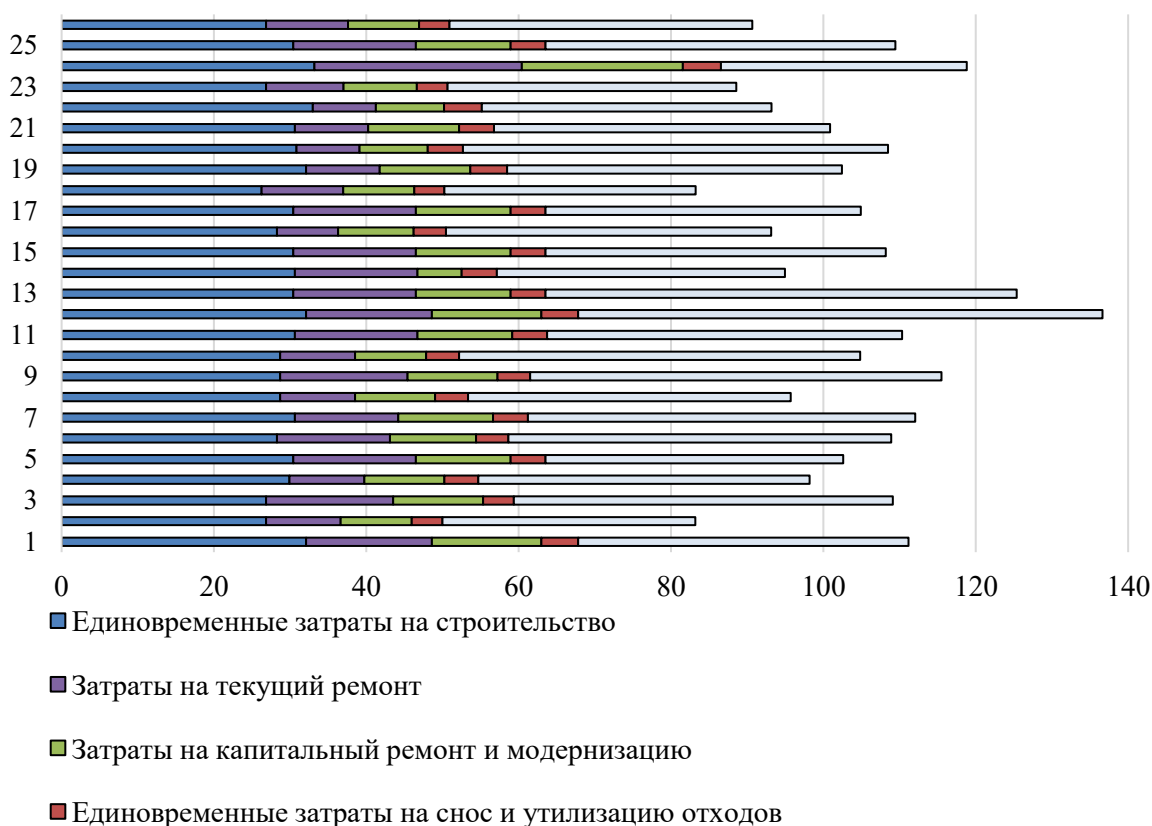


**Рис. 1.** Затраты жизненного цикла жилого здания в зависимости от общей площади здания, тысяч белорусских рублей

Высокое значение степени достоверности аппроксимации тренда (0,997) наглядно демонстрирует тесную линейную зависимость затрат жизненного цикла и общей площади жилых зданий, что позволяет сделать вывод о том, что оценивать сравнительную эффективность жилых зданий можно по удельным показателям, в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья. Кроме того, учитывая, что жизненный цикл различных жилых зданий может отличаться по длительности, удельный показатель затрат жизненного цикла жилых зданий рассчитывается на 1 год эксплуатации. Использование удельных показателей позволяет сравнивать их значения в абсолютном выражении. Структура затрат жизненного цикла 26 жилых зданий в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья в год приведена на рисунке 2.

Структура затрат наглядно демонстрирует доминирующую величину эксплуатационных затрат по отношению к единовременным затратам на строительство. В среднем эти затраты составляют 43 %, тогда как единовременные затраты на строительство составляют 29 %, затраты на текущий ремонт 13 %, на капитальный ремонт и модернизацию 11 %, а на снос и утилизацию отходов 4 % от общей величины затрат жизненного цикла. То есть на эксплуатационную стадию относится 67 % затрат, и только треть связана со строительством и сносом. И это при том, что тарифы на коммунальные услуги для населения регулируются государством и значительно ниже, чем для промышленных потребителей.

Еще один вывод, который можно сделать исходя из рассмотрения структуры затрат – это доминирующая роль строительства. Если учесть, что возведение, текущие ремонты, капитальный ремонт, модернизация и снос относятся к строительной деятельности, то на них приходится 57 % затрат жизненного цикла жилых зданий. Это раскрывает роль и значимость строительной деятельности для объектов недвижимости.

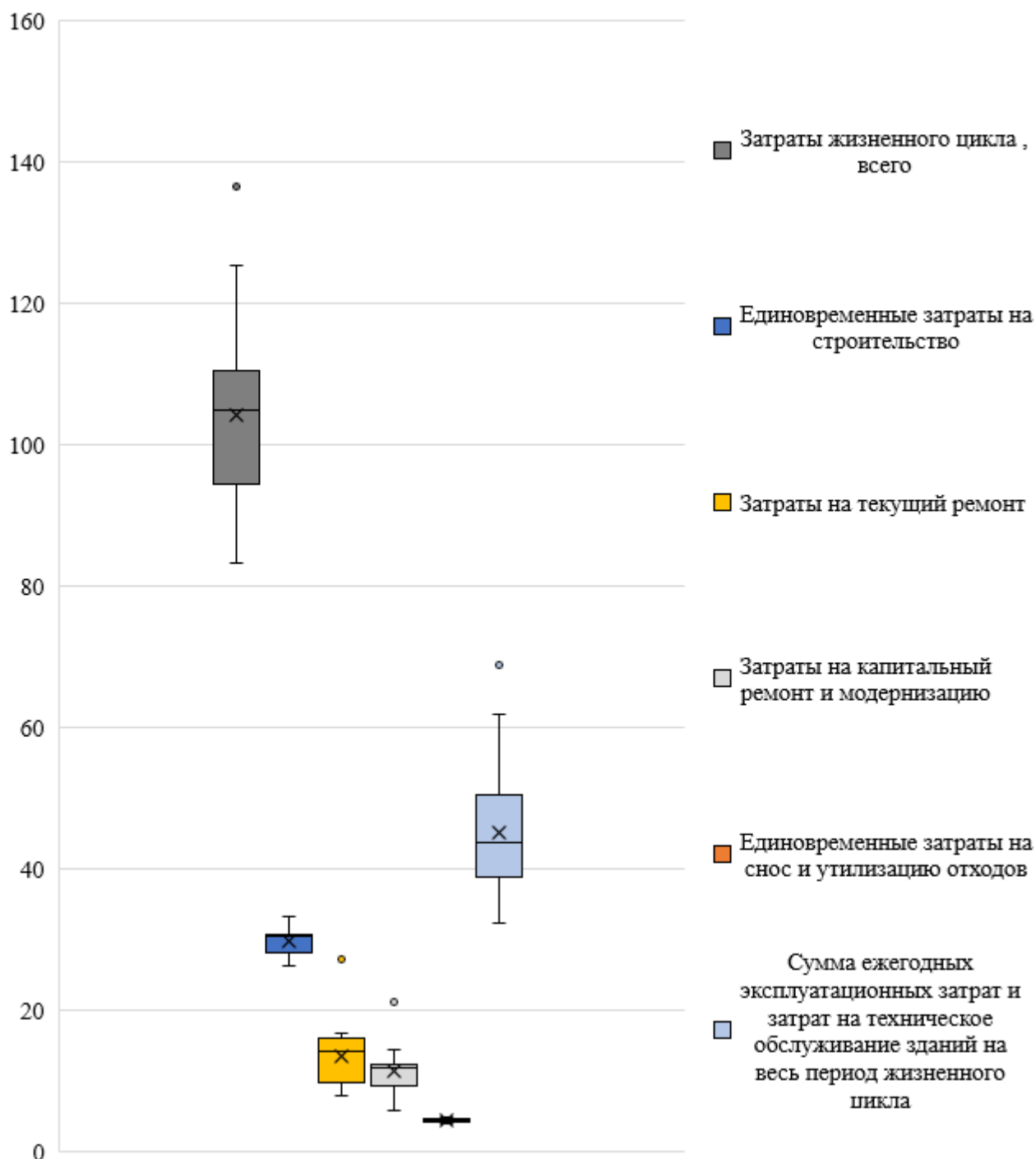


**Рис. 2.** Структура затрат жизненного цикла 26 жилых зданий в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья в год, белорусских рублей

Объектами исследования были различные здания. Они отличаются по этажности (2, 5, 7, 9, 12, 16, 19 этажей), конструктивным характеристикам и материалам стен (кирпич, КЖД, монолитный каркас с заполнением пенобетонными блоками), энергоэффективности, дате постройки, периодам капитального ремонта и модернизации. Анализ величины затрат жизненного цикла в зависимости от этажности здания, его общей площади, энергоэффективности, систем инженерной инфраструктуры показывает ее зависимость от перечисленных показателей. Но для однозначных выводов необходима значительно большая выборка объектов и анализ степени влияния разных факторов. Проведенные автором расчеты выполнялись с целью проверки практической реализуемости оценки для различных жилых домов, выявления специфики расчетов, проблем, связанных со сбором исходных данных, их обработкой и верификацией, поиска путей решения проблемы оценки при отсутствии тех или иных данных, необходимых для выполнения расчетов. И хотя, в данной работе не ставилась задача установления каких-либо абсолютных значений технико-экономических показателей затрат жизненного цикла жилых зданий, полученные результаты расчетов представляют собой определённый научный интерес.

Если анализировать разброс значений отдельных составляющих затрат жизненного цикла жилых зданий, то можно отметить, что они в нашем случае связаны в первую очередь с разбросом величины эксплуатационных затрат и затрат на техническое обслуживание зданий на весь период жизненного цикла (рисунок 3). Эти затраты имеют

наибольшее значение в структуре затрат, поэтому и оказывают самое большое влияние на их совокупную величину.



**Рис. 3.** Удельные затраты жизненного цикла, в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади в год, белорусских рублей

Кроме того, относительно небольшой разброс значений других показателей объясняется методическим подходом, связанным с тем, что в данном исследовании эксплуатационные затраты рассчитывались по фактическим данным, а стоимость строительства, текущего, капитального ремонта, модернизации и сноса исходя из фактических данных и с учетом предельных значений, соответствующих объёмно-планировочным и конструктивным характеристикам этих зданий.

Отдельным аспектом следует отметить, что несмотря на то, что для оценки затрат жизненного цикла жилых зданий были собраны фактические данные о величине

эксплуатационных затрат и затрат на техническое обслуживание, в работе анализировались фактические и нормативные затраты на строительство, текущий, капитальный ремонт и модернизацию, но расчет выполнялся с учетом плановых сроков проведения ремонтов. В то же время, фактические сроки эксплуатации жилых домов без проведения текущих и капитальных ремонтов значительно больше нормативных. В этих условиях структура затрат трансформируется в сторону увеличения эксплуатационных затрат, что делает еще более важной проблему строительства доступного ресурсоэффективного жилья.

## ВЫВОДЫ

1. Затраты жизненного цикла жилых зданий учитывают стоимость строительства, эксплуатации, технического обслуживания, капитального, текущих ремонтов, модернизации и сноса жилых зданий. Оценка затрат жилых зданий требует сбора и обработки большого количества данных, выполнения громоздких расчетов, которые базируются на фактических или проектных данных. Результат расчетов во многом определяется ограничениями и допущениями, принятыми в расчетах. Поэтому использовать эти данные можно лишь в сравнительной оценке, выполненной при прочих равных условиях.

2. Затраты жизненного цикла жилых зданий напрямую зависят от объемно-планировочных и конструктивных характеристик жилых зданий. Прямая корреляция значений затрат жизненного цикла 26 жилых зданий позволяет сделать вывод о том, что для сравнительной оценки лучше использовать показатель удельных затрат жизненного цикла зданий в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья в год.

3. Структура затрат жизненного цикла жилых зданий показывает, что доминирующее значение в ней занимают эксплуатационные затраты в совокупности с затратами на техническое обслуживание. Их удельный вес в структуре затрат составляет 43 %. Эти затраты отличаются наибольшим разбросом значений и самой вариативной составляющей величины совокупных затрат жизненного цикла жилых зданий.

4. Методика оценки затрат жизненного цикла жилых зданий представляет собой инструмент, не дающий абсолютного значения экономической эффективности, но вместе с тем, использование его для моделирования, прогнозирования, планирования затрат открывает большие возможности рационального строительства и содержания жилых зданий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гамисония А.Г.* Развитие методов оценки эффективности деятельности строительной организации. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук: спец. 08.00.05. Москва, 2007. 156 с.
2. *Грбовый К.П.* Методология управления энерго- и ресурсосберегающими инновациями в жилищном и коммунальном комплексах, обеспечивающих устойчивое развитие города и территории. Дисс. на соиск. учен. степ. докт. экон. наук: спец. 08.00.05. Москва, 2010. 339 с.
3. Управление проектами : [учебное пособие для вузов по спец. 060800 «Экономика и упр. на предприятиях строительства»] / В. А. Заренков. - 2-е изд. - Москва : АСВ ; Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, 2006. - 310 с.
4. *Кеменов А.В.* Логистическое регулирование потоковых процессов инвестиционно-строительного комплекса. Дисс. на соиск. учен. степ. докт. экон. наук: спец. 08.00.05. Москва, 2012. 322 с.
5. *Коношенко М.В.* Методические основы анализа экономической эффективности; инвестиционно-строительных проектов с учетом их опционных характеристик. Дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук : 08.00.05. Москва, 2007. 158 с.
6. Экономика строительства : учебник / под общей ред. И.С. Степанова. — 3-е изд., доп. и перераб. — М. : Юрайт-Издат, 2007. - 620 с.
7. *Халезов А.С.* Оценка эффективности инвестирования строительных проектов элитного жилья: на примере г. Москвы. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук: спец. 08.00.05. Москва, 2007. 162 с.
8. *Яковлев Ю.В.* Организационно-экономический механизм управления сложными инвестиционно-строительными проектами в современных условиях. Дисс. на соиск. учен. степ. докт. экон. наук: спец. 08.00.05. Санкт-Петербург, 2010. 317 с.

# СОСТОЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛИФТОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ САНКЦИЙ

А.А. Савостина<sup>1</sup>, Ю.О. Бакрунов<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>*allochkasavostina@mail.ru*

<sup>2</sup>*BakrunovYO@mgsu.ru*

## Аннотация

Проводится анализ состояния лифтостроительной отрасли Российской Федерации на текущий момент времени. Выполнен анализ статистических данных о производстве лифтов в период иностранных санкций. Выявлены причины сокращения закупок отечественного лифтового оборудования для замены на отработавших свой срок службы лифтах по программе капитального ремонта. Приведены графики объемов ввода многоквартирного жилья как потенциального заказчика лифтовой продукции. Приводились выдержки из положений Правительства РФ «Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года», роли в экономике России строительства и ЖКХ, планах не сбавлять темпы ввода жилья и программы капитального ремонта в условиях санкционного давления. Кроме того, приводится прогноз объема рынка лифтов для реализации этой стратегии, составленной Ассоциацией «Российское лифтовое объединение».

**Ключевые слова:** отечественное лифтостроение, прогноз рынка лифтов, лифтостроительная отрасль, зарубежные санкции, стратегии развития строительной отрасли.

## ВВЕДЕНИЕ

Лифты в современных зданиях делают высокие этажи легкодоступными, обеспечивают быстрое вертикальное перемещение пассажиров на необходимые им этажи, обеспечивая возможность проживания и трудовой деятельности в многоэтажных зданиях. При этом к эксплуатации и работе лифта предъявляются жесткие требования по безопасности, бесперебойной работе, точной остановки на этаже, к уровню шума и к энергоэффективности. Также необходимое количество лифтов и организации их работы должно обеспечивать требуемый пассажиропоток в здании, при этом занимать как можно меньше пространства и вписываться общую экосистему здания. Таким образом, на сегодняшний день здание проектируется исходя из существующих норм в производстве лифтов, учитывая их размеры для шахты и машинных помещений, учитывая способность организовать требуемый пассажиропоток, то есть в настоящее время лифтостроение является неотъемлемой частью многоэтажного строительства.

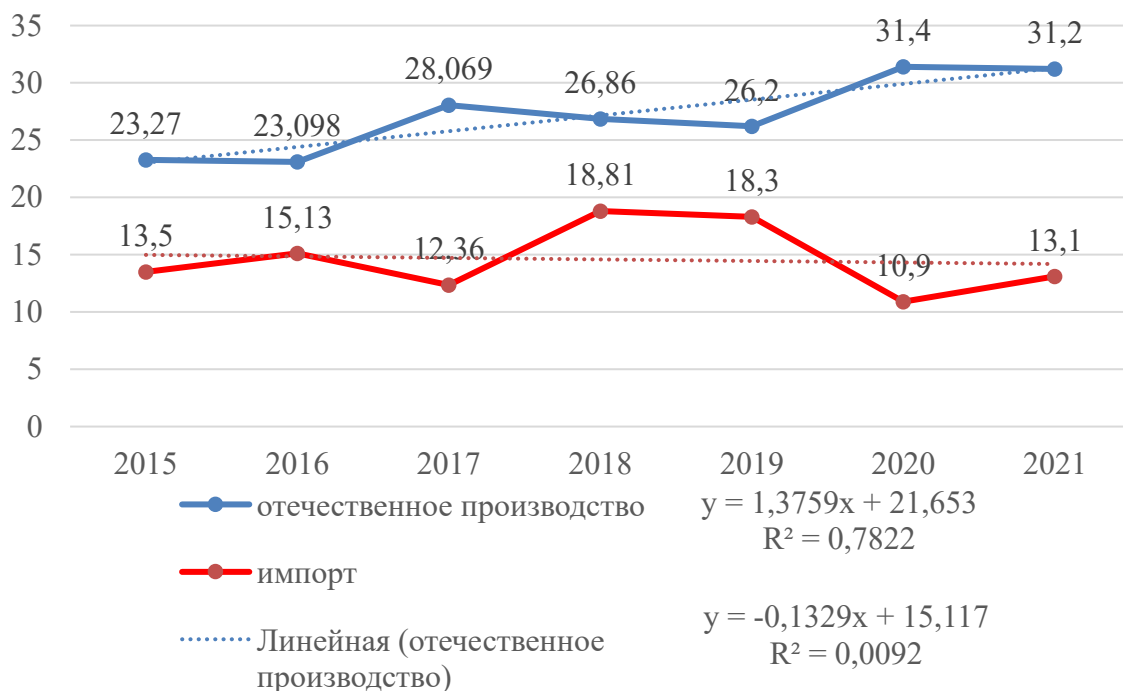
Это определило тему настоящего исследования - анализ состояния отечественной лифтовой отрасли на сегодняшний момент времени. Актуальность темы, что проводить анализ состояния и проблем, необходимо для принятия практических решений в развитии лифтовой отрасли.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Лифты отечественного производства до последнего времени (введения зарубежных санкций) использовались для замены отработавших свой срок службы лифтов (эксплуатационный срок службы лифтов составляет 25 лет) или не удовлетворяющим современным требованиям по безопасности, в многоквартирных домах и на объектах социального значения, а также в новостройках эконом класса.

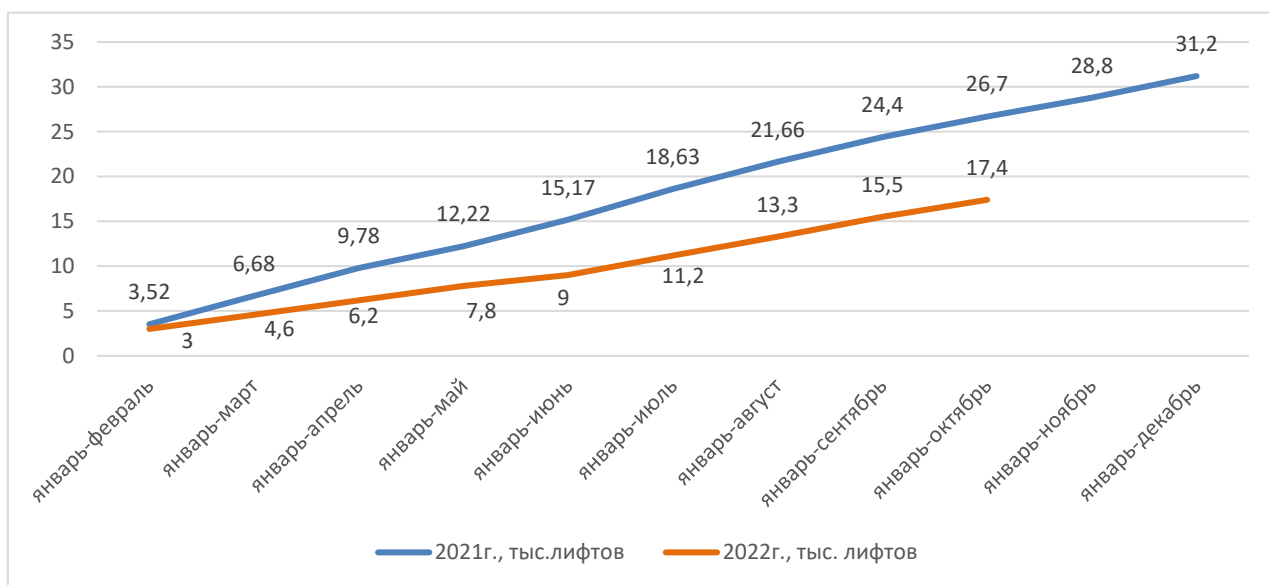
На объектах класса «комфорт», а также в зданиях сверхвысокой этажности использовались лифты ведущих мировых лифтовых производителей (30% от общего

производства); кроме того, в комплектующих на главные узлы лифта, такие как лебёдка, преобразователи частоты и др. в основном используются изделия от иностранных производителей (примерно 30%) (рис.1.) [1].

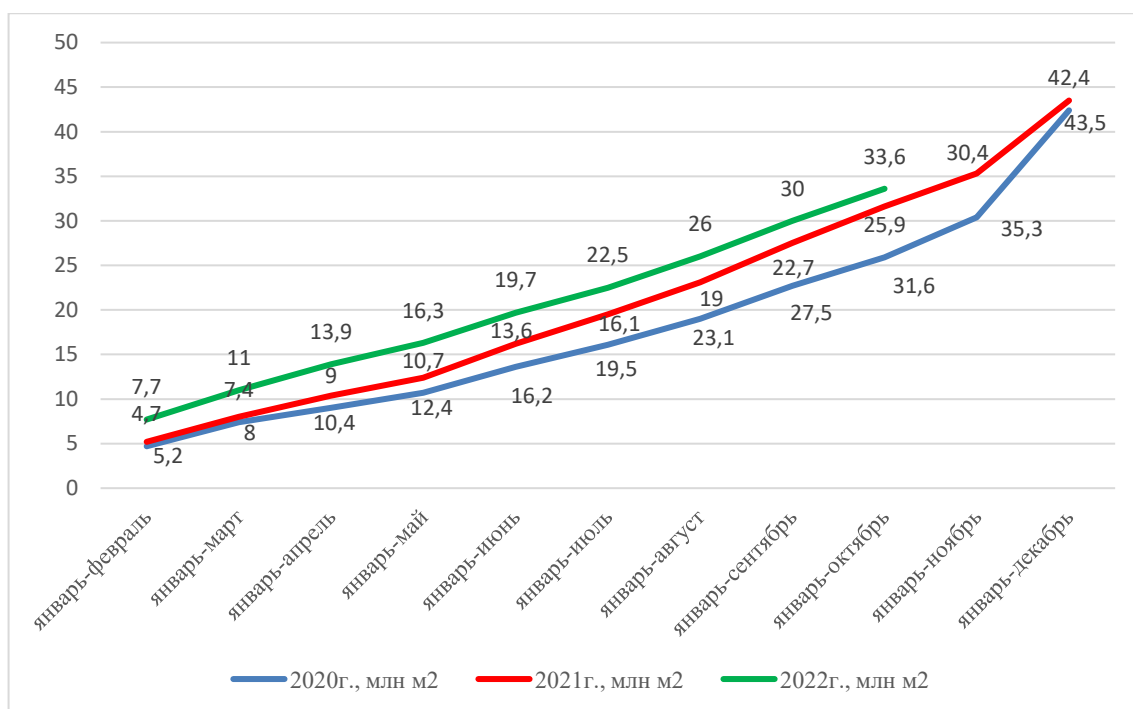


**Рис. 1.** Объем производства лифтов отечественных лифтостроительных предприятий и объем производства импорта в России, тыс. шт.

Для исследования влияния зарубежных санкций на отечественную лифтовую отрасль необходимо, по мнению авторов, сопоставить графики по производству лифтов в Российской Федерации по месяцам за 2021 и 2022 гг. на основе статистических данных Росстата и выполнить их анализ (рис.2, 3).



**Рис. 2.** Динамика объема производства лифтов в РФ



**Рис. 3.** Динамика ввода многоквартирных домов застройщиками в России, млн. м2

Основная закупка отечественной продукции осуществляется по программам:

- программа замены лифтов, не отвечающих современным стандартам безопасности по ТР ТС 011/2011 финансируемых за счет программы капитального ремонта [10]. Оценка производится путем сбора информации по финансированию и технической реализации этой программы;
- обеспечение лифтами новостроек, поскольку действует программа реновации «Жилье и городская среда», а также для коммерческой социальной недвижимости.

Оценку можно производить по статистическим данным по вводу многоквартирных домов по месяцам за 2021 и 2022 гг. и информации по ценам на недвижимость, государственной поддержки и технической реализации программы «Жилье и городская среда».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На графике 2 составленным по данным Росстата о производстве лифтов в РФ за январь-декабрь 2021г. и январь-октябрь 2022г. видно, что снижение производства отечественных лифтовых заводов происходит с самого начала. Поэтому имеет место снижение объемов закупки лифтов, поскольку заводы работают не на полную мощность.

Значительная доля производства отечественного оборудования выпускается для замены выработавших свой ресурс лифтов по программе капитального ремонта, а средства на выполнение этой программы на 2022г. выделялись в 2021г. Из-за возросшей цены на лифтовое оборудования порядка 30-40% в 2022г. из-за удорожания металла и усложнившейся доставки импортного оборудования, то многие планируемые аукционы на замену лифтов из-за недостатка средств не состоялись [5, 8]. Негативную роль также сыграла приостановка приема заказов у ООО "Отис" (Санкт-Петербург), считающимся самым инновационным лифтостроительным заводом на территории РФ. В июле корпорация Отис продала свои заводы в Санкт-Петербурге и в Щербинке российским компаниям. S8 Capital, что позволило восстановить производство инновационных лифтов и лифтовых лебёдок [2].

По заявлению главы Минстроя РФ в июне, отечественной лифтовой отрасли для адаптации к новым условиям необходимо примерно полгода. Кроме того, стоит отметить, что в 2021 году действовал проект по ускоренной замене отечественных



энергоэффективных лифтов (не ниже класса В) [4], для которого Правительство РФ выделило субсидии 750 млн. руб., на оплату процентов в рассрочку по кредиту.

Тем не менее, в российских домах в 2022 году должны заменить лифты на 43 млрд. руб. В Фонде ЖКХ, заявили, что до конца 2022 года запланировано заменить 14,5 тыс. лифтов. На сегодняшний день контракты заключили на 13,3 тыс. лифтов на сумму 42,7 млрд. руб. В ноябре 2022г. Комиссия по вопросам лифтового хозяйства начала реализацию проекта с оплатой в рассрочку половины стоимости лифта для жильцов, которые собирают деньги на капитальный ремонт на специальных счетах конкретного дома. Как полагают, это мера простимулирует спрос на лифтовое оборудование [4].

На графике 1 ввода многоквартирных домов в РФ (заказчика лифтов) в целом указаны высокие показатели, по сравнению с предшествующими годами. Но это задел предыдущих лет, и сейчас несколько месяцев подряд наблюдается некоторое снижение темпов прироста по сравнению с 2021 годом. Однако, по мнению экспертов, цены на жилье хотя и меняются, по сравнению с кризисами, которые были ранее, рынок жилья стабилен, благодаря долгосрочной стратегии и государственной поддержке строительной отрасли [11].

В Российской Федерации Национальный проект «Жилье и городская среда», причем, исходя из пояснительной записки к проекту бюджета на 2023 год, затраты увеличиваются на 6,3 млрд. руб. Всего на нужды Национального проекта выделяют 178,5 млрд. руб. в 2023 году, и 175,7 млрд. руб. в 2024 году. Вообще в строительстве примерно 17 млн. раб. Мест, при доле ВВП в 5,7%, платит 1,6 трлн. руб. налогов [3].

Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022г. №3268-р утвердить Стратегию развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. В 2021 году общий вклад строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства в экономику с учетом смежных отраслей. Вклад в ВВП 14,4 трлн. руб. (11% общего объема ВВП), а с учетом деятельности по операциям с недвижимым имуществом 24,9 трлн. руб. (19% общего объема ВВП), общая выручка организаций строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства 25,6 трлн. руб. (20,7% общего объема выручки организаций по всем видам экономической деятельности), суммарное поступление налогов с бюджет 2,89 трлн. руб. (10% общего объема налогов), а с учетом деятельности по операциям с недвижимым имуществом 3,75 трлн. руб. (13,3% общего объема налогов).

В 2022 году РФ столкнулась с новыми вызовами, требующими мобилизации ресурсов и выработки новых подходов к решению актуальных задач в экономике и социальной сфере в условиях внешнего давления и ограничений. Развитие и поддержка строительной отрасли и ЖКХ будут способствовать импортозамещению, созданию новых рабочих мест, увеличением спроса на продукцию промышленных производств, а результаты, которые могут быть достигнуты в этих отраслях, окажут непосредственное влияние на улучшение качества жизни граждан, создание комфортной и безопасной среды, нового качества инфраструктуры для жизни, работы и отдыха человека – главного капитала нашей страны.

Стратегическая задача – реализовать потенциал строительного комплекса, что обеспечит основу развития каждого региона и страны в целом. Стратегическими целями являются: обеспечение доступности приобретения, строительства или аренды жилья не менее чем двум третям (67%) граждан страны; ввод более 1 млрд. кв. метров жилья (за период 2021-2030гг.) в том числе многоквартирных домов не менее 550 млн. кв. и формирование основы для дальнейшего развития жилищного строительства. Для обеспечения строительства в 2021 - 2030гг. 1 млрд. кв. метров жилья необходимо около 86 трлн. руб. С учетом того, что не менее 50% жилья приобретается в ипотеку, значительная часть этих средств обеспечит ипотечное кредитование.

Использование механизмов государственно-частного партнерства при реализации в сфере ЖКХ имеет большие перспективы для развития отрасли. Инструмент концессия

позволяет привлечь необходимые инвестиции и комплексно развивать инфраструктурные объекты (таблица 1) [7].

Таблица 1 Прогнозные показатели потребности в лифтах, ед. / год [6]

| наименование  | года  |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  |
| Объем замены лифтов в год, тыс. ед. (93 тыс. накоплено + 10 тыс. ежегодно с 2023 г. | 12000 | 10000 | 15000 | 20000 | 25000 | 28000 | 30000 | 33000 |
| Объем жилищного строительства млн. кв. м  | 92    | 90    | 93    | 96    | 100   | 103   | 107   | 110   |
| Объем рынка лифтов в год, ед.   | 28000 | 27000 | 28000 | 29000 | 30000 | 31000 | 32000 | 33000 |
| Итого объем рынка лифтов в год, ед.   | 40000 | 37000 | 42000 | 49000 | 55000 | 59000 | 62000 | 66000 |

## ВЫВОДЫ

Несмотря на иностранные санкции, оказавшие сильное давление на лифтовую и строительную отрасли, долгосрочная программа капитального ремонта «Жилье и городская среда» продолжает работать и получать государственную поддержку. Возможно, задачу о приведении всех лифтов в соответствии с требованиями стандарта безопасности ТР ТС 011/2011 к февралю 2025г., перенесут на более поздний срок [7].

В дальнейшем после реформирования рынка лифтостроительных предприятий появятся новые возможности для строительной и лифтовой отрасли за счёт увеличения доли отечественных производителей и их влияние на развитие отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность в лифте: как избежать эксцессов URL: <https://realty.ria.ru/20201103/lift-1582634845.html>
2. Группа S8 Capital купит производителя лифтов Otis URL: <https://iz.ru/1371041/2022-07-27/gruppa-s8-capital-kupit-proizvoditelia-liftov-otis>
3. Минстрой России заключил соглашение о развитии государственно-частного партнерства в сфере ЖКХ URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/minstroy-rossii-zaklyuchil-soglashenie-o-razvitii-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva-v-sfere-zhkkh/>
4. Национальный проект «Жильё и городская среда» URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda/>
5. О подтверждении производства на территории РФ URL: <http://rlolift.ru/ru/press/news/sendvalues/more/1156/>
6. Официальный сайт РЛО Объем рынка лифтов в России URL: <http://rlolift.ru/ru/press/news/sendvalues/more/1163/>
7. Поможет ли индексация выполнить все задачи, поставленные перед нацпроектом URL: <https://iz.ru/1403162/sofia-smirnova/ne-nizok-ne-vysok-na-stroitelstvo-dostupnogo-zhilia-dobaviat-63-mlrd-rublei>
8. Производство лифтов в России снизилось на 41% за первое полугодие URL: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2022/08/02/934172-proizvodstvo-liftov-snizilos>
9. Производство лифтов в РФ за январь-май 2022 года сохраняет отрицательную динамику URL: [http://www.lift-press.ru/view\\_post.php?id=8937](http://www.lift-press.ru/view_post.php?id=8937)
10. ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА ТР ТС 011/2011 Безопасность лифтов (с изменениями на 19 декабря 2019 года) URL: <https://docs.cntd.ru/document/902307835>
11. Эксперт рассказала о ситуации на рынке недвижимости в России в октябре URL: <https://iz.ru/1413774/2022-10-21/ekspert-rasskazala-o-situacii-na-rynke-nedvizhimosti-v-rossii-v-oktiabre>

## О ПОДХОДЕ К ФОРМИРОВАНИЮ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

О.Н. Яркова<sup>1</sup>, Н.А. Сидоренко<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4,

<sup>1</sup>yarkova\_on@mail.ru

<sup>2</sup>nikitasidorenko1998@gmail.com

### Аннотация

Управление рисками это одна из важнейших задач в реализации строительного проекта, обусловленная существованием ситуаций неопределенности по отношению к внешней среде. В работе поставлена задача определения стратегии управления рисками при строительстве жилых объектов. Процесс управления рисками проекта строительства жилых объектов предлагается исследовать методами матричной теории игр и имитационного моделирования. Предлагаемый подход к формированию стратегии управления рисками проектов строительства включает: экспертный анализ вероятностей и последствий рисков, их комбинации, влияющих на продолжительность строительства объекта с учётом стратегий природы и лица принимающего решения; расчет вероятностных показателей продолжительности строительства проекта в программном вычислительном комплексе Oracle Primavera Risk Analysis методом Монте-Карло для различных комбинаций рисков; построение по результатам статистического моделирования матриц рисков для игры с природой в условиях неопределенности; принятие решений на основе критериев Лапласа, Сэвиджа, Гурвица.

### ВВЕДЕНИЕ

Управление рисками является важной задачей в реализации строительного проекта, обусловленной существованием ситуаций неопределенности, недостатком исходных данных в управлении рисками, влияющими на строительство проекта. Прогнозирование наступления рискованных ситуаций или их комбинацией помогает выработать стратегии реагирования в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска на проект для успешного управления строительством объекта в ситуации неопределенности.

Для эффективного управления рисками проектов строительства необходимо использовать современные математически-обоснованные подходы анализа и моделирования рисков, что объясняется возможностью формализации, конструктивного развития и повышения эффективности методов стратегического управления [3].

Для повышения эффективности системы стратегического управления целесообразно использовать теорию игр, позволяющую найти оптимальное решение с учетом представлений об участниках процессов управления, их возможностях и потенциале, а также возможных действий с учетом существующих рисков [13]. Так, к примеру Кравченко А.Ю. [4] в своей работе использовала теорию матричных игр при обосновании уровня развития предпринимательских структур. Яркова О.Н., Муртазина Р.З. [12] рассматривают модель формирования стратегии управления запасами строительных материалов с учётом неопределенности, используя теорию матричных игр. Лученко М.М., Чепаренко Н.В., Демин А.М. [6, 10] описывают управление экономическим риском с применением математического аппарата теории игр, рассматривают методические и прикладные аспекты моделирования процесса обоснования выбора инвестиционных решений в деятельности строительных организаций с применением статистических игр в ситуации недостаточной информации для принятия управленческих решений, влияющих на эффективность экономической деятельности участников строительства и порождающих экономические риски. Юрлов Ф.Ф. [11] предлагает и тестирует метод, основанный на теории игр с природой и методе комплексных показателей. Тхор С.А. [8]

рассматривает игру разумного противника с природой в кризисных условиях, формирует оптимальные стратегии развития предпринимательских структур в кризисных условиях. Буценко Е.В. [1] представляет формализованный алгоритм построения предложенной эконометрической методики оптимизации управления инвестиционным проектированием, основанный на применении методов теории матричных игр. Угольницкий Г.А. в работе [9] рассматривает теоретико-игровое моделирование в приложении к задачам управления инвестиционно-строительного проектирования и задачам девелопмента недвижимости. Другим важным инструментарием является применение методов имитационного моделирования в задачах оценки эффективности строительных проектов и управления рисками, которое нашло свое отражение в работах [2, 5, 7]. Таким образом, можно отметить большое разнообразие работ в сфере оценки и управления рисками проектами строительства, однако, на наш взгляд целесообразно применить комплексный подход, основанный на применении методов статистического имитационного моделирования и методов теории игр.

В работе нами поставлена задача разработки подхода к формированию стратегии принятия решений по управлению рисками проекта строительства в условиях неопределенности.

## **МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Поставим задачу определения стратегии управления рисками при строительстве жилых объектов. В качестве информационной базы выступал проект строительства жилых корпусов ЖК Ultra City.

Качественная оценка рисков выполнялась экспертно методом Дельфи. Экспертами являлись квалифицированные специалисты строительных и проектных организаций, имеющих опыт строительстве, специалисты высших учебных заведений строительного профиля, специалисты НИИ, специализирующиеся по данной теме.

Методику формирования стратегии принятия решений продемонстрируем на примере трех видов рисков:

- «эпидемия (пандемия)», в том числе коронавирус, атипичные пневмонии, грипп и другие тяжелые инфекционные заболевания. Относится к категории – внешний; влияет на продолжительность строительства;
- «повышение цен на материалы». Относится к категориям: внешний, экономический; влияет на продолжительность и стоимость строительства;
- «перебой с электричеством» на строительной площадке. Относится к категории – внешний; влияет на продолжительность строительства.

Рассмотрим возможные способы управления рисками. Будем рассматривать следующие элементарные (относящиеся к одному виду риска) стратегии управления риском: С1– «снижение риска», которая предусматривает снижение вероятности и/или степени влияния риска за счет проведения профилактических мероприятий – например снижение вероятность на 20%-30% и/или степени влияния на 20%-30% (может варьироваться в зависимости от вида риска и возможности снизить его); С2 – «существенное снижение риска», предусматривает существенное снижение вероятности и/или степени влияния риска за счет проведения профилактических мероприятий – например, снижение вероятность на 60%-80% и/или степени влияния на 60%-80% (может варьироваться в зависимости от вида риска и возможности снизить его). Стратегия «принятие риска» в настоящей работе рассматриваться не будет ввиду того что она является доминируемой по отношению к рассматриваемым критериям эффективности стратегии управления рисками, в частности, по показателям продолжительности проекта. Методы управления риском с привязкой к рассматриваемым видам риска приведены в таблице 1.

На основе приведенных методов управления риском сформируем стратегии управления рисками лица принимающего решения (ЛПР) А1-А8, приведенные в таблице 2.

Таблица 1. Стратегии ЛПР (лица принимающего решения)

| Наименование рискового события | Метод управления риском          | Мероприятия по снижению риска   |
|--------------------------------|----------------------------------|---|
| Эпидемия (пандемия)            | Снижение (С1)                    | Выдача средств индивидуальной защиты, установка датчика измерения температуры на КПП, установка санитайзеров в местах общего пользования.   |
|                                | Существенное снижение риска (С2) | Обязательная вакцинация работников, обеспечение работников витаминными, лекарственными противовирусными и профилактическими препаратами, доп. осмотры терапевтом, медицинское сопровождение заболевших за счет средств организации, финансирование ДМС, выдача средств индивидуальной защиты, установка датчика измерения температуры на КПП, установка санитайзеров в местах общего пользования. |
| Перебои с электричеством       | Снижение (С1)                    | Установить временные щитовые  |
|                                | Существенное снижение риска (С2) | Установить временные щитовые, установить дизельные электрогенераторы  |
| Повышение цен на материалы     | Снижение (С1)                    | Заранее рассмотреть варианты покупки строительных материалов у альтернативных поставщиков, иметь базу поставщиков и мониторить цены на товары   |
|                                | Существенное снижение риска (С2) | Сформировать достаточный резерв материалов, сформировать резерв высоколиквидных средств и инвестиционных вложений, рассмотреть варианты покупки строительных материалов у альтернативных поставщиков, иметь базу поставщиков, мониторить цены на товары   |

Таблица 2. Стратегии управления рисками ЛПР

| Стратегия | Эпидемия (пандемия) | Перебои с электричеством | Повышение цен на материалы |
|-----------|---------------------|--------------------------|----------------------------|
| А1        | С1                  | С1                       | С1                         |
| А2        | С2                  | С1                       | С1                         |
| А3        | С1                  | С2                       | С1                         |
| А4        | С2                  | С2                       | С1                         |
| А5        | С1                  | С1                       | С2                         |
| А6        | С2                  | С1                       | С2                         |
| А7        | С1                  | С2                       | С2                         |
| А8        | С2                  | С2                       | С2                         |

Рассмотрим возможные состояния внешней среды, формирующие стратегии природы: Н – низкий уровень негативного воздействия внешней среды, В – высокий уровень негативного воздействия. В частности:

- по виду риска «эпидемия(пандемия)» – высокий уровень негативного воздействия связан с появлением новых высокозаразных и летальных штаммов вирусов; низкий – старые штаммы, низкая летальность и/или низкая распространяемость инфекционногозаболевания;
- по виду риска «перебои с электричеством»: высокий уровень негативного воздействия внешней среды – частые, длительные отключения; низкий – редкие непродолжительные отключения;

- по виду риска «повышение цен на материалы»: высокий – существенное повышение цен на материалы и/или введение санкций на поставки, приведшие к необходимости поиска альтернативных методов поставки связанных с увеличением транспортных затрат по времени и стоимости, низкий – не значительное повышение цен в пределах 20 %.

Сформулированные элементарные стратегии позволили сформировать стратегии природы P1-P8, приведенные в таблице 3.

Таблица 3. Стратегии природы

| Стратегия | Эпидемия (пандемия) | Перебой с электричеством | Повышение цен на материалы |
|-----------|---------------------|--------------------------|----------------------------|
| P1        | Н                   | Н                        | Н                          |
| P2        | В                   | Н                        | Н                          |
| P3        | Н                   | В                        | Н                          |
| P4        | В                   | В                        | Н                          |
| P5        | Н                   | Н                        | В                          |
| P6        | В                   | Н                        | В                          |
| P7        | Н                   | В                        | В                          |
| P8        | В                   | В                        | В                          |

Далее необходимо сформировать матрицу выигрышей/рисков. При построении матрицы учтем временные затраты на реализацию проекта строительства. Для этого введены обозначения:

$q^1_{ij}$  - вероятность наступления события «эпидемия (пандемия)», %;  $X^1_{ij}$  - степень влияния события «эпидемия (пандемия)» на продолжительность проекта, %;

$q^2_{ij}$  - вероятность наступления события «Перебой с электричеством», %;  $X^2_{ij}$  - степень влияния события «Перебой с электричеством» на продолжительность проекта, %;

$q^3_{ij}$  - вероятность наступления события «Повышение цен на материалы», %;  $X^3_{ij}$  - степень влияния события «Повышение цен на материалы» на продолжительность проекта, %;

$F_{ij}=f(q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij})$  - один из показателей эффективности стратегии управления риском.

Методику формирования стратегии управления рисками будем рассматривать относительно двух критериев:

- 1)  $F1_{ij}=M(q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij})$  - математическое ожидание времени выполнения проекта при значениях управляющих параметров  $q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij}$ , в днях;
- 2)  $F2=T(q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij}/P=0,9)$  - время завершения проекта с вероятностью  $P=0,9$  при значениях управляющих параметров  $q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij}$ , в днях.

Цели по критериям:

$$F1(q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij}) \rightarrow \min.$$

$$F2(q^1_{ij}, X^1_{ij}, q^2_{ij}, X^2_{ij}, q^3_{ij}, X^3_{ij}) \rightarrow \min.$$

По каждому из критериев построим матрицу рисков. Для построения матриц рисков предлагается использовать метод статистического моделирования Монте-Карло, позволяющий оценить вероятностные характеристики проекта строительства при заданных способах управления риском. Стратегии управления рисками будем определять на основе сформированных матриц рисков по критериям Лапласа, Сэвиджа и Гурвица.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 4 приведены значения управляемых параметров по исследуемым видам риска для различных комбинаций стратегий природы и ЛПП, оцененные экспертно.

Таблица 4. Значения управляемых параметров стратегий управления рисками

| Внешняя среда | Эпидемия (пандемия),<br>$q^1, \%/X^1, \%$ |       | Перебои с электричеством,<br>$q^2, \%/X^2, \%$ |     | Повышение цен на материалы, $q^3, \%/X^3, \%$ |       |
|---------------|---|-------|--|-----|---|-------|
|               | C1  | C2    | C1   | C2  | C1  | C2    |
| H             | 18/20                                     | 9/12  | 2/7  | 1/4 | 20/7  | 17/5  |
| B             | 39/37                                     | 24/25 | 5/11   | 3/8 | 27/12   | 21/10 |

На основе данных таблицы 4 построена матрица управляемых параметров, представленная в таблице 5.

Таблица 5. Матрица управляемых параметров

|               | $q^1/X^1, \%$<br>$q^2/X^2, \%$<br>$q^3/X^3, \%$ | Стратегии природы    |                      |                       |                       |                       |                       |                        |                        |
|---------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|               |   | P1                   | P2                   | P3                    | P4                    | P5                    | P6                    | P7                     | P8                     |
| Стратегии ЛПР | A1  | 18/20<br>2/7<br>20/7 | 39/37<br>2/7<br>20/7 | 18/20<br>5/11<br>20/7 | 39/37<br>5/11<br>20/7 | 18/20<br>2/7<br>27/12 | 39/37<br>2/7<br>27/12 | 18/20<br>5/11<br>27/12 | 39/37<br>5/11<br>27/12 |
|               | A2  | 9/12<br>2/7<br>20/7  | 24/25<br>2/7<br>20/7 | 9/12<br>5/11<br>20/7  | 24/25<br>5/11<br>20/7 | 9/12<br>2/7<br>27/12  | 24/25<br>2/7<br>27/12 | 9/12<br>5/11<br>27/12  | 24/25<br>5/11<br>27/12 |
|               | A3  | 18/20<br>1/4<br>20/7 | 39/37<br>1/4<br>20/7 | 18/20<br>3/8<br>20/7  | 39/37<br>3/8<br>20/7  | 18/20<br>1/4<br>27/12 | 39/37<br>1/4<br>27/12 | 18/20<br>3/8<br>27/12  | 39/37<br>3/8<br>27/12  |
|               | A4  | 9/12<br>1/4<br>20/7  | 24/25<br>1/4<br>20/7 | 9/12<br>3/8<br>20/7   | 24/25<br>3/8<br>20/7  | 9/12<br>1/4<br>27/12  | 24/25<br>1/4<br>27/12 | 9/12<br>3/8<br>27/12   | 24/25<br>3/8<br>27/12  |
|               | A5  | 18/20<br>2/7<br>17/5 | 39/37<br>2/7<br>17/5 | 18/20<br>5/11<br>17/5 | 39/37<br>5/11<br>17/5 | 18/20<br>2/7<br>21/10 | 39/37<br>2/7<br>21/10 | 18/20<br>5/11<br>21/10 | 39/37<br>5/11<br>21/10 |
|               | A6  | 9/12<br>2/7<br>17/5  | 24/25<br>2/7<br>17/5 | 9/12<br>5/11<br>17/5  | 24/25<br>5/11<br>17/5 | 9/12<br>2/7<br>21/10  | 24/25<br>2/7<br>21/10 | 9/12<br>5/11<br>21/10  | 24/25<br>5/11<br>21/10 |
|               | A7  | 18/20<br>1/4<br>17/5 | 39/37<br>1/4<br>17/5 | 18/20<br>3/8<br>17/5  | 39/37<br>3/8<br>17/5  | 18/20<br>1/4<br>21/10 | 39/37<br>1/4<br>21/10 | 18/20<br>3/8<br>21/10  | 39/37<br>3/8<br>21/10  |
|               | A8  | 9/12<br>1/4<br>17/5  | 24/25<br>1/4<br>17/5 | 9/12<br>3/8<br>17/5   | 24/25<br>3/8<br>17/5  | 9/12<br>1/4<br>21/10  | 24/25<br>1/4<br>21/10 | 9/12<br>3/8<br>21/10   | 24/25<br>3/8<br>21/10  |

Матрицы рисков построены на основе расчетов по методу Монте-Карло для проекта строительства жилых корпусов ЖК Ultra City в пакете Oracle Primavera Risk Analysis с учетом вариации параметров выбранных видов риска при фиксированных остальных параметрах проекта. Oracle Primavera Risk Analysis предоставляет решение для управления рисками, интегрированное с возможностями качественного и количественного анализа рисков для проектов, позволяющее выявить влияние риска и неопределенности на проект. Матрица рисков по критерию математическое ожидание времени выполнения проекта представлена в таблице 6.

Таблица 6. Матрица рисков по критерию математическое ожидание времени выполнения проекта, в днях

|               |    | Стратегии природы |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|----|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|               |    | P1                | P2  | P3  | P4  | P5  | P6  | P7  | P8  |
| Стратегии ЛПР | A1 | 712               | 783 | 714 | 785 | 722 | 790 | 724 | 792 |
|               | A2 | 696               | 728 | 698 | 730 | 707 | 737 | 709 | 739 |
|               | A3 | 702               | 783 | 712 | 784 | 722 | 790 | 723 | 791 |
|               | A4 | 695               | 727 | 696 | 728 | 706 | 737 | 707 | 738 |
|               | A5 | 709               | 781 | 711 | 783 | 716 | 786 | 718 | 788 |
|               | A6 | 592               | 725 | 695 | 727 | 700 | 713 | 702 | 733 |
|               | A7 | 708               | 780 | 709 | 781 | 715 | 785 | 716 | 786 |
|               | A8 | 692               | 720 | 693 | 725 | 699 | 731 | 701 | 732 |

Матрица рисков по критерию продолжительность проекта строительства с вероятностью 0.9 представлена в таблице 7.

Таблица 7. Матрица рисков по критерию продолжительность проекта строительства с вероятностью 0.9, в днях

|               |    | Стратегии природы |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|----|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|               |    | P1                | P2  | P3  | P4  | P5  | P6  | P7  | P8  |
| Стратегии ЛПР | A1 | 813               | 938 | 813 | 938 | 814 | 938 | 814 | 938 |
|               | A2 | 742               | 851 | 750 | 851 | 766 | 851 | 766 | 851 |
|               | A3 | 759               | 938 | 813 | 938 | 814 | 938 | 814 | 938 |
|               | A4 | 742               | 851 | 743 | 851 | 766 | 851 | 766 | 851 |
|               | A5 | 813               | 938 | 813 | 938 | 815 | 938 | 814 | 938 |
|               | A6 | 732               | 851 | 749 | 851 | 755 | 851 | 758 | 851 |
|               | A7 | 813               | 938 | 813 | 938 | 814 | 938 | 814 | 938 |
|               | A8 | 731               | 851 | 738 | 851 | 755 | 851 | 755 | 851 |

Результаты расчетов по критериям Лапласа, Сэвиджа, Гурвица ( $p=0,6$ ) для сформированных матриц рисков представлены в таблице 8.

Таблица 8. Стратегии принятия решений

| Критерий | Лапласа                        | Сэвиджа | Гурвица ( $p=0,6$ )       |
|----------|--------------------------------|---------|---------------------------|
| F1       | A6; F1=698,375                 | A6      | A6; F1=676,6              |
| F2       | A8; F2=797,875 (A6; F2=799,75) | A8      | A8; F2=803 (A6; F2=803,4) |

Проанализируем полученные стратегии принятия решений. На основе проведенных расчетов наилучшие показатели по критериям принятия решений в условиях неопределенности можно считать стратегию A6 («эпидемия (пандемия)» - «существенное снижение риска» (C2); «перебой с электричеством» - «снижение» (C1); «повышение цен на материалы» - «существенное снижение риска» (C2)) или A8 («эпидемия (пандемия)» - «существенное снижение риска» (C2); «перебой с электричеством» - «существенное снижение риска» (C2); «повышение цен на материалы» - «существенное снижение риска» (C2)). Они обеспечивают практически одинаковые характеристики эффективности по выбранным критериям.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе задачу определения стратегии управления рисками при строительстве жилых объектов предлагается исследовать методами матричной теории игр и имитационного моделирования. Предложен подход к формированию стратегии управления рисками проектов строительства, который включает следующие этапы:



- экспертный анализ вероятностей и последствий рисков, их комбинации, влияющих на продолжительность строительства объекта с учётом стратегий природы и лица принимающего решения;
- расчет вероятностных показателей продолжительности строительства проекта в программном вычислительном комплексе Oracle Primavera Risk Analysis методом Монте-Карло для различных комбинаций рисков;
- построение по результатам статистического моделирования матриц рисков для игры с природой в условиях неопределенности;
- принятие решений на основе критериев Лапласа, Сэвиджа, Гурвица.

Проведены вычислительные эксперименты на примере проекта строительства жилых корпусов ЖК Ultra City с учетом видов риска: эпидемия (пандемия), перебои с электричеством, повышение цен на материалы. Сформирована стратегия управления рисками, рекомендуемая реализовать существенное снижение риска по видам риска «эпидемия (пандемия)» и «повышение цен на материалы».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буценко Е.В. Оптимизация управления инвестиционным проектированием на основе теоретико-игрового подхода // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 1. С. 270-280. DOI 10.17059/2018-1-21.
2. Гаряев Н.А., Гаряева В.В., Рыбина А.В. Разработка имитационной модели анализа проектных решений удаленных строительных объектов с точки зрения обеспечения строительными материалами и конструкциями // Научное обозрение. 2015. №13. С. 395-398.
3. Грицова О.А., Носырева А.Н., Михайлова О.М. Применение теории игр в управлении персоналом // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. №10. С. 263-268. DOI:10.26726/1812-7096-2019-10-263-268.
4. Кравченко Ю.А. Особенности моделирования уровня развития предпринимательских структур в условиях неопределенности и риска // Экономика строительства и городского хозяйства. 2021. Т. 17. № 3. С. 105-114.
5. Лебедев В.М. Имитационное моделирование проектов поточного строительства объектов и комплексов // Вестник Белгородского технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. №1. С.48-50.
6. Луценко М.М., Чепаченко Н.В., Демин А.М. О подходе к управлению экономическим риском в строительстве с применением аппарата теории кооперативных игр // Управление рисками в экономике: проблемы и решения : труды научно-практической конференции с зарубежным участием РИСК"Э-2020, Санкт-Петербург, 12–13 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. С. 72-79. DOI 10.18720/SPBPU/2/id21-127.
7. Сборщиков С.Б., Шинкарева Г.Н., Маслова Л.А., Лейбман Д.М. Оценка эффективности управления реализацией строительного проекта в условиях воздействия случайных факторов // Вестник МГСУ. 2017. Т.12., №11(110), с.1240-1247. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1240-1247
8. Тхор С.А. Оптимальные стратегии развития предпринимательских структур на основе игры с природой в кризисных условиях // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Том 11. № 8А. С. 291-299. DOI: 10.34670/AR.2021.53.29.037
9. Угольницкий Г.А. Оптимизационные и теоретико-игровые модели управления инвестиционно-строительными проектами // Управление большими системами. — 2009. — №26 (1). — С. 348–365.
10. Чепаченко Н.В., Луценко М.М., Демин А.М. Обоснование выбора приоритетного инновационного решения в строительстве с применением аппарата теории игр // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3(80). С. 238-244. DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-238-244.
11. Юрлов Ф.Ф., Яшин С.Н., Плеханова А.Ф. Методика выбора эффективных решений в условиях неопределенности внешней среды при прогнозировании жизненного цикла сложных технических объектов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2020. № 3(59). С. 46-51.
12. Яркова О.Н., Муртазина Р.З. Модель управления запасами в условиях неопределенности // Роль инноваций в трансформации современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 6 частях, Уфа, 01 июня 2017 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. С. 237-241.
13. Aguinis H., Henle C.A., Beaty J.C. Virtual Reality Technology: A new tool for personnel selection // International Journal of Selection and Assessment. 2001. No 9. P. 70–83.

# ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

К.В. Кузьмина

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4,  
kseniya.kuzmina.1998@inbox.ru*

## Аннотация

Управление формированием, а также анализ производительности применения собственных производственных возможностей страны в строительной отрасли считаются одним из сложных, а также важных вопросов финансовой стабильности страны.

Задачей данной статьи является изучение координации и финансовых нюансов эффективного управления производственным потенциалом строительной отрасли в нестабильной финансовой сфере.

**Ключевые слова:** строительство, строительная отрасль, нестабильность, кризис, финансы, потенциал.

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективная деятельность строительных организаций (СО) определяется уровнем управления и умения продуктивно использовать производственный и кадровый потенциал СО.

СО существует в экономической среде, на которую влияют внешние и внутренние факторы. В связи с этим эффективное управление развитием потенциала строительных организаций в условиях нестабильных условиях экономической среды является залогом успешной производственно-хозяйственной деятельности.

Внешние факторы экономической среды определяются состоянием рынка и не зависят от управленческих решений строительной организации. Но высокий уровень развития менеджмента СО позволяет осуществить успешную производственно-хозяйственную деятельность с учетом максимального количества внешних факторов, которые могли бы предоставить угрозу для развития организации и влиять на конкурентоспособность СО [1].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вопросы изучения нестабильности внешней среды очень часто изучались разными теоретиками и практиками.

В работе Асаул А.Н., Морозовой И.Е., Поляда Н.И. и Фролова В.И. было рассмотрено стратегическое планирование развития строительной организации и выявлено, что основной целью оценки и учета внешних факторов в строительных компаниях является выявление факторов, представляющих угрозу для текущей стратегии предприятия.

Василенко Ю.П. в своей работе «Факторы и эффективность использования производственного потенциала» рассмотрел проблему рыночных факторов, которые влияют на экономику в сфере строительства.

Котлер Ф., написавший «Стратегический менеджмент по Котлеру: Лучшие приемы и методы» пришел к заключению о том, что есть основные характеристики, которые необходимо учитывать для обеспечения требуемого качества продукции.

Попов С.А. в работе «Стратегический менеджмент» обратил наше внимание, что важную роль в повышении эффективности использования производственного потенциала СО играет управление сбалансированным вводом производственных факторов в производственный процесс.

В ходе выполнения исследования были применены методы сбора и анализа информации, а также синтеза.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим некоторые из наиболее важных факторов внешней среды для строительных компаний:

1. При разработке стратегии деятельности строительной компании необходимо учитывать общее состояние экономики в стране, в регионе, где действует строительная компания, а также состояние смежных отраслей и прогнозы экономического развития;
2. Политические факторы также оказывают влияние на общее состояние экономики в целом и на развитие строительного рынка в частности. Сильное санкционное давление, проведение специальной военной операции оказывают существенное влияние на присчитывание долгосрочного планирования;
3. С учетом существования российской экономики в санкционном режиме, следует учитывать резкое снижение иностранных инвестиций, то есть – международные факторы;
4. Рыночные факторы, влияющие на эффективную деятельность строительной компании многочисленны [2]. При разработке стратегии развития строительной компании необходимо учесть важнейшие из них:
  - Динамику изменения уровня доходов населения;
  - Состояние рынка строительной продукции;
  - Необходимость стимулирования импортозамещения;
  - Уровень тарифов монополистов на российском рынке, влияющий на рост цен на все ресурсы;
  - Уровень инфляции;
  - Состояние рынка труда;
  - Уровень конкурентоспособности компании.
5. Маркетинговые факторы – это показатели рынка сбыта, внешней среды, влияющие на способность строительных компаний выстраивать сотрудничество с заказчиками, поставщиками, подрядчиками;
6. Технические факторы включают в себя изменения в технологии строительного производства, а также применение новых средств труда, проектирование строительных объектов, изменения в поставках строительных материалов и конструкций;
7. Факторы социального поведения можно характеризовать как форму взаимодействия человеческого организма с окружающим его миром. Поэтому к этим факторам социального поведения можно отнести моральные ценности потребителей строительной продукции, изменения в ожиданиях и установках людей, в социальном поведении, сложившемся на предприятии;
8. Конкурентные факторы в современных условиях рыночных отношений имеют огромное значение, в частности стоит учитывать цели конкурентов, оценивать текущую стратегию развития и перспективности положения в отрасли;
9. Экологические факторы обязательно учитываются при разработке стратегического плана, к ним относятся абиотические, биотические и антропогенные факторы.

В нестабильной ситуации экономической среды, в дополнение к определенным ресурсам и финансовым возможностям, если обеспечивается необходимое качество продукции, следует учитывать следующие основные характеристики, чтобы изучить возможность использования этих ресурсов совместно в производственном процессе с минимальными затратами [3]:

1. Финансовая стабильность и независимость строительной организации подразумевают под собой возможность организации сохранять собственную исправную работу, благодаря наличию свободных средств и равновесию финансовых потоков;
2. Производственная мощность – это возможность предприятия при максимальном использовании всех имеющихся ресурсов строительной организации производить максимально возможный объем продукта;
3. Деятельность строительной организации считается эффективной, получая максимальную прибыль, при условии использования всех возможных ресурсов и пытаясь минимизировать затраты;
4. Наличие строительной продукции и эффективной системы сбыта отображает насколько предприятие обладает конкурентными способностями;
5. Эффективная кадровая политика помогает увеличить возможности строительной организации совершенствоваться;
6. Конкурентные преимущества и эксклюзивные возможности дают определенные превосходства над конкурентными строительными организациями.

Важную значимость в повышении производительности применения производственного потенциала СО играет регулирование сбалансированном вводом производственных факторов в производственный процесс, а именно функциональной части человеческого капитала и основных производственных фондов [4].

Управление всеми бизнес-процессами, в конечном результате, связь деятельности людей и средств создания продукта, участвующего в процессе производства, а также приобретение и распределение прибыли, возможность людей эффективно пользоваться средствами производства, а также материальными ресурсами, доступными для производства, с целью извлечения максимально возможной прибыли

## **ВЫВОДЫ**

Формирование строительной сферы представляет собой одно из ключевых направлений российской экономики, что обусловлено потребностью предоставления комфортной и безопасной среды для жизни и деятельности населения. Эта отрасль дает возможность обеспечить трудоспособное население значительным количеством рабочих мест. К сожалению, при спаде экономики страны, многим компаниям приходится минимизировать свои расходы, что влечет за собой отказы от нового строительства и замораживание финансирования строящихся объектов.

Невозможно не обратить внимание на тот факт, что в последние пять лет началось сокращение объемов выполненных строительно-монтажных работ, сокращается количество организаций и предприятий малого и среднего бизнеса. Эти факты указывают на то, что важную роль в конкурентоспособности играет правильная и эффективная организация управления строительными организациями, а не только продуктивное использование ресурсов компании.

Непрерывный учет влияния факторов внешней и внутренней среды при управлении деятельности предприятия в области строительства необходим в условиях нестабильной экономической ситуации в стране, которая влечет за собой изменение спроса и повышение требований на объекты строительства.

В результате изученных материалов можно прийти к выводу, что качественная разработка стратегии, грамотный выбор подрядчика при условиях дефицита личных ресурсов строительной организации при проведении больших инвестиционных программ, являются достаточно важными факторами успешной реализации проекта. Перечисленные факторы могут содействовать эффективному и успешному развитию стратегии развития организации и предоставляют неоспоримое конкурентное преимущество.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асаул А.Н., Морозова И.Е., Поляда Н.И., Фролов В.И. Стратегическое планирование развития строительной организации. СПб.: СПбГАСУ, 2019. – 163 с.
2. Василенко Ю.П. Факторы и эффективность использования производственного потенциала. М., 2021. - 310с.
3. Мелехин В.Б., Гамзатов А.Я. Анализ и оптимизация рыночных позиций строительного предприятия в нестабильной экономической среде // Экономика и предпринимательство. 2018. № 9. Часть 2. С. 622-627.
4. Попов С.А. Стратегический менеджмент. Актуальный курс. Учебник. – М.: Юрайт, 2019. – 463 с.
5. Антоненко Г.Я., Калишук Д.А. Производственный потенциал предприятий строительной отрасли / Под общей редак. Б.С.Стефанова - Киев, 2017. - 280 с.
6. Горбунов В.Н., Михайлина Ю.М., Дмитриева Т.Н., Дунаев А.В. Стратегические и нестратегические барьеры входа на рынок строительных услуг региона // Электронный научно-практический журнал «Гуманитарные научные исследования». URL: <http://human.snauka.ru/2014/06/7220> (дата обращения: 17.11.2022)
7. Мелехин В.Б., Гамзатов А.Я. Анализ и оптимизация рыночных позиций строительного предприятия в нестабильной экономической среде// Экономика и предпринимательство. 2018. № 9. Часть 2. С. 622-627.
8. Мелехин В.Б., Исмаилова Ш.Т. Сетевые организационные структуры управления строительным предприятием // Экономика строительства. 2021. № 7. С. 14-23.

# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКТИВИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ В РОССИИ

А.А. Судакова<sup>1</sup>, И.Г. Лукманова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

<sup>1</sup>SudakovaAA@mgsu.ru

<sup>2</sup>Lukmanova@mgsu.ru

## Аннотация

Данная статья посвящена региональным особенностям развития инвестиционно-строительной деятельности и проблемам управления туризмом в России. В данной работе анализируются современные проблемы развития внутреннего и въездного туризма в РФ, в том числе с использованием механизмов формирования кластеров. При этом особое внимание акцентируется на необходимости развития туристической инфраструктуры, что в свою очередь предъявляет особые требования к развитию инвестиционно-строительной деятельности в конкретном регионе.

**Ключевые слова:** туризм, кластер, регион, экономический рост, финансирование, туристическая инфраструктура.

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире в условиях глобализации все большее значение приобретает туристическая отрасль, которая приносит в бюджеты многих стран внушительную долю дохода. Проблема развития внутреннего развития туризма в России является актуальной в аспектах социально-экономического развития регионов страны. В связи с наличием безработицы и дефицита региональных бюджетов необходимо изыскивать возможные резервы экономического роста и обоснованно подходить к вопросам создания туристической индустрии, учитывая нынешние особенности и предпочтения населения. Исходя из проведенного анализа было установлено, что Россия имеет значительный потенциал развития туризма, при этом на текущий момент вклад в туристической отрасли в ВВП составляет менее 5%, тогда как в мировом масштабе этот вклад оценивается примерно в 10%. Развитие туристической отрасли в перспективе способна переформатировать структуру доходов государства (на федеральном, региональном и местном уровнях). Это, наряду с сокращением сырьевой зависимости страны будет способствовать более устойчивому развитию экономики страны в целом. В рамках данной статьи был проведен анализ состояния и перспектив развития туристической отрасли в стране, в том числе на основе данных Росстата [11]. Эта информация включает в себя данные о въездных и выездных туристических поездках, стоимость услуг в туристической сфере, количество участников отрасли. Также был проведен анализ факторов влияющих на развитие туризма внутри страны.

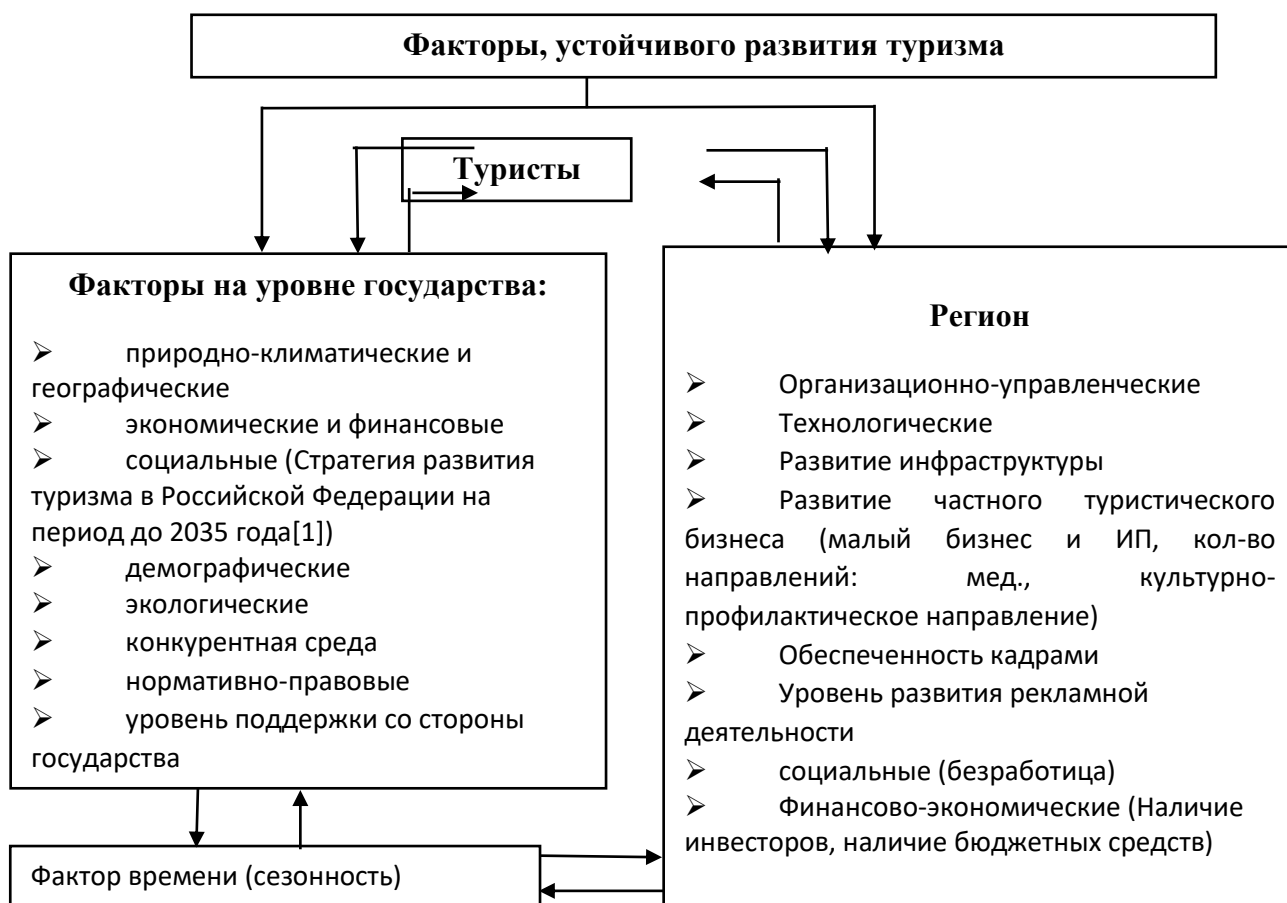
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Инвестирование в туристическую отрасль сопряжено с большими возможностями как для экономики страны в целом, так и для отдельных регионов обладающих значительным туристическим потенциалом. В России насчитывается большое количество привлекательных туристических дестинаций нацеленных на различных пользователей и включающих следующие направления: детский туризм, культурно-познавательный, лечебно-оздоровительный, событийно-деловой, экологический, горнолыжный, круизный и т.д. [5]. Вместе с этим, инвестирование в туристическую отрасль таит в себе ряд существенных угроз связанных с:

1. Дефицитом квалифицированных кадров в туристической отрасли;
2. Неразвитостью туристической и транспортной инфраструктурой;
3. Высокими социально-политическими рисками в условиях санкций и угрозами с сокращением въездного туризма;
4. Высокой зависимостью результатов инвестиционной деятельности в сфере туризма от уровня развития инвестиционно-строительной сферы страны и региона.

Точками роста в рамках развития туристической отрасли могут стать туристические кластеры в рамках формирования которых объединяются интересы большого числа участников: от государства и крупного бизнеса до предпринимателей мелкого и среднего уровня [8]. Кластерный подход позволяет учесть интересы всех участников инвестиционного процесса и инвестиционно-строительной деятельности, при этом необходима разработка новых подходов к государственному регулированию туристической отрасли и внедрение современных инструментов программно-целевого планирования экономики страны.

Следует отметить, что развитие туристической отрасли зависит от ряда факторов определяющих устойчивость развития отрасли [3]. К этим факторам относятся таковые на уровне государства и на уровне отдельно взятого региона. Структура факторов представлена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Классификация факторов, влияющих на устойчивое развитие туризма

Проблемы развития туристической отрасли невозможно решать в отрыве от вопросов развития туристической инфраструктуры. Здесь перед инвестиционно-строительным комплексом стоит целый ряд амбициозных задач, таких как: обеспечение технологического суверенитета, внедрение передовых технологий в строительстве, в том числе с учетом накопленного зарубежного опыта, подготовка новых квалифицированных кадров, способных решать амбициозные задачи по развитию туристической инфраструктуры [4]. Как отдельную важную задачу можно выделить необходимость

привлечения финансовых средств в инвестиционно-строительную деятельность в рамках развития туристических кластеров, в том числе с использованием механизмов ГЧП [7]. Актуальность этой задачи обусловлена достаточно высокими рисками инвестиционно-строительной деятельности туристических кластеров.

Возможность развития туристической инфраструктуры региона во много зависит от уровня развития строительного комплекса в данном регионе. Это включает в себя деятельность подрядных организаций, застройщиков, индустрии производства строительных материалов и т.д.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на сложность международной обстановки и во многом закрытые границы в 2022 году в РФ ожидаются рекордные показатели в сфере внутреннего туризма. В целом можно говорить о перераспределении туристических потоков в связи со сложной туристической логистикой в южных регионах страны. Это в свою очередь делает более привлекательными «нераскрученные» ранее туристические дестинации даже в самых удаленных регионах РФ. В апреле 2022 года, по открытым данным портала Ростуризма, число туристских поездок россиян по стране превысило 4,3 млн. – это на 610 тыс. больше, чем в апреле прошлого года. Тенденция к росту туристического потока сохранилась и в мае: 5,39 млн. поездок против 5,3 млн. в 2021 году [11].

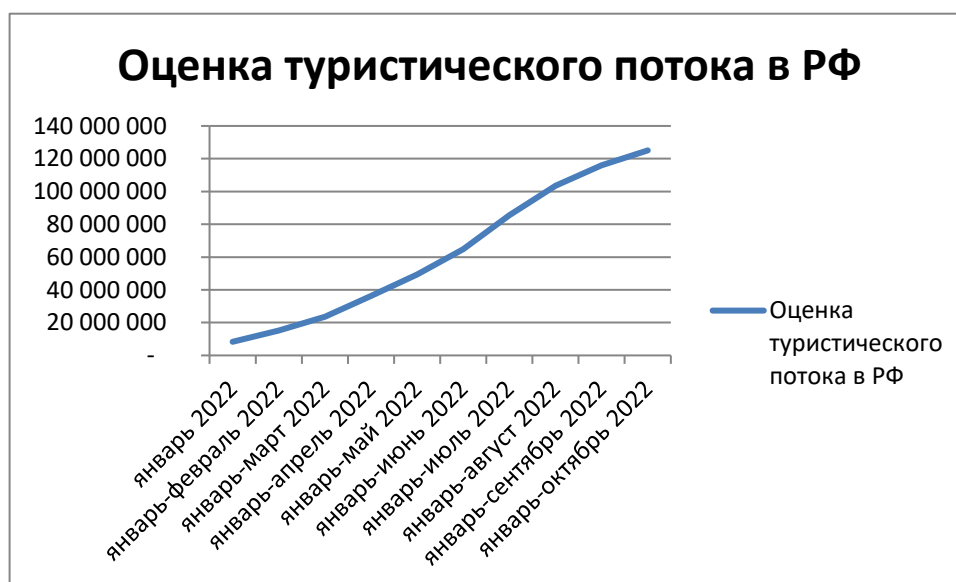


Рис. 2. Оценка туристического потока в РФ 2022 год

Можно выделить следующие популярные туристические дестинации в РФ (по состоянию на май 2022 года): Краснодарский край (805 тыс. посещений), Москва (738 тыс. посещений), Московская область (392 тыс. посещений). При этом как было отмечено выше внутренних туристов привлекают и другие регионы, в том числе и менее доступные (Сахалинская область, Камчатка, Тюменская область и т.д.) [11].

Для поддержки регионов при развитии туристических сервисов из федерального бюджета в 2022 году было выделено более 3 млрд. рублей. Из них более 1 млрд. - гранты на развитие пляжных зон на берегах морей, рек и озёр, создание национальных туристских маршрутов с системой навигации и установку информационных центров для путешественников. Полученные средства были направлены в 21 регион, в том числе в Крым, Пермский край, Мурманскую, Псковскую, Тульскую и Сахалинскую области.

Отдельно около 700 млн. рублей было направлено на развитие кемпингов и автокемпингов. Если говорить о развитии туристических сервисов, следует отметить что значительные средства (более 1,5 млрд. рублей) было направлено на издание цифровых путеводителей, так же внимание уделяется развитию туристических сервисов для людей с



ограниченными возможностями и развитие сети туристических информационных центров.

Все гранты предоставлены в рамках нацпроекта «Туризм и индустрия гостеприимства», запущенного только в прошлом году. Цели проекта – к 2030-му увеличить туристический поток по стране до 140 млн. поездок, создать новые туристические объекты, развивать инфраструктуру для гостей [2]. Но пока реализация планов находится в зачаточном состоянии, а принимающие туристов регионы сталкиваются с одинаковыми проблемами.

На сегодняшний день туристическая отрасль является одной из немногих отраслей, которая показывает существенный рост и выступает катализатором социально-экономического развития всех регионов России, сглаживая диспропорции в их развитии. Таким образом, регионы не имеющие развитой промышленности а также потенциала ее развития приобретают возможности экономического роста за счет сферы туризма.

## **ВЫВОДЫ**

Следует обратить внимание на необходимость обеспечения взаимодействия всех участников туристической сферы (государства, крупного мелкого и среднего бизнеса, общественных и саморегулируемых организаций) в рамках развития туристических кластеров. Особую роль в решении данной задачи играет строительный комплекс, который должен быть вовлечен в решение задач развития региональных туристических кластеров через непосредственно развитие инвестиционно-строительной деятельности в данном направлении [6]. Особое внимание следует уделять вопросам оценки эффективности инвестиций при реализации инвестиционно-строительных проектов туристических кластеров. В отличие от обычных «коммерческих» проектов, где принятие инвестиционных решений в основном зависит от показателей экономической эффективности (NPV, IRRN, срок окупаемости и др.) реализация мегапроектов в туристической сфере (к коим относится и создание туристических кластеров требует отдельной оценки социальной, экологической, управленческой и бюджетной составляющих проекта [9]. Модель построения эффективно-функционирующего туристического кластера должна учитывать интересы всех участников инвестиционно-строительной деятельности и находить оптимальное решение поставленных задач с точки зрения критериев качества туристической инфраструктуры, сроков реализации ИСП и ценовых параметров (доходная и расходная части проекта). Обустройство и строительство новых мест отдыха в различных регионах страны, характеризующихся наличием достопримечательностей, природных и инфраструктурных объектов, в совокупности с разнообразием природно-климатических условий, экономико-географических факторов, спецификой поселенческой структуры населения, должно входить в число приоритетных задач перспективного социально-экономического развития региона. Необходимым условием создания территориальных туристических кластеров является наличие достаточных по объему и сбалансированных по структуре финансовых ресурсов, а также их целевое и рациональное использование.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Распоряжение Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. № 2129-р «О Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 г.»
2. Распоряжение Правительства РФ от 05.05.2018 N 872-р (ред. от 11.07.2019) «Об утверждении Концепции федеральной целевой программы "Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2019 - 2025 годы)"
3. Бизнес-планирование в туризме : учебник для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 43.03.02 «Туризм» / под общ.ред. Т. В. Харитоновой, А. В. Шарковой. – 4-е изд. – Москва : Дашков и К, 2021. – 310 с.
4. *Багдасарян, В. Э.* История туризма: учебное пособие / В.Э. Багдасарян, И.Б. Орлов, А.Д. Попов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 190 с.

5. *Богданов, Е. И.* Экономика отрасли туризма : учебник / Е. И. Богданов, Е. С. Богомолова, В. П. Орловская ; под ред. проф. Е. И. Богданова. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 318 с.
6. *Джанджугазова Е. А.* Туристско-рекреационное проектирование : учебное пособие для вузов / Е. А. Джанджугазова. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 257 с.
7. *Золотовский В. А.* Правовое регулирование в сфере туризма : учебное пособие для вузов / В. А. Золотовский, Н. Я. Золотовская. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 247 с.
8. Introduction of innovative technical solutions in construction on the basis of the concept of engineering. Alexandr Orlov. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 365(6):062020 (2018)
9. Efficiency Estimation of Implementation of Megaprojects for Tourism Clusters Creation. A.K. Orlov. AEBMR-Advances in Economics Business and Management Research, vol 47 (2018)
10. *Николенко П.Г., Терехов А.М.* Анализ состояния туристской отрасли с России и направления ее развития// Статистика и Экономика. 2022. Т.19. №4. С.57-70
11. <https://rosstat.gov.ru/>

## **ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА АЗЕРБАЙДЖАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.**

**Р.Т. Алиева**

*Азербайджанский университет архитектуры и строительства, 1073, Азербайджан,  
г. Баку, ул. Айна Султанова, д. 5 I  
ruhangiz.aliyeva@azmiu.edu.az*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются актуальные проблемы строительного сектора, пути их решения и направления эффективного развития. С момента обретения независимости главной целью нашего государства было адаптировать инфраструктуру страны к современной рыночной экономике. Именно в первые годы независимости основная инвестиционная политика страны была сосредоточена на реализации инфраструктурных проектов для развития отраслей экономики. За короткий срок страна достигла высокого уровня развития многих секторов экономики, в том числе и строительного. За последние годы в эту сферу строительства были вложены инвестиции, как из внешних, так и из внутренних источников. При этом наблюдается резкий рост частных инвестиций. Если государственные инвестиции в эту сферу в основном направлены на улучшение социально-экономического положения общества, укрепление инфраструктуры, то частные инвестиции направляются на жилищное строительство.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из основных материальных производств, определяющих и влияющих на основные темпы экономического роста в республике является строительство. В современных условиях, когда необходимо решать сложные социальные и экономические вопросы, роль строительного сектора постоянно возрастает. При этом резкий рост инвестиций в капитальное строительство и ускорение притока иностранных инвестиций в строительную сферу в последние годы высветили проблему государственного регулирования инвестиций. Государственное регулирование инвестиционной деятельности в капитальном строительстве означает систему комплексных мер по реализации единой научно-технической, экономической и социальной политики в этой сфере в стране. Как известно, инвестиции, независимо от формы хозяйства и собственности, регулируются законодательством страны. В этом смысле государство строго контролирует регулирование социально-экономического развития страны, а также формирование необходимых пропорций национальной экономики, создание производственной и социальной инфраструктуры. Следовательно, формирование, реорганизация, расширение любой производственной и социальной сферы и, следовательно, обеспечение занятости требует соответствующих инвестиций и их эффективного использования. Для этого республика должна иметь необходимые финансовые, материальные и трудовые ресурсы. Особенно с учетом того, что строительный сектор имеет материальный потенциал, мы должны подчеркнуть важность использования строительных материалов как сырья в отрасли. Несмотря на то, что наша страна богата сырьевыми ресурсами, существует необходимость в интенсификации производства промышленной продукции. В противном случае возникает необходимость в привлечении в страну иностранных инвесторов, чтобы обеспечить формирование и развитие национальной экономики.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых-экономистов по различным аспектам оценки эффективности развития строительного сектора, материалы специализированных журналов, данные периодической

печати. В статье были использованы общенаучные методы исследования: сравнительный и факторный анализ, системный подход.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В настоящее время государственные инвестиции в основном сосредоточены на социальных нуждах и укреплении инфраструктуры. В частности, в этом направлении проделана большая работа по программе «Социально-экономическое развитие регионов»: построены новые дороги и мосты, обеспечены жильем малообеспеченные семьи, построены спортивные комплексы.

Улучшение макроэкономических показателей в стране требует повышения роли и значения ведущих секторов, особенно стратегических направлений, в структуре валового внутреннего продукта. В связи с этим увеличение иностранных инвестиций в страну и их регулирование государством, обеспечение необходимых пропорций в развитии национальной экономики имеет большое научное и практическое значение. При этом государство должно использовать различные экономические механизмы (методы регулирования) для регулирования инвестиций в строительный сектор.

Основными экономическими механизмами, являются следующее: применение налоговой системы, дифференцирующей субъектов и объекты налогообложения, налоговые ставки и льготы; реализация кредитной и амортизационной политики в сфере капитального строительства, а также за счет быстрой амортизации основных средств.

Государственная экспертиза вложений в капитальное строительство является один из основных методов регулирования. В частности, технический характер сектора капитального строительства вынудил государство провести инспекцию в этой отрасли и создать единую систему норм и стандартов. Бюджетные и внебюджетные фонды, в том числе республиканские, межгосударственные и региональные проекты, финансируемые за счет иностранных инвестиций, подлежат рассмотрению в соответствии с правилами, установленными Кабинетом министров Азербайджанской Республики. Инвестиции, финансируемые из других источников, должны, как правило, проверяться соответствующими органами в соответствии с правилами, установленными Кабинетом Министров на предмет соответствия экологическим, сейсмологическим и санитарно-гигиеническим требованиям. При необходимости Кабинет Министров Азербайджанской Республики может рассматривать отдельные инвестиционные проекты и программы с созданной им экспертной комиссией.

В современной рыночной экономике строительный сектор, как и все отрасли национальной экономики, независим. Строительный рынок и рынок услуг в стране сильно сегментирован. Строительный рынок отличается от других сегментов рынка своей спецификой. В последнее время деятельность строительных предприятий в стране выглядит следующим образом [6; 19].

Таблица 1. Основные показатели деятельности строительных предприятий

| Годы | Число действующих предприятий в строительстве | Стоимость строительных работ, тыс.ман. | Средства, направленные в основной капитал |                                |               |                              |
|------|---|--|---|--------------------------------|---------------|------------------------------|
|      |   |  | Всего                                     | В сфере производства продукции | В сфере услуг | В строительстве жилых зданий |
| 2015 | 1445  | 7319,6                                 | 15957                                     | 9948,2                         | 4978,2        | 1030,6                       |
| 2016 | 1425  | 7660,4                                 | 15772,8                                   | 12347,3                        | 2666,1        | 759,4                        |
| 2017 | 1524  | 7762,1                                 | 17430,3                                   | 13013,7                        | 3456,3        | 960,3                        |
| 2018 | 1635  | 8448,3                                 | 17244,9                                   | 11584,0                        | 4261,9        | 1399                         |
| 2019 | 1826  | 9439,2                                 | 18539,5                                   | 12251,6                        | 4961,6        | 1326,3                       |
| 2020 | 1901  | 9778,8                                 | 17226,1                                   | 11365,6                        | 4461,8        | 1398,7                       |
| 2021 | 2099  | 9974,8                                 | 16815,1                                   | 10929,1                        | 4933,1        | 953,3                        |

Как видно из таблицы 1, в результате успешных социально-экономических реформ в Азербайджанской Республике в 2015-2021 годы значительно выросли число строительных предприятий, стоимость строительных работ. При этом снижение средств, направленных в основной капитал в 2021 году по сравнению с предыдущими годами связано с увеличением направления средств в сферу услуг. [6; 19].

Кроме того, в 2021 году построено и сдано в эксплуатацию 16,7 тыс. новых квартир общей площадью 2077 тыс. кв. метров, из которых 522 тыс. кв. метров построены в регионах республики. На рисунок 1 приведена динамика сданных в эксплуатацию жилых домов в зависимости от форм собственности.

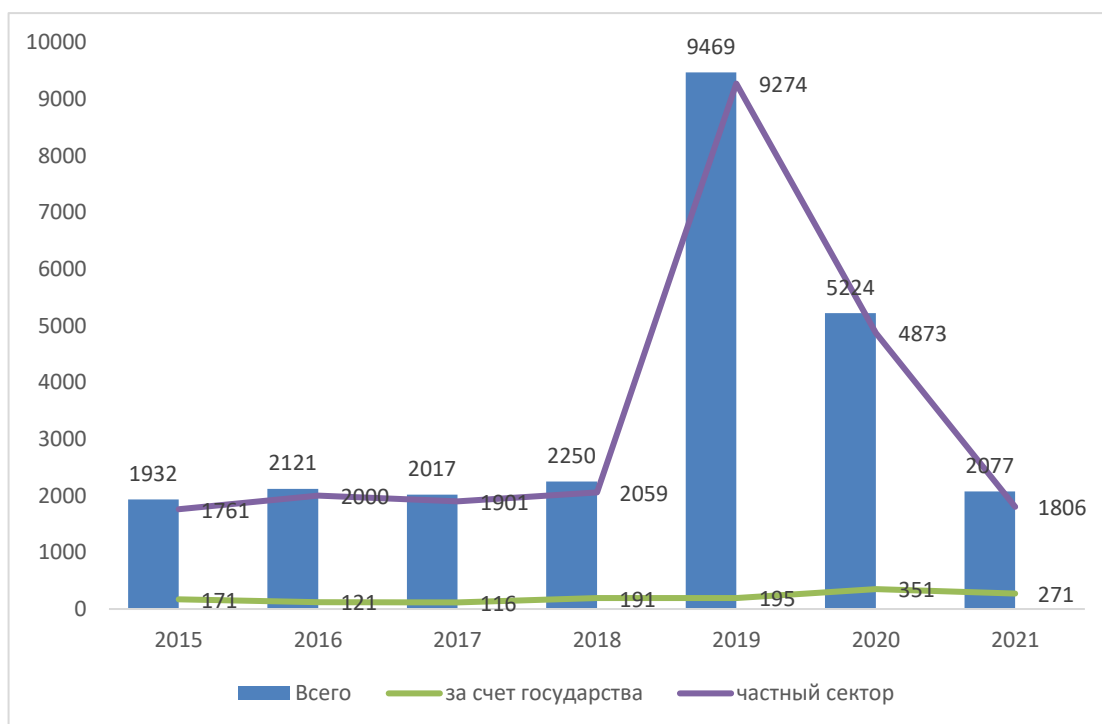


Рис. 1. Сданные в эксплуатацию жилые дома в зависимости от форм собственности (тыс.кв.м.)

Как видно из рисунка 1, вложение в строительство жилых домов осуществляется в основном за счет частных строительных компаний.

В 2021 г. строительными предприятиями и организациями всех форм собственности в основные фонды для развития экономики и социальной сферы страны было направлено 12978,8 млн. манатов. Из использованных финансовых средств 5524,9 млн. манатов

(42,5%) принадлежали государственным, 2324,3 млн. манатов (17,9%) – частным, 5128,7 млн. манат иностранным и совместным организациям и 0,9- муниципалитетам [1.с.511]. Такое вложение инвестиций в строительство обеспечило стремительное развитие строительного сектора в республике. И государственные, и частные строительные предприятия участвовали в роли инвестиционных организаций. Если в первые годы независимости большая часть вложений в капитальное строительство приходилась на государство, то сейчас доля частных инвестиций в строительный сектор намного выше. Причем частные инвестиции формируются как за счет внутренних, так и за счет иностранных источников.

В настоящее время в Баку есть множество строительных предприятий, продукция которых отвечающие мировым строительным стандартам. Структурная мобильность этих строительных компаний высока, организационная схема управления отлажена, а изменения в некоторых вопросах не вызывают серьезных осложнений для строительных компаний. Важно отметить, что требования к изменчивости и даже определенные конфликты на рынке заранее исследуются руководителями строительных компаний и своевременно принимаются необходимые меры. В целом государство всегда уделяет внимание развитию строительной отрасли в нашей стране. Примером этого является применение специальных лицензий для организаций, занимающихся строительной деятельностью в нашей стране. Это отражено в Указе Президента Азербайджанской Республики от 2 сентября 2002 года «О перечне видов деятельности, требующих специального разрешения (лицензии), и размере государственной пошлины, уплачиваемой за выдачу специального разрешения (лицензии) на эту деятельность». Последние 15 лет город Баку почти напоминает большую стройку. Это яркий пример экономического потенциала нашей республики.

Как известно, одним из самых важных вопросов при строительстве является поставка строительных материалов. Все регионы Азербайджанской Республики богаты различными видами строительных материалов. С этой точки зрения, развитие строительной отрасли особенно целесообразнее осуществлять в регионах. Государство предпринимает необходимые меры в этом направлении. Так, можно упомянуть указ, подписанный президентом Азербайджанской Республики Ильхамом Алиевым 11 февраля 2004 года «Государственная программа социально-экономического развития регионов Азербайджанской Республики (утверждена на 2004-2008 годы)». После этого указа в строительной сфере в регионах произошли кардинальные изменения. В качестве успешного продолжения этого указа была подписана «Государственная программа социально-экономического развития регионов Азербайджанской Республики (на 2009-2013 годы)». Хотя большая часть инвестиций была направлена государством, подрядные работы выполнялись местными строительными компаниями. Это само по себе привело к созданию новых рабочих мест и увеличению налоговых поступлений. В соответствии с этими указами, подписанными президентом, иностранные инвесторы направили инвестиции и кредиты в строительный сектор, а также в другие области материального производства. В этой связи, можно упомянуть Всемирный банк, на долю которого приходится наибольшая доля кредитов Азербайджанской Республике, и пять проектов на сумму 108,8 миллиона долларов [2]. В целом следует отметить, что 86,4% профинансированных проектов со стороны Всемирного Банка приходится на регионы страны[2]. Так, инвестиции направлены на реконструкцию и строительство межрайонных дорог и мостов, строительство водоводов, резервуаров, артезианских скважин, мелиорацию земель, реконструкцию систем водоснабжения и канализации в районах, строительство школ и больниц, спорткомплекса, жилых домов для инвалидов и шехидов строительство и др.

Следует отметить, что инвестиционная деятельность в строительном комплексе, действующая в нашей стране в современных условиях, финансируется из следующих источников: за счет бюджетных средств, иностранные инвестиции, привлечение заемных

средств других организаций, за счет собственных средств предприятий и организаций, банковские кредиты, специальные фонды граждан и другие средства[3]. Источники финансирования строительного комплекса, действующего в нашей республике в 2019 году, были представлены в таблице 2. [1.с.527]

Таблица 2. Источники финансирования строительного комплекса в 2021г.

|   | 2021              |                            |   |
|---|-------------------|----------------------------|---|
|   | Всего<br>млн.ман. | Общее<br>удельный<br>вес,% | По сравнению с<br>предыдущим<br>годом, в% |
| Всего:  | 16815,5           | 100                        | 95,5                                      |
| В том числе за счет собственные средства предприятий и организаций. | 9102,6            | 54,1                       | 91,1                                      |
| За счет средств населения   | 1094,2            | 6,5                        | 107,6                                     |
| Кредиты банков  | 1009,6            | 6,0                        | 92,8                                      |
| Бюджетные средства  | 4315,9            | 25,7                       | 89,3                                      |
| Внебюджетные средства   | 0                 | 0                          |   |
| Прочие средства   | 1293,2            | 7,7                        | 2,7d                                      |

Как видно из таблицы 2, финансовые источники в строительном секторе формируются в основном за счет собственных средств. Это свидетельствует о высоком уровне предпринимательской активности в стране. Можно сделать вывод, что деятельность действующих в стране конкурентоспособных строительных компаний с каждым годом развивается. Среди строительных компаний, действующих в Азербайджанской Республике, можно отметить следующие: «Аккорд», «Шарур», «Гилан», «Комфорт» и другие.

В рыночной экономике, как и в других сферах материального производства, появился новый подход в области капитального строительства. Таким образом, строительными компаниями уже управляют различные предприниматели, а государство косвенно регулирует их деятельность. Законы и постановления можно назвать инструментом государственного регулирования экономики. При этом государство может профинансировать любое строительство в роли заказчика.

К бюджетным объектам относятся: объекты социальной сферы; расширение и реконструкция этих объектов; площадки агропромышленных комплексов.

Эти направления в основном финансируются из следующих источников: государственный бюджет, муниципалитеты с местным самоуправлением.

В отличие от государственного сектора, частный сектор сам определяет структуру финансирования рынка. С этой точки зрения частный сектор всегда сопровождается развитием. В то же время частный сектор напрямую влияет на выделение бюджетных средств на развитие инфраструктуры. Следует отметить, что наряду со строительством государство уделяет внимание развитию других секторов экономики.

Финансирование строительства жилья за счет собственных средств населения растет с каждым годом. Это, в свою очередь, является ярким примером высокого уровня экономической ситуации в стране. Мировой опыт показывает, что роль частного сектора в развитии строительства и его финансировании более целесообразна и незаменима. Ссылаясь на мировой опыт, в качестве участников строительных организаций, действующих в Азербайджанской Республике в условиях рыночной экономики, можно указать: заказчик, проектные фирмы, строительная компания, производственный комплекс, сервисная компания.

Сервисные компании в основном предоставляют услуги и всегда далеки от непосредственного строительства. Основными задачами этих компаний являются: финансовые услуги, маркетинговые услуги, консалтинговые услуги, рекламные услуги, поставка материалов и др. Известно, что необходимо обеспечивать зарплату сотрудникам

каждого действующего объекта. С этой точки зрения строительные комплексы заботятся о содержании сервисной службы в своей внутренней структуре. Следует отметить, что в настоящее время большинство сервисов в Азербайджанской Республике работают самостоятельно. При необходимости строительные компании используют эти организации на договорной основе. Как известно, первые фонды перед началом нового строительства строительных комплексов формируются в результате формирования уставного капитала. Уставный капитал - это имущество предприятия, приобретенное за счет учредителей [4].

В последние годы в республике реализуется масштабная государственная политика по развитию предпринимательства во всех отраслях промышленности, включая капитальное строительство. Национальный фонд поддержки предпринимательства, созданный для развития предпринимательства, на сегодняшний день предоставил предпринимателям льготные кредиты на миллионы манатов. Именно эти ссуды были основными источниками финансирования для многих строительных фирм. Внедрение системы «единого окна» также сыграло важную роль в развитии делового сектора. Кроме того, следует отметить совершенствование процедуры досмотра товаров и транспортных средств, пересекающих государственную границу, применение принципа «единого окна» в этой сфере как результат успешной политики по развитию предпринимательства. Другой пример особой заботы государства о бизнес-секторе - недавно созданный телефонный информационный центр при Министерстве экономики и промышленности. Предприниматели, работающие во всех регионах страны, могут воспользоваться этой услугой по любому интересующему их вопросу. Целенаправленная политика правительства Азербайджана и достигнутые успешные результаты отражены также в отчете международных финансовых институтов. Как известно, в 48 отчете «Ведение бизнеса-2009», подготовленном Всемирным банком и Международной финансовой корпорацией, наша республика была объявлена самой реформаторской страной.

Следует отметить, что роль государственных законов в увеличении инвестиций в развитие строительной отрасли незаменима. Государство предприняло определенные меры в этом направлении. Однако наиболее важным вопросом является выделение государством долгосрочных кредитов. После выдачи этих займов использование займа по прямому назначению должно контролироваться соответствующими государственными органами.

В целом особенности инвестиционной политики в строительной отрасли или строительной отрасли в современных условиях можно резюмировать следующим образом: увеличивать количество иностранных инвесторов, увеличивать их долю; инвестировать в техническое перевооружение и реконструкцию действующих предприятий (производств) и, соответственно, уменьшить их долю в новом строительстве; направление инвестиций, особенно в основных областях машиностроения, строительства; увеличение капитальных вложений в ресурсодобывающие и перерабатывающие отрасли.

Государственное регулирование инвестиционной деятельности должно осуществляться преимущественно через механизм налогообложения, амортизационную политику, использование бюджетных ассигнований на финансирование инвестиций и другие экономические методы [5].

По строительству жилых домов в Баку видно, что строительные комплексы больше инвестируют в жилищное строительство. Это яркий пример высокой покупательной способности в стране. Следует отметить, что в регионах эта ситуация неудовлетворительна. Конечно, такие инвестиционные потоки было бы целесообразно направить за пределы Баку. Это прямая часть социально-экономической политики государства. Введение упрощенного налога в строительном секторе в Баку дало свои положительные плоды. С этой точки зрения было бы целесообразнее проводить такие экономические реформы в регионах. Каждый регион Азербайджана богат природными ресурсами. Это создает благоприятные условия для использования строительным



комплексом недорогих строительных материалов с использованием местного сырья. Должна отметить, что основной причиной, сдерживающей приток инвестиций в строительную отрасль в регионы, является слабая активность кредитных ресурсов и филиалов частных банков в регионах. Однако после внесения поправок в положение о Национальном фонде поддержки предпринимательства в решении этих вопросов был достигнут, хотя и частично, прогресс.

## **ВЫВОДЫ**

В целом, основными направлениями инвестиционной политики и повышения эффективности строительной отрасли в современных условиях являются увеличение капитальных вложений в проекты и расширение реконструкции и модернизации существующих основных фондов. Приоритет следует отдавать созданию новых мощностей по производству товаров и услуг, реконструкции существующих зданий, сооружений, производственных мощностей, строительных площадок и проектов, предназначенных для использования существующей инфраструктуры.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Azərbaycanca tikinti. Statistik məcmuə. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi, 2020
2. Dövri mətbuat, "Azərbaycan", "Respublika" və "Xalq" qəzetləri 2014-2015
3. Eyniyev T., Qeybullayev Q., Məmmədov M. Tikintinin iqtisadiyyatı və idarəedilməsi. Bakı. Nurlan, 2001, 682 s.
4. Hüseynov T. H. Azərbaycanda investisiyalar. Bakı, 2009
5. Nuriyev E.S., Allahverdiyev Z.M., Suleymanov M. Azərbaycanın inkişafında tikinti kompleksinin rolu. Bakı. Şərq-Qərb, 2011

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В КОНТЕКСТЕ ЕГО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**А.В. Бородацкая**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123,  
г. Макеевка, ул. Державина, 2,  
a.v.borodatskaya@donnasa.ru*

## **Аннотация**

В статье детально исследованы закономерности формирования строительного комплекса в контексте его системы управления, выделены принципы организационного менеджмента. На основе проведенного исследования рассмотрены основополагающие элементы строительного комплекса и составлена автором его структура, предложены подходы к управлению строительным комплексом с учетом его специфики. Аргументирована потребность в предоставлении новых инструментов государственного регулирования инвестиционной сферы. Необходимо помнить также о важности создания со стороны государства благоприятной среды для инвестиций со стороны частных партнеров. Обозначены мероприятия по совершенствованию государственного регулирования строительного комплекса Донецкой Народной Республики.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Масштабные изменения экономики, которые произошли на территории Донецкой Народной Республики, повлекли за собой трансформации в ее системе управления. В свою очередь ее эффективность во многом определяет технико-технологический уровень, объемы производства, а также темпы расширенного воспроизводства во всех отраслях.

Важно отметить, что этапы строительства и проектирования всегда должны подразумевать в первую очередь создание организационной модели с управляющей структурой, даже не беря во внимание те изменения, которые вносят новые технологии. Организационная модель с управляющей структурой должна брать свое начало еще на нулевом этапе, то есть тогда, когда еще не пришло время для технических работ, но уже определяется организационная форма управления.

Вся система управления строительным комплексом включает в себя три метода, а именно: административный, экономический и организационный. Система государственного регулирования строительным комплексом может иметь положительные результаты в случае, если будут применены правовые инструменты - законодательная основа: постановления, приказы и распоряжения, главной задачей, которых будет урегулировать строительную область.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Вопросом изучения формирования строительного комплекса в контексте его системы управления занимались многие отечественные и зарубежные ученые: Азрилян А.Н., Балабенко Е.В., Иванов М.Ф., Липсиц И.В., Конаржевский, Ю.А., Афанасьев, В.Г., Клоусон Дж. и другие

Для расширения поставленных задач и проверки исходных теоретических положений был использован комплекс методов исследования: наблюдение и сбор фактов, анализ и синтез, системный подход.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Роль строительного комплекса нельзя преувеличить в разрезе экономики государства. Благодаря этой сфере формируется прочная основа для построения других отраслей. Участники, которые, так или иначе, имеют отношение к сфере строительства вносят огромный вклад, благодаря которому успешно осуществляются государственные

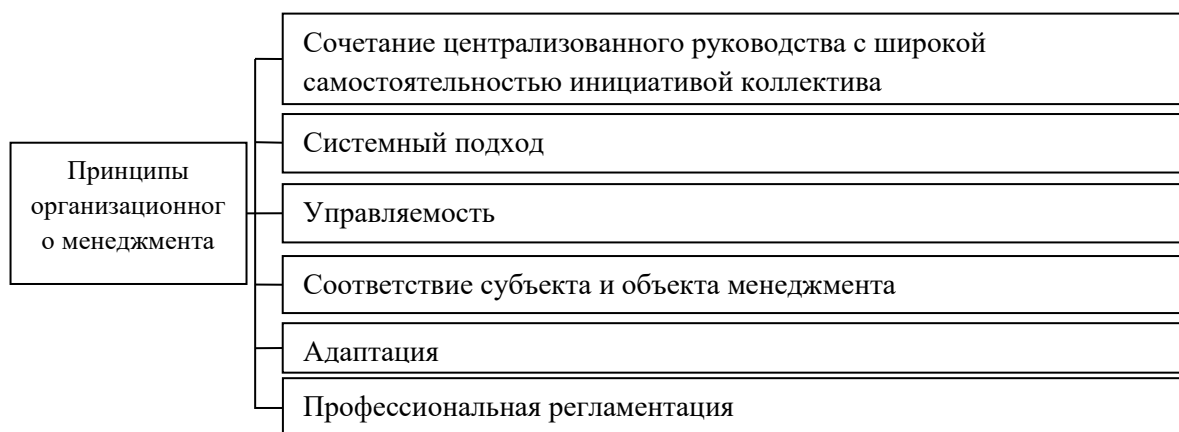
программы. С помощью этих программ происходит как развитие национальной экономики, так и повышение качества жизни населения.

Структура системы управления имеет несколько принципов. Как известно, принцип (от лат. *principium* – основное начало) – это основное, исходное положение какой-либо теории, учения, руководящая идея, основное правило деятельности; внутренне убежденный взгляд на вещи, определяющие нормы поведения [1].

Структура системы управления базируется на следующих принципах:

1. Принцип объектного управления.
2. Принцип целенаправленности управления. Применительно к каждой подсистеме должна быть определена цель, достижению которой она служит.
3. Принцип экономической обоснованности управленческих решений.
4. Принцип наилучшего и наиболее эффективного использования.
5. Принцип единства системы управления.
6. Принцип комплексности управления результатами деятельности. Деятельность по управлению строительным комплексом предполагает систематическое принятие решений, направленное на достижение поставленных целей, и его корректировку в соответствии с полученными результатами [2].

Важно понимать, что в организационном менеджменте построение структуры осуществляется с учетом некоторых требований (рисунок 1.).



**Рис. 1.** Основные требования к структуре управления

Согласно системной модели организации Джейма Клоусона [3] существует шесть основных подсистем, необходимых для выживания и развития открытой системы. Применительно к строительному комплексу эта модель будет выглядеть следующим образом:

- подсистема управления является органом, формулирующим цели, планы и средства контроля;
- подсистема адаптации отслеживает экономическую обстановку.;
- подсистема контроля поступлений в строительный комплекс контролирует приток ресурсов - того, чем «питается» организация;
- подсистема производства преобразует то, что поступает в строительный комплекс, в строительную продукцию;
- подсистема контроля оттоков связана с распределением строительной продукции;
- подсистема поддержки старается обеспечить эффективную совместную работу других подсистем.

Строительный комплекс Донецкой Народной Республики достаточно сложен и многогранен. Каждая частица имеет взаимосвязь. Эту связь можно проследить на примере производства строительных материалов, что является очень важным звеном в развитии строительного комплекса, поскольку от этого зависит масштабы капитального

строительства. Так же не стоит забывать и об экономичности, данного вида строительства, а также сроках и техническом уровне. Поэтому, можно сказать, что увеличение производства строительной продукции приведет нас к росту строительного комплекса в целом.

Поскольку строительный комплекс многогранен, его изучение должно быть полным, с учетом других составляющих экономического поля региона, в иных случаях такое изучение просто не имеет смысла [4] (рисунок 2).

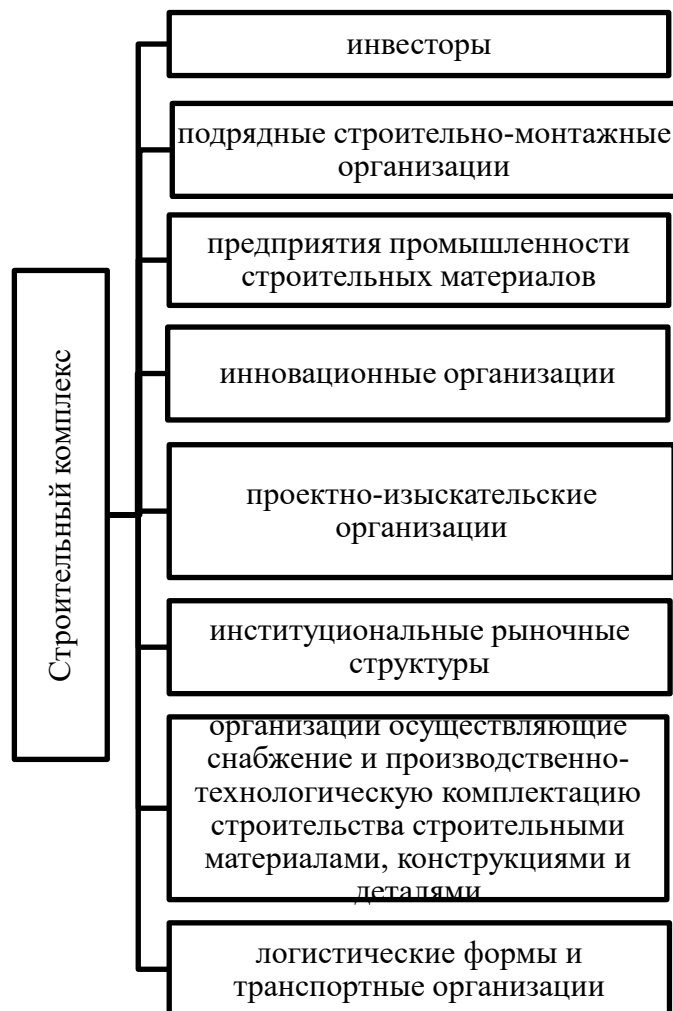


Рис. 2. Структура строительного комплекса [составлено автором]

Инвесторы могут выступать в качестве кредиторов, покупателей уже готовой продукции, заказчиками. Основными функциями являются финансирование и кредитование инвестиций в основной капитал. Подрядные строительно-монтажные организации обеспечивают комплекс работ согласно договору с заказчиком. Предприятия промышленности строительных материалов представляют собой заводы по производству строительных материалов, железобетонных конструкций, их размещают вблизи источников сырья. Инновационные организации занимаются непосредственно разработкой и внедрением научно-исследовательских новшеств и инноваций. Основной целью проектно-изыскательских организаций является подготовка всех видов документации, которая необходима для осуществления строительной деятельности. Институциональные рыночные структуры дают возможности функционировать инвестициям в полной мере в сфере производства. Логистические фирмы и транспортные организации играют важную роль в обеспечении необходимого движения строительных и других материалов их складирование, а также комплектацию и упаковку.

Строительный комплекс требует к себе повышенного внимания со стороны государства, в силу имеющихся ряда проблем, но главное то, что основной

производственный потенциал сохранился, а это значит, что существует перспектива дальнейшего совершенствования. Оптимальным решением в этом случае, может быть разработка и модернизация механизмов регулирования деятельности комплекса. Важно помнить, что цель номер один – создание наиболее подходящей модели взаимодействия экономических субъектов в процессе их хозяйственной деятельности. Беря во внимание все факторы, влияющие на сферу строительства, стоит отметить, что прямое влияние со стороны государства должно происходить на бюджетное финансирование, а косвенное по таким направлениям как:

- разработка и введение в эксплуатацию механизмов, которые имели бы экономический характер воздействия на работу организаций строительного комплекса;
- осуществление реформ на предприятиях с помощью структурных перестроек;
- государственной контроль в сфере экономики должен быть более тщательным [5].

Предприятия в сфере строительства на сегодняшний день находятся в условиях жесткой конкуренции и борьбы за место под солнцем. Исходя из этого, можно сказать, что образовалась необходимость в оперативной реакции на изменения внешней политической и экономической среды с целью совершенствования деятельности строительного комплекса, со стороны государства. Благодаря тому, что развитие строительного комплекса будет поддаваться контролю, сфера строительства будет обречена на успех независимо от формы собственности и направления деятельности. И этот процесс требует привлечения инвестиций.

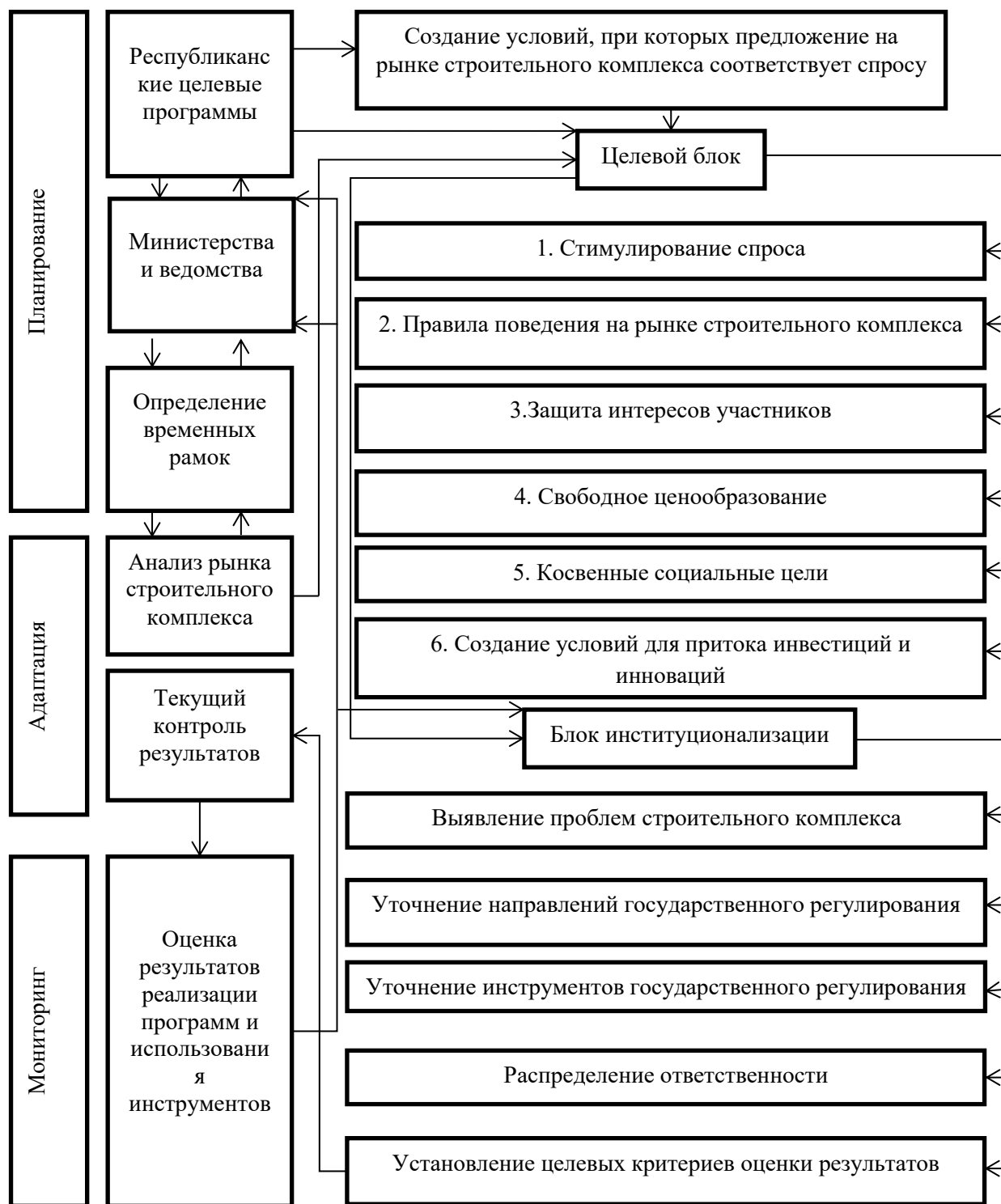
Инвестиции имеют весомый вклад в реализации процесса воспроизводства, в организации структурных преобразований, в достижении максимальной прибыли. Можно сказать, что они способствуют решению многих социально-экономических проблем. Для того, что бы обеспечить должный объем производства строительных услуг необходимо понимать, что проблемы строительного комплекса не могут быть решены только за счет государственных капиталовложений, учитывая постоянно падающий размер бюджетных инвестиций. Необходимы инвестиции, которые сегодня смогут обеспечить только частные инвесторы.

В результате сложившейся ситуации требуют дополнительного изучения подходы к управлению строительным комплексом, основные в работе выделены следующие: планирование, прогнозирование, адаптация и мониторинг.

Подход планирования к управлению строительным комплексом направлен на определение перспектив развития и будущего состояния строительной отрасли. Основная задача данного подхода – это определение мер для достижения конечной цели, а именно возведению объекта или исполнение подрядного контракта. Тесно связан с планированием такой метод как прогнозирование. Объектами и предметами прогнозирования в строительном комплексе являются: цены на строительную продукцию и услуги, цены на рынке недвижимости, эволюция в сфере строительства.

Подход к управлению строительным комплексом как адаптация характеризуется применением комплексов динамических наблюдений, аналитической оценки, прогноза состояния наблюдаемой системы адаптации персонала с целью обеспечения эффективности отражения ее состояния, аналитического обобщения результатов ее деятельности, разработки прогнозов ее обеспечения и развития [6].

Мониторинг позволяет вовремя проводить оценку результатов реализации всевозможных программ, а также использования необходимых инструментов для развития состояния строительного комплекса[7]. Схематически управление строительным комплексом путем различных подходов можно представить следующим образом (рисунок 3).



**Рис. 3.** Подходы к управлению строительным комплексом

Исходя из этого, можно отметить, что с учетом сложившихся экономических, геополитических и других обстоятельств появилась необходимость во внедрении новых инструментов государственного регулирования инвестиционной сферы. Немаловажную роль играет создание благоприятной среды для капиталовложений. Данные мероприятия позволят осуществлять крупные инвестиционные проекты в строительном комплексе.

## **ВЫВОДЫ**

Формирование и развитие строительного комплекса имеют некоторые закономерности и базируются на основных подходах: планирование, адаптация, мониторинг.

Изученные подходы к управлению строительным комплексом позволили сформировать ориентиры развития строительного комплекса – целеполагание (стимулирование спроса, правила «игры», защита интересов, все это осознанный процесс определения потребностей и мотивов) и институционализация (организация каких-либо отношений в институты, где существуют установленные правила, нормы, а так же их саморегуляция).

Выделенные ориентиры позволяют, вывести работу строительного комплекса на определенный алгоритм, который позволяет построить порядок и основные требования к результатам деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Азрилиан А.Н.* Большой экономический словарь / Под ред. А.Н. Азрилиана // – 2-е изд. доп. и переа. – М.: Институт новой экономики, 1997. – С. 651
2. *Липсиц И.В.* Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа / *Липсиц И.В., Коссов В.В.*//– М.: Изд-во БЕК, 1996г. – С. 48
3. *Джеймс Дж. Клоусон* Лидерство третьего уровня / Джеймс Дж. Клоусон / ; Пер. с англ. – М. : Альпина Паблишер, 2017. – С. 243-249
4. *Вебер, М.* Избранные произведения / М. Вебер//. – М.: Наука, 1990. – С. 93-105
5. *Акофф, Р.* О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эммери// — М.: Сов.радио, 1974. — С. 87-91
6. *Афанасьев, В.Г.* Управление / В.Г. Афанасьев // Филос. энцикл. словарь. – М.: Политиздат, 1983. – С. 34-87.
7. *Конаржевский, Ю.А.* Менеджмент и внутришкольное управление / Ю.А. Конаржевский // – М.: Центр «Педагогический поиск», 2000 – С.47-54