



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Воронежский государственный технический университет»

ISSN 2949-3749 (Online)

СТРОИТЕЛЬСТВО И НЕДВИЖИМОСТЬ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



ВГТУ

Выпуск № 4 (25), 2026

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Воронежский государственный технический университет»

Журнал издается 6 раз в год

СТРОИТЕЛЬСТВО И НЕДВИЖИМОСТЬ

Редакционная коллегия

Главный редактор	В.Я. Мищенко , д-р техн. наук, профессор
Зам. главного редактора	О.К. Мещерякова , д-р экон. наук, профессор
Ответственный секретарь	Е.А. Чеснокова , канд. экон. наук, доцент

Члены редакционной коллегии

В.М. Круглякова – д-р экон. наук, профессор, ВГТУ (Воронеж);
Д.И. Емельянов – канд. техн. наук, доцент, ВГТУ (Воронеж);
Н.А. Понявина – канд. техн. наук, доцент, ВГТУ (Воронеж);
И.И. Попов – канд. техн. наук, директор центра межвузовской научной коммуникации, РГАУ-МСХА (Москва);
В.Т. Ерофеев – д-р техн. наук, профессор, МГУ им. Н.П. Огарёва (Мордовия);
Б.Б. Хрусталеv – д-р экон. наук, профессор, ПГУАС (Пенза);
К.П. Грабовый – д-р экон. наук, доцент, НИУ МГСУ (Москва);
В.В. Бредихин – д-р экон. наук, профессор, ЮЗГУ (Курск);
А.А. Солдатов – канд. техн. наук, доцент, СКФУ (Ставрополь);
М.А. Самохвалов – канд. техн. наук, доцент, ТИУ (Тюмень).

Материалы публикуются в авторской редакции, за достоверность сведений, изложенных в публикациях, ответственность несут авторы.

Издатель и учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Адрес издателя и учредителя: 394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Адрес редакции: 394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, кафедра технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью

© Строительство и недвижимость, 2026

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2026

Вступительное слово главного редактора журнала «Строительство и недвижимость»

Вашему вниманию предлагается новый выпуск журнала «Строительство и недвижимость». Целью появления данного выпуска является содействие повышению публикационной активности научных работников и профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений, бакалавров, специалистов, магистрантов, аспирантов ВГТУ и других вузов.

Задача архитектора – оформить пространство, задача строителя – воплотить это оформление в жизнь. Идея останется идеей, если не знать, как ее реализовать, как организовать сам процесс этого воплощения архитектурных замыслов от начала и до конца. В стенах ВГТУ всегда умели и первое, и второе, делились этим знанием со студентами, с представителями строительного производства и государственного управления, консультирующимися по самым разным вопросам в данной сфере. Одним из путей распространения информации является данное издание.

Журнал «Строительство и недвижимость» ежегодно освещает все направления в области возведения зданий и сооружений, а также экспертизы недвижимости. Здесь представляют свои научные труды как видные ученые в данной сфере, так и начинающие специалисты.

Цель издания – рассмотрение уже реализованных инвестиционно-строительных проектов, так и поиск новых путей, инноваций в строительстве и архитектуре. Тем не менее, основной направленностью остается связь между теорией и практикой, то есть между учебным процессом, изобретательством и комплексным внедрением согласно базовым принципам сервейинга.

Журнал состоит из 4 разделов: «Градостроительство, планировка сельских населённых пунктов», «Технология и организация строительства», «Управление жизненным циклом объектов строительства», «Региональная и отраслевая экономика». Все публикации проходят рецензирование и оцениваются с точки зрения их научной новизны с целью дальнейшего продвижения открытий и достижений.

В заключение хотелось бы выразить большую благодарность членам редакционной коллегии и коллективу кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью за творческий подход к созданию журнала, открытость современным научным тенденциям и глобальным экономическим вызовам.



Главный редактор научного журнала
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой технологии, организации
строительства, экспертизы и управления
недвижимостью ВГТУ

Мищенко В.Я.

СОДЕРЖАНИЕ

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

- Мищенко В. Я., Матренинский С. И., Титова В. Е.** 6
Методика оценки состояния жилых зданий для принятия решений по их обновлению с помощью программы QGIS
- Ястребова Н. А., Стасюк В. В.** 15
Модели пространственного развития локальных ландшафтно-средовых объектов в структуре крупного приречного города

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Арзуманов Арб. А., Столярова Т. А., Крахмалева А. А., Телегин Н. Д.** 23
Обзор методов прогнозирования аварийных ситуаций в подземных выработках
- Казаков Д. А., Ушаков С. И., Новиков Д. А., Каландаров В. Б.** 30
Технологические особенности возведения высотных зданий на площадках, расположенных в стеснённых условиях
- Косовцева И. А., Бартеньева Ю. Э., Бородина В. А.** 37
Организационно-экономические барьеры внедрения сквозного BIM в России и пути их преодоления (на примере жилищного строительства)
- Косовцева И. А., Мищенко В. Я., Матренинский С. И., Сапелкин Р. И.** 42
Организационно-экономические барьеры внедрения сквозного BIM в Российской Арктике и пути их преодоления
- Николенко С. Д., Косарев К. А.** 55
Анализ технологии монтажа вертикальных стальных резервуаров РВС-4950
- Николенко С. Д., Шевелев Д. И.** 61
Эффективность дисперсного армирования для повышения качества железобетонных балочных конструкций
- Сергеева А. Ю., Зимоглядова Я. О., Мясищев Р. Ю., Сергеев Ю. Д.** 67
Технические критерии определения капитальности объекта в рамках строительно-технической экспертизы
- Ткаченко В. А., Мальцев Б. А.** 75
Особенности инженерной реставрации памятников архитектуры XIX века

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Гойкалов А. Н., Спивак И. Е., Незнамова Е. А., Гойкалова Е. А. Жизненный цикл руинизированных сооружений	84
Добросоцких М. Г., Боев Н. М., Кобыляцкий Д. С. Усовершенствование методов определения физического износа объектов недвижимости в рамках судебной строительной экспертизы	91
Мещерякова М. А., Мещерякова О. К., Островский Д. А., Кочетов И. Р. Цифровые технологии в управлении инвестиционно-строительными проектами на этапах жизненного цикла	101
Чеснокова Е. А., Чесноков А. С., Прошунин Д. П., Пушкарная Л. В. Применение современных материалов при реконструкции промышленных территорий: инновации, экономическая эффективность	109

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Нерозина С. Ю., Сыч Г. В., Чернышов Д. А. Инвестиционная привлекательность строительства многопрофильных медицинских центров и узкоспециализированных учреждений в Воронежской области	117
--	-----

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

УДК 728.1:69.059.73:004.91

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ИХ ОБНОВЛЕНИЮ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ QGIS

В. Я. Мищенко^{1,2}, С. И. Матренинский^{1,2}, В. Е. Титова¹

Мищенко Валерий Яковлевич, ¹Воронежский государственный технический университет, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, E-mail: oseun@yandex.ru

Матренинский Сергей Иванович, ¹Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, E-mail: gso09@yandex.ru

Титова Валерия Евгеньевна, ¹Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мСПГ-241, E-mail: valeriya-titova-02@mail.ru

Аннотация: потребность в надежном и удобном жилище для человека является одной из первостепенных, вследствие чего, приоритетное значение приобретает приведение жилищного фонда к состоянию, отвечающему требованиям безопасного проживания и комфортности. В статье изложена методика, позволяющая детально проанализировать состояние жилых зданий с помощью показателей физического (износ конструктивных элементов) и морального (функциональное устаревание) износа. Для расчётов используется компьютерная программа в формате Microsoft Excel, обеспечивающая систематизацию данных и количественные оценки. Описан пример графического оформления полученных табличных данных в схематичную картографическую форму, реализованный с помощью программы QGIS для наглядной визуализации результатов анализа. Обоснована целесообразность включения показателей физического, морального износа в геоинформационную платформу для поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: методика, обновление, реновация, физический износ, моральный износ, графическое оформление, геоинформационная платформа.

A METHOD FOR ASSESSING THE CONDITION OF RESIDENTIAL BUILDINGS TO MAKE DECISIONS ON THEIR RENEWAL USING THE QGIS PROGRAM

V. Ya. Mishchenko^{1,2}, S. I. Matreninsky^{1,2}, V. E. Titova¹

Mishchenko Valery Yakovlevich, ¹Voronezh State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, E-mail: oseun@yandex.ru

Matreninsky Sergey Ivanovich, ¹Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, E-mail: gso09@yandex.ru

Titova Valeria Evgenievna, ¹Voronezh State Technical University, Master's student gr. mSPG-241, E-mail: valeriya-titova-02@mail.ru

Abstract: the need for a reliable and comfortable home for a person is one of the primary ones, as a result, bringing the housing stock to a state that meets the requirements of safe living and comfort becomes a priority. The article describes a technique that allows a detailed analysis of the condition of residential buildings using indicators of physical (wear of structural elements) and moral (functional obsolescence) wear. A computer program in Microsoft Excel format is used for calculations, which provides data systematization and quantitative estimates. An example of graphical representation of the obtained tabular data in a schematic cartographic form, implemented using the QGIS program for visual visualization of the analysis results, is described. The expediency of including indicators of physical and moral deterioration in the geoinformation platform to support managerial decision-making is substantiated.

Keywords: methodology, renewal, renovation, physical wear and tear, moral wear and tear, graphic design, geographic information platform.

Программы реновации территорий массовой жилой застройки становятся все более актуальными и востребованными, так как это обусловлено высокой степенью износа жилищного фонда, инженерных сетей и городской инфраструктуры в городах России [1-4]. Обновление территорий массовой жилой застройки часто носит фрагментарный характер, что приводит к удлинению сроков реализации, неэффективному использованию территорий и соответствующих ресурсов. В связи с этим возникает необходимость в применении целостной системы обновления жилищного фонда, которая позволит объективно оценить исходное состояние жилой застройки и спланировать комплексную многоаспектную реновацию.

В соответствии п. 34 ст. 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 23.03.2026), «комплексное развитие территорий - совокупность мероприятий, выполняемых в соответствии с утвержденной документацией по планировке территории и направленных на создание благоприятных условий проживания граждан, обновление среды жизнедеятельности и территорий общего пользования поселений, городских округов» [5].

Комплексная многоаспектная реновация рассматривается как совокупность действий, организационно-технических и технологических решений, направленных на значительное снижение или ликвидацию их физического и морального износа [6]. Успех реновации зависит от объективной оценки исходного состояния жилых зданий и выбора управленческих, технических, организационно-технологических и архитектурных решений, обеспечивающих экономически обоснованные способы их обновления. Главная сложность заключается не только в отсутствии единых методик оценки, но и в том, что полученные табличные данные трудно анализировать без наглядной картины.

Целью данной работы является демонстрация возможности использования инструмента анализа QGIS для получения визуальной картины, позволяющей совмещать разные данные (этажность, материал стен, год постройки, физический износ, моральный износ) и на этой основе принимать более обоснованные решения по обновлению жилой застройки [7].

Реализация предлагаемого подхода начинается с идентификации в структуре городской застройки групп сходных объектов с последующим представлением всей совокупности групп идентифицированных объектов, составляющих участок территории массовой жилой застройки в виде иерархической системы, как системно-комплексное градостроительное образование (ГСО) (рис. 1).

Основанием для такого выделения и моделирования служат три критерия: присутствие системообразующего ядра (в роли которого выступают жилые здания); сформированность инфраструктурных составляющих - инженерно-сетевой, транспортной и территориально-планировочной; а также наличие естественных либо искусственных рубежей, ограничивающих территорию (улично-дорожная сеть, водные артерии, лесополосы и пр. После этого для каждого частного объекта - жилого здания, расположенного в границах выделенного участка территории массовой жилой застройки, устанавливаются частные показатели физического (Ф) и морального (М) износа. Величины показателей Ф зданий определяются либо на основании натурных обследований, либо с привлечением архивных данных организаций технической инвентаризации (БТИ), сведений из открытых отраслевых источников (например, порталы Министерства ЖКХ).

Оценка М жилых зданий, ввиду отсутствия нормативно закреплённых методик, осуществляется экспертным путём с опорой на апробированные методы системного анализа.

После определения значений Ф и М износа отдельных зданий осуществляется иерархический переход в соответствии с рисунком 1 к установлению показателей Ф и М общего объекта - «жилые здания»- это группа жилых как средний совокупный Ф и М рассматриваемых жилых зданий компонентов, всего ГСО.

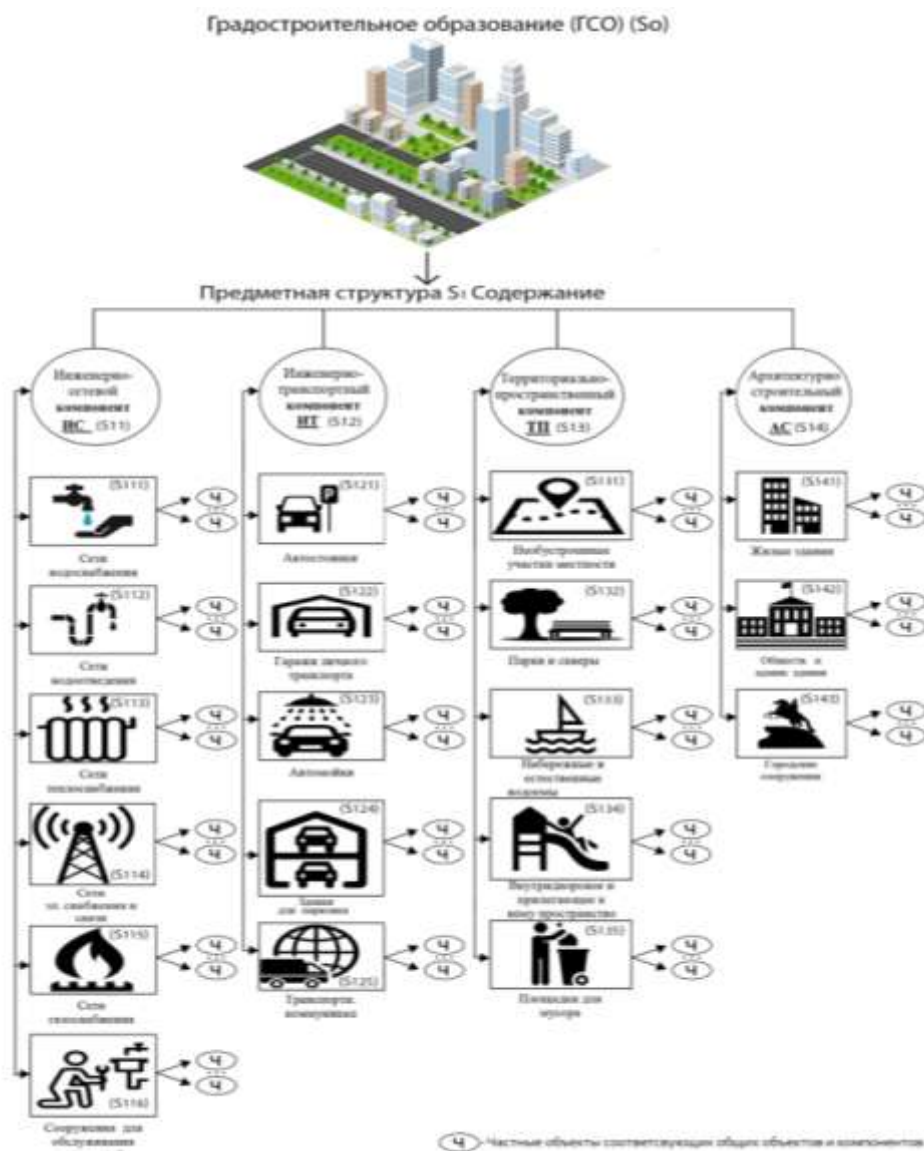


Рис. 1. Предметная структура градостроительного образования как системы с входящими в неё компонентами и объектами

QGIS - это геоинформационная система с открытым исходным кодом, предназначенная для обработки, анализа и визуализации пространственных данных городов и поселений. Система позволяет создавать многослойные карты, редактировать векторные и растровые данные, выполнять пространственные запросы и подготавливать итоговые схематические материалы для градостроительного анализа.

В контексте данной работы QGIS используется как инструмент картографического отображения результатов оценки жилых зданий, что обеспечивает пространственную привязку показателей Φ , M жилых зданий или объектов городских территорий. Представленная программа является лишь инструментом визуализации, данные в систему загружает сам пользователь в виде таблиц, либо создает и заполняет таблицу внутри QGIS.

Включение показателей Φ и M рассматриваемых зданий в среду QGIS обусловлено следующими факторами:

1. Пространственная наглядность. Табличные данные не позволяют увидеть пространственное распределение проблемных зон из групп жилых зданий со схожими показателями изношенности. QGIS даёт возможность в картографической привязке сразу

определить, где сосредоточены здания с высоким износом, что важно для планирования «сценариев» и очередности реновации.

2. Интеграция разнородных данных. В QGIS можно объединять показатели состояния зданий с данными об их Ф и М, этажности, годе постройки, материале стен, инженерной инфраструктуре, транспортной доступности, экологических ограничениях, степени физического износа отдельных конструктивных элементов и инженерных систем. Данный подход создаёт комплексную информационную основу для моделирования сценариев обновления с возможностью формирования кластеров по сходству указанных характеристик из зданий подлежащих реновации, что позволит планировать сходные организационно-технологические методы и поточный способ производства работ.

3. Динамическое обновление. При изменении исходных данных (например, после капитального ремонта) достаточно скорректировать значения в атрибутивной таблице (рис. 2), и картограмма автоматически перестроится. Это позволяет вести мониторинг состояния жилого фонда во времени.

4. Масштабируемость. Разработанная методика может быть применена к любому городу или району. QGIS работает с открытыми данными (OpenStreetMap, кадастровые слои, данные БТИ), что снижает затраты на внедрение.

Таким образом, включение показателей Ф и М в геоинформационную платформу не ограничивается визуализацией зданий, а распространяется и на обобщённые объекты более высокого уровня (компоненты инфраструктуры, ГСО в целом). Это позволяет получать слои интегральной оценки участков территории массовой жилой застройки, что повышает информативность и обоснованность проектных решений.

Существует несколько способов получения информации, используя инструмент QGIS. Первый способ - импорт готовых наборов из открытой базы данных, в том числе загрузка через модуль QuickOSM из OpenStreetMap с помощью «ключей» [8].

Если отсутствует информация в открытой базе, прибегают к заполнению атрибутивной таблицы вручную (рис. 2), в данном случае информация о Ф и М жилых зданий взята с сайта ГИС ЖКХ.

Помимо Ф и М можно добавить в таблицу любые дополнительные характеристики зданий, это могут быть: год постройки, материал стен и перекрытий, этажность и т.п. Данные автоматически будут привязываться к конкретным домам с адресом и номером, таким образом архитектор получает информационно насыщенную карту.

Обработка данных занимает больше времени, так как возникает сложность в изучении логики программного кода. Чтобы отфильтровать данные используются разные инструменты фильтрации, основными из них выступают: выборка на основе разных диапазонов значений; символизация на основе правил; выборка по уникальным значениям. Самым сложным выступает символизация на основе правил, правило представляет собой программный код.

Диапазоны значений можно задавать самим, например, Ф и М в нашем случае заданы по вербально числовой шкале Харрингтона [9], ранее упоминаемой в методике оценки состояния зданий.

Мораль и износ по таблице износа копий копии — объектов всего: 25764, инф. хранимо: 25764, выбрано: 0

	A_STRT	A_NUMBER	ВЗ %	МН %	ТН %	Состояние	Год постройки	Тип стен	Дата на кат. уст. инв.
1	Семеновская улица	24	80	70	11	Аварийный	1908	Кирпичный	2014
2	улица 9 Января	154	79	73	30	Аварийный	1961	Аварийный	2014
3	Краснодонская улица	10	75	62	24	Аварийный	1955	Стены деревянные	2014
4	Краснодонская улица	12	75	61	24	Аварийный	1954	Стены деревянные	2014
5	улица 9 Января	105	74	75	10	Аварийный	1959	Кирпичный	2014
6	Краснодонская улица	14	70	76	36	Ветхий	1953	Кирпичный	2014
7	улица 9 Января	189	70	68	15	Аварийный	1952	Стены деревянные	2014
8	улица 9 Января	152	60	62	30	Удовлетворительное	1951	Стены из шпалоб.	2015
9	Голова улица	25	52	56	30	Удовлетворительное	1950	Стены деревянные	2015
10	улица Гайдара	16	50	20	76	Удовлетворительное	1965	Гипсобетонные	2015
11	улица 9 Января	232	50	66	14	Ветхий	1959	Кирпичный	2015
12	улица 9 Января	186	50	51	30	Ветхий	1960	Кирпичный	2015
13	улица 9 Января	103	49	55	36	Удовлетворительное	1954	Стены деревянные	2015
14	Семеновская улица	8	49	46	31	Удовлетворительное	1959	Кирпичный	1998
15	улица 9 Января	207	40	55	31	Удовлетворительное	1958	Стены деревянные	2015

Все объекты

Рис. 2. Атрибутивная таблица

Программа также позволяет настраивать цветовую схему отображения данных, либо выбрать из предлагаемых. Автоматическая перекраска и обновление схем, если данные в таблице изменились, также позволяет быстро тестировать разное отображения схем и производить мониторинг изменений всего участка.

Для наглядного пространственного анализа состояния зданий на улице 9 Января была выполнена визуализация табличных данных в геоинформационной системе QGIS. На схеме Ф (рис. 3) цветом выделены здания в зависимости от величины физического износа конструктивных элементов. Используется шкала Харрингтона: зелёный - хорошее состояние, жёлтый - удовлетворительное, красный - неудовлетворительное (аварийное). Схема физического износа позволяет определить, какие здания требуют срочного капитального ремонта или расселения из-за угрозы безопасности.

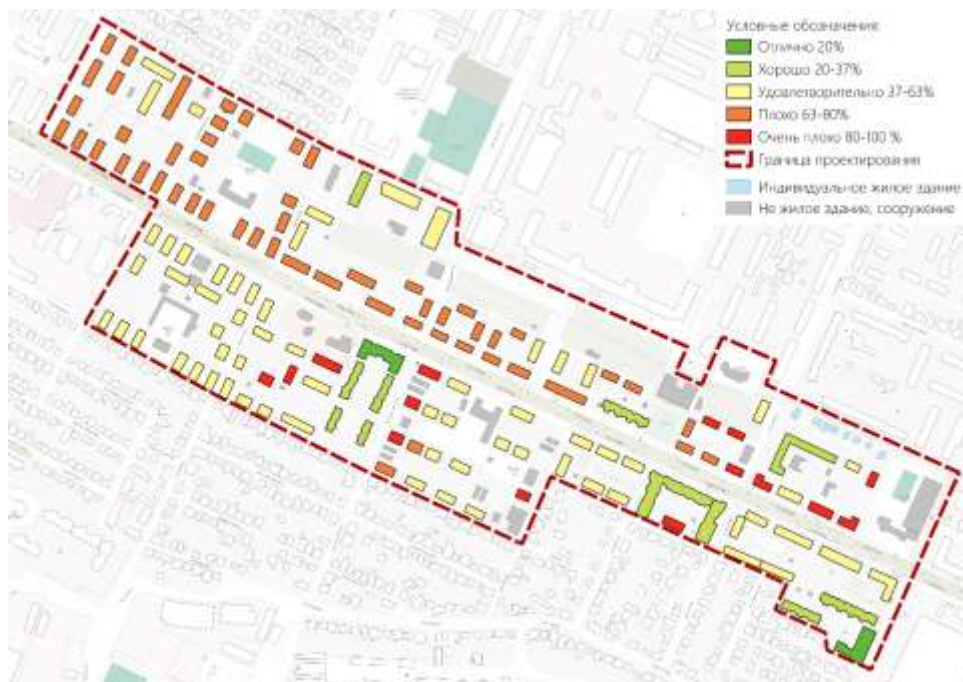


Рис. 3. Графический итог схемы физического износа зданий в границах объекта проектирования

На схеме М отражена степень морального устаревания зданий, определённая экспертным методом по пяти факторам. Каждому дому присвоен интегральный показатель морального износа, визуализированный цветовой шкалой (рис. 4). Схема позволяет выявить территории, где даже при удовлетворительном физическом состоянии зданий требуется их модернизация или замена.

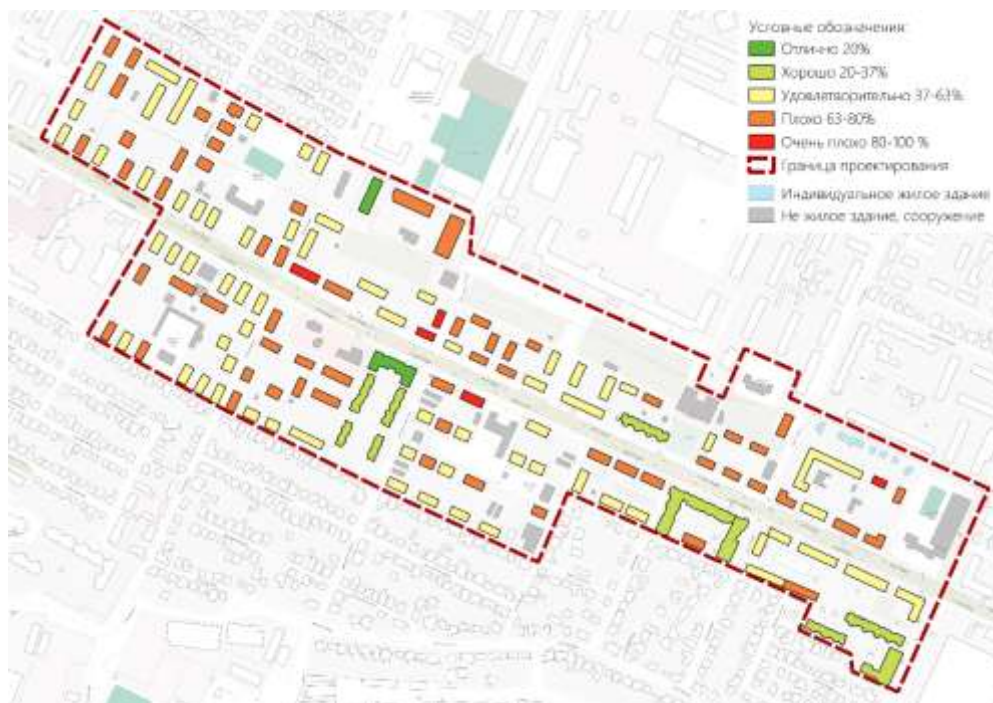


Рис. 4. Графический итог схемы морального износа зданий в границах объекта проектирования

Таким образом, установлено, что табличные данные без визуальной привязки к карте существенно затрудняют анализ и принятие управленческих решений. Предложенное использование QGIS устраняет этот недостаток, позволяя лицу, принимающему решение, быстро определять проблемные зоны и обоснованно планировать очерёдность мероприятий.

Показана возможность использования геоинформационной системы QGIS как эффективного инструмента анализа и визуализации. С её помощью получена наглядная картина распределения зданий по степени морального износа, что принципиально важно для понимания реальной ситуации на территории.

Предложенная методика может быть масштабирована на любые территории массовой жилой застройки и интегрирована в системы мониторинга состояния жилого фонда с регулярным обновлением данных. Это создаёт основу для перехода от фрагментарных, разрозненных решений к системному планированию комплексной реновации жилых территорий.

Список литературы

1. Матренинский, С. И. Методологический подход к оценке морального износа территорий массовой жилой застройки / С. И. Матренинский, В. Я. Мищенко, И. Е. Спивак, К. Ю. Зубенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 11. – С. 59-62.
2. Матренинский, С. И. Методологический подход к оценке комфортности территорий массовой жилой застройки / С. И. Матренинский, В. Я. Мищенко, И. Е. Спивак // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 12. – С. 54-57.

3. Matreninsky, S. I. Methodological approach to decision-making on reconstruction of compact built-up development areas / S. I. Matreninsky, V. Y. Mishchenko, E. M. Chernyshov // Recent Advances in Environmental & Biological Engineering, Istanbul, 15-17 декабря 2014 года. - Istanbul: WSEAS Press, 2014. - P. 9-17.
4. Matreninsky, S. I. Methodological Approach to the Formation of Action Variants and Solutions Implementing them for Renovation of Compact Built-Up Development Areas / S. I. Matreninsky, V. Ya. Mishchenko // Advances in Environmental and Agricultural Science, Dubai, 22 февраля 2015 года - Dubai: WSEASS Press, 2015. - P. 18-23.
5. Гусева, Г. В. Реновация и комплексное развитие территорий: сущность и взаимосвязь / Г.В. Гусева. - DOI10.17150/2411-6262.2023.14(1).72-81. - EDN INBQTU // Baikal Research Journal. - 2023. - Т. 14, № 1. - С. 72-81.
6. Мищенко, В. Я. Системный подход к принятию решений по многоаспектной реновации городских территорий / В. Я. Мищенко, Д. К. Проскурин, С. И. Матренинский, М. А. Горемыкин // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2020. - № 8(740). - С. 101-110. - DOI 10.32683/0536-1052-2020-740-8-101-110.
7. Официальная страница проекта QGIS [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://qgis.org>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.05.2026).
8. Официальная страница справочника QGIS [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/RU:Key:access>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.05.2026).
9. Harrington E.C. Industr. The desirable function. Quality Control. 1965. V. 21. N 10, pp. 494-498.

List of references

1. Matreninsky, S. I. A methodological approach to assessing the moral deterioration of mass residential areas / S. I. Matreninsky, V. Ya. Mishchenko, I. E. Spivak, K. Y. Zubenko // Industrial and Civil Construction, 2008, No. 11, pp. 59-62.
2. Matreninsky, S. I. A methodological approach to assessing the comfort of mass residential areas / S. I. Matreninsky, V. Ya. Mishchenko, I. E. Spivak // Industrial and Civil Construction, 2008, No. 12, pp. 54-57.
3. Matreninsky, S. I. Methodological approach to decision-making on reconstruction of compact built-up development areas / S. I. Matreninsky, V. Y. Mishchenko, E. M. Chernyshov // Recent Advances in Environmental & Biological Engineering, Istanbul, December 15-17, 2014. - Istanbul: WSEAS Press, 2014. - P. 9-17.
4. Matreninsky, S. I. Methodological Approach to the Formation of Action Variants and Solutions Implementing them for Renovation of Compact Built-Up Development Areas / S. I. Matreninsky, V. Ya. Mishchenko // Advances in Environmental and Agricultural Science, Dubai, February 22, 2015 - Dubai: WSEASS Press, 2015. - P. 18-23.
5. Guseva, G. V. Renovation and integrated development of territories: essence and interrelation / G.V. Guseva. - DOI10.17150/2411-6262.2023.14(1).72-81. - EDN INBQTU // Baikal Research Journal. - 2023. - Т. 14, № 1. - С. 72-81.
6. Mishchenko, V. Ya. A systematic approach to decision-making on multidimensional renovation of urban areas / V. Ya. Mishchenko, D. K. Proskurin, S. I. Matreninsky, M. A. Goremykin // News of higher educational institutions. Construction. - 2020. - № 8(740). - Pp. 101-110. - DOI 10.32683/0536-1052-2020-740-8-101-110.
7. Official page of the QGIS project [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://qgis.org>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 05/20/2026).
8. Official QGIS Reference page [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/RU:Key:access>, Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of access: 05/20/2026).

9. Harrington E.C. Industrir. The desirable function. Quality Control. 1965. V. 21. N 10, pp. 494-498.

УДК 711.4

МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТНО-СРЕДОВЫХ ОБЪЕКТОВ В СТРУКТУРЕ КРУПНОГО ПРИРЕЧНОГО ГОРОДА

Н. А. Ястребова, В. В. Стасюк

Ястребова Наталья Александровна, *Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, кандидат архитектуры, доцент кафедры «Урбанистика и теория архитектуры»*, E-mail: yas_na71@mail.ru

Стасюк Валерия Владимировна, *Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, магистрант гр. ГСМ-1-25*, E-mail: leraaa.stasyuk@gmail.com

Аннотация: развитие территорий в крупных приречных городах является важным элементом современного градостроительства, которое оказывает прямое воздействие на качество жизни населения и устойчивость городской среды. XXI век становится временем, когда природа – это полноценный компонент инфраструктуры, отчего возникает потребность в создании конкретных моделей пространственного развития, с целью организации правильного функционирования приречной территории. В данной статье проводится анализ моделей интеграции ландшафтно-средовых объектов в структуре крупного приречного города на примере Волгограда. Рассмотрены теоретические модели развития подобных территорий, варианты использования природы в городском пространстве, а также отмечены внешние и внутренние факторы, влияющие на реализацию моделей.

Ключевые слова: модели пространственного развития, ландшафтно-средовой объект, парковая территория, приречная территория, озеленение, городская среда.

MODELS OF SPATIAL DEVELOPMENT OF LOCAL LANDSCAPES AND ENVIRONMENTAL OBJECTS IN THE STRUCTURE OF A LARGE RIVER-BASED CITY

N. A. Yastrebova, V. V. Stasyuk

Yastrebova Natalia Alexandrovna, *Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University, Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Urban Studies and Theory of Architecture*, E-mail: yas_na71@mail.ru

Stasyuk Valeria Vladimirovna, *Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University, Master's student gr. GSM-1-25*, E-mail: leraaa.stasyuk@gmail.com

Abstract: the development of territories in large river cities is an important element of modern urban planning, which has a direct impact on the quality of life and the sustainability of the urban environment. In the 21st century, nature has become an integral part of infrastructure, necessitating the creation of specific models for spatial development in order to ensure the proper functioning of the territory. This article analyzes the integration of landscape and environmental objects in the structure of a large river city, using the example of Volgograd. The article discusses theoretical models of the development of such territories, options for using nature in urban space, and highlights external and internal factors that influence the implementation of these models.

Keywords: spatial development models, landscape and environmental objects, park areas, river areas, landscaping, and urban environments.

В XXI веке основным направлением развития локальных озелененных пространств в крупных городах стало восприятие природы как полноценной инфраструктуры. Такой подход наилучшим образом дает понять, каким должен быть образ современной городской среды.

Для лучшего понимания того, как в настоящее время выглядит данный переход, рассмотрим ключевые аспекты трансформации:

1. *От деконструкции к интеграции: город как экосистема.*

Главным вектором выступает смена парадигмы: природа становится не просто элементом декора или соединением нескольких кварталов, а является полноценной частью инфраструктуры, которая создает работу, подобно транспортной или инженерной системе. В большей степени это проявляется через новые взгляды на соединение плотной застройки и озеленения. В союзе эти два элемента усиливают друг друга, создавая «симбиотический» город [1]. Также зеленые зоны выступают регуляторами микроклимата, очистки воздуха и повышения биоразнообразия. Растительность получает статус не просто украшения города, но и одного из главных участников метаболизма города [2].

2. *Эволюция пространственных моделей.*

На смену старым планировочным схемам приходят современные с улучшенными моделями, способные создать органичную среду, сочетающую природные элементы и плотную городскую ткань. Поэтому всё чаще прибегают к реконструкции деградирующих территорий вместо благоустройства новых. Так, часто происходит преобразование промышленных зон. Такой подход позволяет вдохнуть новую жизнь в неблагополучные районы.

Ещё один из вариантов сохранения земли является способ вертикального озеленения и создания «микроресов» в масштабе двора или квартала. Такой метод помогает увеличить долю озеленения на территориях с плотной застройкой (рис. 1).

Кроме того, для образования единой связи, используют концепцию непрерывного соединения: происходит переход от изолированных территорий к объединению парков, бульваров, зеленых крыш, дождевых садов и рек. Такой союз создает единый природный каркас, который подобно кровеносной системе, пронизывает весь город, связывая районы.

3. *Смена приоритетов и методов управления.*

Процесс трансформации также подразумевает использование и новых подходов управления городским развитием. Именно поэтому защита и развитие природных комплексов становится обязательным требованием, а не является уделом только экологов. Все данные о проведении необходимых мероприятий по защите и развитию природных комплексов фиксируются в генеральных планах города, планах городской природы и правилах землепользования.

Также в современных проектах важным правилом выступает создание их с долгосрочной перспективой. При разработке большое внимание уделяется созданию климатически устойчивых и саморегулирующихся систем, способных адаптироваться к изменениям в условиях и требующих минимального ухода.



Рис. 1. Озеленение крыш

Однако для того, чтобы спроектировать комфортную приречную территорию, необходимо учесть не только озеленение пространства, но основные сложившиеся модели благоустройства территорий:

Связь ландшафта и озеленения: эта модель включает себя идею того, что планировочная структура парковых элементов находится в тесной связке с природным ландшафтом. Использование данной модели происходит на крупных парковых объектах со сложным рельефом.

Применение паттернов: работа этого подхода подразумевает использование паттернов при проектировании. Паттерны представляют собой устойчивые, повторяющиеся пространственные структуры – «элементарные планировочные единицы». Такой метод позволяет оставить в сохранности «генетический код» пространства и тиражировать градостроительные решения для конкретной территории [3].

Морфотипный подход: на основе анализа морфотипов – участков территорий схожих по функционалу, исторической справке или планировочной структуре, можно выявить факторы изменений для дальнейшего прогноза развития местности.

Рассмотренные нами правила и методы применимы не только в теории, но и на существующих территориях. Для рассмотрения данных подходов обратимся к опыту конкретного города – Волгограда.

Волгоград знаменит своей вытянутой формой на 90 км вдоль реки формой, что создает определенные трудности для жителей города, в особенности на отдаленных территориях. Поэтому была разработана и закреплена стратегия в новом Генеральном плане до 2045 года, направленная на трансформацию линейной структуры в линейно-кольцевую. Главной целью такого изменения является формирование компактной и комфортной городской среды (рис. 2) [6].

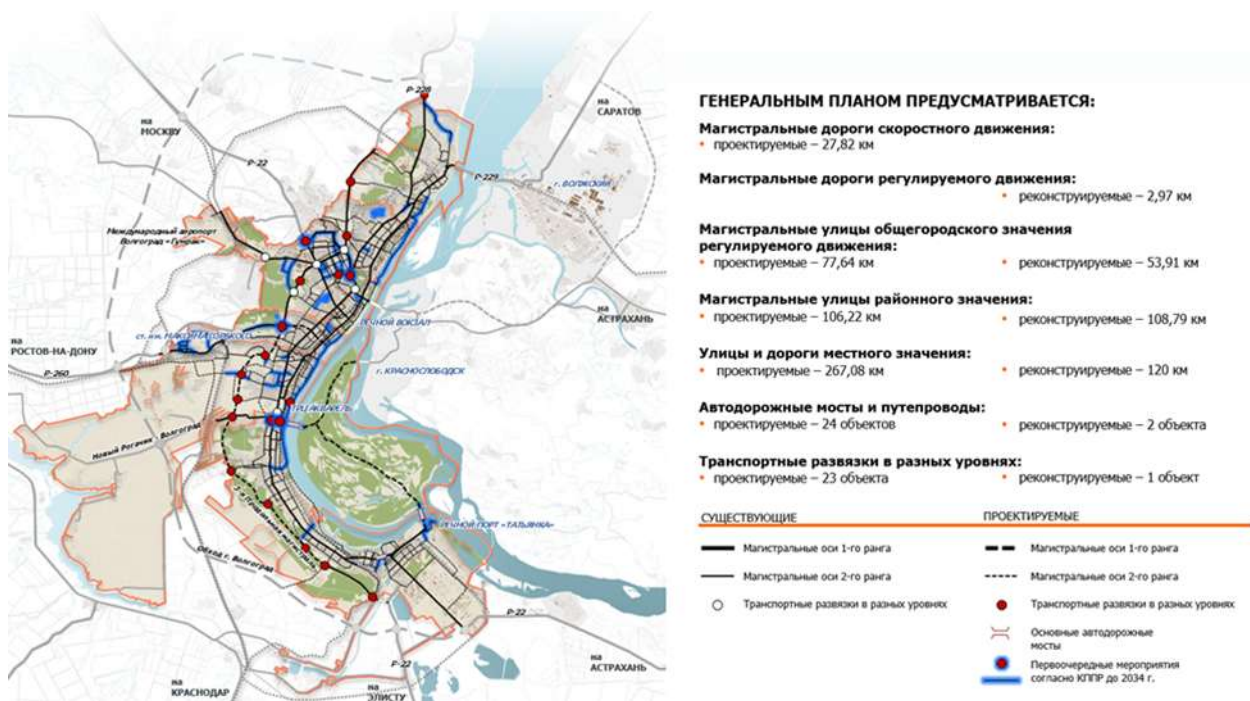


Рис. 2. Генеральный план Волгограда с будущими изменениями

Исследования Института территориального планирования «Град» обосновали необходимость перехода к линейно-дисперсной системе, которая позволяет связать удаленные районы в единую городскую ткань [7]. Рассмотрим пункты, которые необходимо предпринять для данного преобразования, чтобы создать удобный доступ к приречным территориям:

1. *Развитие дорожной сети.* Строительство подъездной дороги к Арбитражному суду (Ворошиловский район) и реконструкция дороги с развязкой в районе III Продольной магистрали формируют недостающие поперечные связи.

2. *Строительство мостовых переходов.* Возведение трех мостов на островную систему Сарпинский – Голодный, что обеспечит транспортную доступность и станет основой для развития нового рекреационного кластера.

Кроме того, во времена, когда Волгоград именовался Сталинградом, большинство прибрежных территорий были отданы под промышленность. В настоящее время многие заводы находятся в нерабочем состоянии, занимая собой большие территории, где могли бы располагаться парки. Именно поэтому важной задачей для города выступает расчистка приречных пространств от заброшенных зданий. Решение данной проблемы также поспособствовало бы открытию города к воде.

Что дает городу решение проблемы:

1. *Рекреационно-туристический кластер на о. Сарпинский.* С возможностью транспортировки на территорию острова, будет осуществим и проект по созданию курортной территории с различными объектами препровождения для всех возрастных категорий.

2. *Красноармейский район.* Проектирование жилого комплекса на 200 тыс. кв. м. с общественными и спортивными зонами на Севастопольской набережной.

3. *Кировский район.* Создание благоустроенной набережной территории с ярмарочными пространствами. Однако для реализации необходимо создание удобной транспортной сети.

4. *Центральный район.* На левом склоне поймы реки Царицы в 2019 году было организовано благоустройство территории с включением культурно-развлекательных объектов, а вот правый склон долгое время находился без оформления. В 2024 году

стартовал проект по благоустройству и на этой части поймы. Проект включает в себя установку спортивной инфраструктуры, строительство аквапарка и филиала «Сколково».

Для того чтобы парковое пространство было востребованным и не превратилось в разброшенную территорию, необходимо развитие жилого и общественного пространства вблизи этих территорий. Таким образом, люди, пребывающие там, будут главными посетителями рекреационной зоны.

1. *Северный кластер (Тракторозаводской район)*. Проект редевелопмента на территории уже давно не функционирующего тракторного завода и прилегающей территории (300 га).

2. *Жилой проект*. Создание жилой зоны на береговой линии на более 1 млн. кв. метров с благоустроенной территорией

3. *Международный фестиваль «Экоберег»*. На данном мероприятии в 2025 году был представлен проект по сохранению исторических памятников города Волгограда и создания экопарка в пойме реки Мечетка [8].

4. *Жилой комплекс «ЦЕХ»*: Пример точечного редевелопмента, где индустриальная эстетика (элементы благоустройства и фасадов) интегрирована в современное озелененное жилое пространство [9].

5. *Южный кластер (Красноармейский район)*. Остров Сарпинский с каждым городом всё больше привлекает внимание администрации города. А данной территории появится экологический кластер, который будет только лишь частью создания большого семейного курорта [10].

Выше мы рассмотрели то, каким образом, возможно, улучшить функциональный базис (жилые застройки и транспортные связи), однако главным аспектом развития крупного приречного города выступает пространственный каркас его ландшафтно-средовых объектов. Данный метод направлен на повышение комфортности среды, борьбу с «тепловыми островами» и интеграцию природных элементов в структуре города.

1. *Увеличение озеленения ЦПКиО*. Главной целью проекта является увеличение озеленения (до 70%) к 2027 году. Проект подразумевает создание «висячих» садов, строительство оранжерей и спа-зоны также с озелененными участками [11].

2. *Бульвары как линейные парки*. По разработанному проекту на проспекте Металлургов в Краснооктябрьском районе будет обновлена территория бульвара: посажены крупные деревья разного вида (170 шт.), а также кустарники (более 1,2 тыс. шт.)

3. *Ландшафтный дизайн и городские леса*. В общественных пространствах (парки, скверы) активно внедряются принципы ландшафтного дизайна с использованием многолетних растений, формированием живых изгородей и созданием систем автополива (рис. 3).



Рис. 3. Водно-зеленый каркас Волгограда

Проведя анализ, можно сделать вывод, что современное развитие крупных приречных городов предполагает переход от фрагментарного озеленения к системной интеграции ландшафтно-средовых объектов. На примере города Волгограда мы доказали, что реализация моделей возможно только при комплексном подходе. Именно при соблюдении всех рассмотренных мер возрастает количество благоустроенных приречных пространств, оказывающих благоприятное воздействие на население и климат города в целом.

Таким образом, пространственное развитие ландшафтно-средовых объектов является необходимым инструментом для улучшения приречного города, создания в нем экологически устойчивую и социально востребованную среду.

Список литературы

1. Алескерев, У. Е. Симбиотическая архитектура: как города выживают сами по себе / У. Е. Алескерев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2025. – Т. 27, № 5. – С. 128-144.
2. Ярмош, Т. С. Ландшафтный урбанизм - новое направление современных концепций развития городского пространства на примере городов России / Т. С. Ярмош, И. Д. Михайлова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 7. – С. 72-80.
3. Александер, К. Язык шаблонов. Города. Здания. Строительство / К. Александер. – М. : Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2014. – 1096 с. (паттерн-метод, пространственные прототипы).

4. Соколов, Л. И. Средовое кодирование в градостроительстве / Л.И. Соколов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2020. – 190 с. (environmental coding, триединая система кодирования).
5. Андреев, Д. В. Ландшафтное планирование: полиструктурный подход / Д. В. Андреев. – Волгоград : ВолгГТУ, 2019. – 140 с. (иерархическая система landscape planning).
6. Генеральный план городского округа город-герой Волгоград до 2045 года [Электронный ресурс] : утверждён решением Волгоградской городской Думы № 51/1254 от 24.04.2024. – Волгоград, 2024. – Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/408082992>, Загл. с экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 10.06.2026).
7. Институт территориального планирования «Град». Обоснование перехода к линейно-дисперсной системе планировочной структуры Волгограда [Электронный ресурс] : Отчёт о НИР. – Волгоград, 2023. – 85 с. – Режим доступа: URL: <https://itpgrad.ru/projects/kp-volgograd/composition/generalnyy-plan/>, Загл. с экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 09.06.2026).
8. Международный фестиваль «Экоберег» – 2025. Каталог концепций [Электронный ресурс]. – Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2025. – 120 с. – Режим доступа: URL: <https://ecobereg.ru/works/2024>, Загл. с экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 09.06.2026).
9. Отчёт о ходе реализации проекта «ЦЕХ» (жилой комплекс на территории бывшего завода) [Электронный ресурс] / Управление градостроительства администрации Волгограда, 2025. – 30 с. – Режим доступа: URL: <https://наш.дом.рф/сервисы/каталог-новостроек/объект/46251>, Загл. с экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 10.06.2026).
10. Ястребова, Н. А. Рекреационный комплекс Волгоградской области: региональные особенности и потенциал территориального развития кластеров / Н. А. Ястребова, И. Н. Етеревская // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2023. - № 5 (93). - С. 214–222.
11. Программа благоустройства ЦПКиО Волгограда на 2025–2027 гг. [Электронный ресурс]. – Волгоград: Департамент городского хозяйства, 2025. – 40 с. – Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/570942353>, Загл. с экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 09.06.2026).

List of references

1. Aleskerov, U. E. Symbiotic architecture: how cities survive on their own / U. E. Aleskerov // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. - 2025. - Vol. 27, No. 5. - Pp. 128-144.
2. Yarmosh, T. S. Landscape urbanism - a new direction of modern concepts of urban space development on the example of Russian cities / T. S. Yarmosh, I. D. Mikhailova // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. - 2019. - No. 7. - Pp. 72-80.
3. Alexander, K. Pattern Language. Cities. Buildings. Construction / K. Alexander. - M.: Publishing house of Art. Lebedev Studio, 2014. - 1096 p. (pattern method, spatial prototypes).
4. Sokolov, L. I. Environmental Coding in Urban Development / L. I. Sokolov. - St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University, 2020. - 190 p. (environmental coding, triune coding system).
5. Andreev, D. V. Landscape Planning: A Polystructural Approach / D. V. Andreev. - Volgograd: VolGTU, 2019. - 140 p. (hierarchical landscape planning system).
6. Master Plan of the Urban District Hero City of Volgograd until 2045 [Electronic resource]: approved by the decision of the Volgograd City Duma No. 51/1254 dated April 24, 2024.

– Volgograd, 2024. – Access mode: URL: <https://docs.cntd.ru/document/408082992>, Title from the screen. – Language. Russian. (Accessed: 10.06.2026).

7. Institute of Territorial Planning "Grad". Justification of the transition to a linear-dispersed system of the planning structure of Volgograd [Electronic resource]: Research Report. – Volgograd, 2023. – 85 p. – Access mode: URL: <https://itpgrad.ru/projects/kp-volgograd/composition/generalnyy-plan/>, Title from the screen. – Language. Russian. (Accessed: 09.06.2026).

8. International Festival "Ecoberezh" – 2025. Catalog of concepts [Electronic resource]. – Volgograd: VolGTU Publishing House, 2025. – 120 p. – Access mode: URL: <https://ecobereg.ru/works/2024>, Title from the screen. – Language: Russian (date of access: 09.06.2026).

9. Report on the progress of the "CEH" project (residential complex on the territory of a former factory) [Electronic resource] / Urban Development Department of the Volgograd Administration, 2025. – 30 p. – Access mode: URL: <https://наш.дом.рф/сервисы/калог-новостроек/объект/46251>, Title from the screen. – Language: Russian (date of access: 10.06.2026).

10. Yastrebova, N. A. Recreational complex of the Volgograd region: regional features and potential for territorial development of clusters / N. A. Yastrebova, I. N. Eterevskaya // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. - 2023. - No. 5 (93). - Pp. 214-222.

11. Program for the improvement of the Central Park of Culture and Leisure of Volgograd for 2025-2027. [Electronic resource]. - Volgograd: Department of Urban Economy, 2025. - 40 p. - Access mode: URL: <https://docs.cntd.ru/document/570942353>, Title from the screen. - Language. Russian. (date of access: 09.06.2026).

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 624.1

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Арб. А. Арзуманов, Т. А. Столярова, А. А. Крахмалева, Н. Д. Телегин

Арзуманов Арбен Андреевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: arben1@yandex.ru

Столярова Татьяна Александровна, Воронежский государственный технический университет, ассистент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: tstolyarova@cchgeu.ru

Крахмалева Алина Александровна, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СПС-211, E-mail: krahmalevaa@list.ru

Телегин Никита Денисович, Воронежский государственный технический университет, аспирант гр. аЖЦ-25, E-mail: TeleginNikto@yandex.ru

Аннотация: в статье представлен комплексный обзор методов прогнозирования аварийных ситуаций при строительстве подземных сооружений (тоннелей, котлованов глубокого заложения, выработок метрополитена). Актуальность исследования обусловлена высокой аварийностью в подземном строительстве. Рассмотрены основные группы методов: геофизические, гидрогеологические, вероятностно-статистические и методы искусственного интеллекта. На примере аварии в Ханчжоу (2008) и дефектов в Петербургском метрополитене (2018–2019) продемонстрированы последствия отказа от системного прогнозирования и не соблюдение норм строительства. Представлены тенденции развития методов прогнозирования. Сделан вывод о том, что максимальная эффективность прогнозирования достигается при комплексном применении методов: геофизическая разведка выявляет потенциально опасные зоны, вероятностные модели оценивают вероятность аварии, а системы мониторинга в реальном времени фиксируют предвестники (скорость деформаций, прорыв воды и т.д.).

Ключевые слова: подземное строительство, прогнозирование аварий, комбинированный (гибридный) метод, эффективность, геотехнический мониторинг, человеческий фактор.

REVIEW OF METHODS FOR PREDICTING EMERGENCY SITUATIONS IN UNDERGROUND WORKINGS

Arb. A. Arzumanov, T. A. Stolyarova, A. A. Krahmaleva, N. D. Telegin

Arzumanov Arben Andreevich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: arben1@yandex.ru

Stolyarova Tatiana Aleksandrovna, Voronezh State Technical University, Assistant Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: tstolyarova@cchgeu.ru

Krahmaleva Alina Aleksandrovna, Voronezh State Technical University, student gr. SPS-211, E-mail: kraxmalevaa@list.ru

Telegin Nikita Denisovich, Voronezh State Technical University, postgraduate student, AZhC-25, E-mail: TeleginNikto@yandex.ru

Abstract: the article presents a comprehensive review of methods for predicting emergency situations in the construction of underground structures (tunnels, deep foundation pits, metro workings). The relevance of the study is due to the high accident rate in underground construction. The main groups of methods are considered: geophysical, hydrogeological, probabilistic-statistical and artificial intelligence methods. Using the example of the accident in Hangzhou (2008) and defects in the St. Petersburg Metro (2018–2019), the consequences of abandoning systematic forecasting and not complying with construction standards are demonstrated. Trends in the development of forecasting methods are presented. It was concluded that maximum forecasting efficiency is achieved through the comprehensive application of methods: geophysical exploration identifies potentially hazardous areas, probabilistic models assess the likelihood of an accident, and real-time monitoring systems record precursors (deformation rates, water breakthrough, etc.).

Keywords: underground construction, accident forecasting, combined (hybrid) method, efficiency, geotechnical monitoring, human factor.

Подземное строительство в условиях плотной городской застройки относится к категории объектов повышенной опасности. Сложные инженерно-геологические условия, наличие действующей подземной инфраструктуры, высокая стоимость ошибок и тяжелые социальные последствия аварий делают проблему прогнозирования чрезвычайных ситуаций одной из приоритетных в современной геотехнике.

Традиционные методы, часто оказываются недостаточно точными из-за неполноты информации о геологическом строении массива и неопределенности многих параметров. Даже детальная инженерная разведка не позволяет выявить все зоны тектонических нарушений, карстовых пустот или линз обводненных песков, которые проявляются внезапно в процессе проходки. В связи с этим ключевой задачей становится внедрение систем опережающего прогнозирования и геотехнического мониторинга в режиме реального времени.

Выполним систематизацию современных методов прогнозирования аварий в подземном строительстве, анализ их эффективности на основе реальных примеров и определим перспективные направления развития.

Сначала следует рассмотреть основные составляющие процедуры анализа и оценки аварий на разных этапах (рис. 1) [1]:

- на этапе проектирования: анализ геологических условий, нагрузок и возможных сценариев развития аварийных ситуаций;
- на этапе строительства: непрерывный геотехнический мониторинг;
- на этапе анализа: учет человеческого фактора на основе теории разорения.



Рис. 1. Основные составляющие процедуры анализа и оценки риска аварий

В подземном строительстве существует множество методов прогнозирования аварийных ситуаций. Рассмотрим суть, точность и этапы применения самых распространенных и эффективных методов (см. табл. 1).

Таблица 1

Основные методы прогнозирования

Метод	Суть метода	Точность	Тип аварийной ситуации / Этап применения
Геофизические методы			
Сейсмоакустические методы	Непрерывная регистрация микросейсмических событий в массиве для оценки его НДС [2]	Средняя	Динамические проявления / Строительство и эксплуатация
Гидрогеологический метод			
Геофильтрационное моделирование	Решение уравнений фильтрации методом конечных элементов или конечных разностей [3]	Высокая	Прорыв воды / Все этапы
Вероятностно-статистические методы			
Риск-ориентированный подход	Преобразование данных мониторинга во временные ряды и расчет вероятности достижения критических значений параметров [4, 5]	Средняя	Комплексные геотехнические риски / Все этапы
Метод Монте-Карло	Многократное моделирование величин (геологических параметров, нагрузок) с последующим статистическим анализом распределения результатов [6]	Средняя	Осадка, прорыв воды / Проектирование и строительство

Продолжение табл. 1

Гибридный (комбинированный) метод			
Модифицированная модель высвобождения энергии	Выявляет, где и в какой последовательности произошло разрушение барьеров, позволившее энергии вырваться наружу [7]	Высокая	Обрушение грунта / все этапы, анализ
Методы искусственного интеллекта			
Методы машинного обучения (нейросети, метод опорных векторов)	Компьютерное моделирование поведения конструкций при экстремальных воздействиях. (например, пожаре) для прогноза предела их огнестойкости [8]	Очень высокая	Пожары, потеря несущей способности / Проектирование и анализ аварий

При анализе литературных источников можно сделать вывод, что каждый из рассмотренных подходов имеет свои преимущества и ограничения.

Практические результаты внедрения методов прогнозирования можно наблюдать на примере Петербургского метрополитена и аварии на строительстве линии метро в г. Ханчжоу [7, 9].

При сдаче пяти станций Петербургского метрополитена в 2018–2019 годах выявили более 1200 дефектов, основными из которых являлись отслоение стеновых панелей и проблемы с гидроизоляцией.

Данные дефекты возникли из-за множества нарушений строительных требований и отступления от проектных решений. Экспертиза выявила использование бетона марки В18 вместо проектной В25, отсутствие защитных перемычек, необходимых для предотвращения затопления.

Для решения проблемы был объявлен конкурс на прогнозирование аварийных ситуаций, цель которого – разработать инструкции по безопасной эксплуатации, оценить риски и создать методику анализа развития повреждений. Основные методы прогнозирования, применявшиеся в этот период, включали: геотехнический мониторинг состояния конструкций, гидрогеологическое прогнозирование рисков затопления и контрольно-измерительный комплекс (вагон-лаборатория) с тепловизионной диагностикой.

Второй пример для анализа – авария на строительстве линии метро в Китае, г. Ханчжоу произошедшая 15 ноября 2008 года. Произошло внезапное и стремительное обрушение поверхности земли протяженностью 75 метров, которое ушло вглубь на 15 метров. Провалилось дорожное полотно и находившиеся на нем автомобили.

Данная ситуация возникла из-за следующих причин: геотехнический мониторинг не выявил опасных деформаций на критической стадии, а когда данные были получены, никаких мер по их устранению не последовало; грубое превышение глубины выемки грунта; дефекты системы распорных креплений; отменено проектное решение по укреплению дна котлована.

Это событие вскрыло недостатки традиционных линейных моделей анализа, поэтому была разработана новая методология прогнозирования. Модифицированная модель высвобождения энергии анализировала саму природу возникновения аварии, а гибридные нейросетевые модели прогнозировали горизонтальное смещение и осадку.

Эти два случая – яркий пример того, как необходимость прогнозирования возникает постфактум, из-за ошибок, допущенных на этапе строительства.

Методы прогнозирования аварий в подземном строительстве, в связи с уязвимостью, развиваются в следующих направлениях:

Во-первых, происходит внедрение различных моделей прогнозирования. Это связано с невозможностью точного прогноза на основе только классической механики сплошной среды. Наиболее перспективными представляются комбинированные подходы [10].

Во-вторых, активно развиваются методы машинного обучения для обработки больших массивов данных мониторинга в реальном времени. Однако "закрытый" характер моделей глубокого обучения затрудняет понимание причинно-следственных связей и, следовательно, выработку обоснованных рекомендаций по управлению рисками.

В-третьих, происходит интеграция методов прогнозирования в автоматизированные системы управления строительством. Это позволяет перейти от эпизодических оценок риска к непрерывному мониторингу в режиме реального времени.

В-четвертых, в математические модели начинают включать социально-экономические факторы и человеческий фактор, что ранее было характерно, скорее, для гуманитарных наук. Это направление требует дальнейшего развития, так как статистика показывает, что значительная доля аварий связана именно с организационными причинами и нарушениями технологии.

Обобщая вышесказанное, следует отметить три параметра основных методов прогнозирования аварийных ситуаций в подземных выработках: точность прогнозирования, основные ограничения и перспективы направления развития.

Точность прогнозирования современных методов:

Сейсмоакустические методы: локация очага разрушения с точностью до 0,05 м.

Методы искусственного интеллекта: точность распознавания предвестников до 97-100%.

Вероятностные методы: погрешность прогноза водопритоков менее 5%.

Основные ограничения существующих методов: зависимость от качества исходных данных, сложность учета всех факторов риска в единой модели, необходимость калибровки моделей под конкретные геологические условия [11].

Перспективные направления развития: создание гибридных моделей, объединяющих физически обоснованные расчеты и машинное обучение, а также разработка методов раннего обнаружения скрытого периода зарождения дефектов.

Современные методы прогнозирования аварийных ситуаций в подземном строительстве представляют собой сложный синтез классической геомеханики, геофизических методов, вероятностно-статистического аппарата и передовых технологий искусственного интеллекта. Рассмотренные методы позволяют значительно снизить риски и повысить безопасность труда. Однако каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, поэтому важно выбирать подходящий метод в зависимости от конкретных условий эксплуатации и наличия ресурсов.

Наиболее эффективными зарекомендовали себя гибридные (комбинированные) подходы, объединяющие:

- на этапе проектирования – построение прогнозных профилей риска и многовариантное численное моделирование методом конечных элементов [4];
- на этапе строительства – непрерывный геотехнический мониторинг с интеграцией данных в автоматизированные системы управления [5];
- на этапе анализа – учет человеческого фактора.

Опыт внедрения таких систем на объектах метрополитена в Санкт-Петербурге и Ханчжоу подтверждает их высокую эффективность [7, 9]. Дальнейшее развитие методов прогнозирования должно быть направлено на создание единых цифровых платформ, интегрирующих все этапы жизненного цикла подземного сооружения и обеспечивающих поддержку принятия решений в реальном времени.

Список литературы

1. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04. // СПб. : Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2005. – 99 с.
2. Шашкин, А. Г. Прогнозирование деформаций грунтовых массивов при подземном строительстве в условиях плотной городской застройки / А. Г. Шашкин, К. Е. Тихонов // СПб.: Издательство Политехнического университета. – 2019. – 224 с.
3. Котлов, О. Н. Научно-методические принципы гидрогеологического мониторинга при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей в песчано-глинистых отложениях на примере участка Санкт-Петербургского метрополитена между станциями "Лесная" – "Площадь мужества" : автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.07 / О. Н. Котлов // [Место защиты: С.-Петерб. гос. гор. ин-т им. Г.В. Плеханова]. – Санкт-Петербург. – 2007. – 20 с.
4. Деменков, П. А. Риск-ориентированный подход в строительстве тоннелей и метрополитенов/ П. А. Деменков, Д. А. Ожиганов // Екатеринбург: УрГУПС. – 2020. – 168 с.
5. Петров, А. В. Интерпретационная обработка данных глубинной сейсморазведки методами вероятностно-статистического подхода / А. В. Петров, Г. М. Ермолаева, Ю. А. Романов // Геофизика и МГРИ. 100 лет вместе : Материалы Всероссийской научно-практической конференции и выставки, Москва, 15–16 ноября 2018 года. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (филиал) . – 2018. – С. 11-15.
6. Дейниченко, А. А. Вероятностный анализ устойчивости земляного полотна с использованием метода Монте-Карло и метода конечных разностей / А. А. Дейниченко, Ж. О. Журынова // Актуальные вопросы инноваций и современные научные открытия : Сборник научных статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Уфа, 12 сентября 2025 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки". – 2025. – С. 55-66.
7. Новости стран мира. В городе Ханчжоу в провинции Чжэцзян обрушился строящийся тоннель метро [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.sb.by/articles/novosti-stran-mira-27431.html>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 27.04.2026).
8. Линник, Ю. Н. Анализ методов машинного обучения, применимых при прогнозировании горных ударов / Ю. Н. Линник, В. Ю. Линник // Горное оборудование и электромеханика. – 2025. – № 5. – С. 39-47.
9. «Многочисленные дефекты и повреждения». Петербургское метро оценит вероятность аварий в новых тоннелях [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.fontanka.ru/2025/05/12/75448775/>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 27.04.2026).
10. Арзуманов, А. А. Влияние условий застройки на выбор метода подземного строительства / А. А. Арзуманов, Т. А. Столярова, А. Э. Даниленко, Д. С. Минжерян // Научный журнал «Строительство и недвижимость», Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2024. – № 1(14). – С. 7–13.
11. Арзуманов, Арб. А. Перспективы использования подземного пространства для развития городской инфраструктуры / Арб. А. Арзуманов, Т. А. Столярова, Д. И. Болотников // Научный журнал «Строительство и недвижимость», Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2026. – № 2(23). – С. 19–25.

List of references

1. Methodological guidelines for conducting risk analysis of hydraulic structures accidents. STP VNIIG 210.02.NT-04. // St. Petersburg: Publishing house of VNIIG named after B. E. Vedeneev. – 2005. – 99 p.
2. Shashkin, A. G. Prediction of soil mass deformations in underground construction under conditions of dense urban development / A. G. Shashkin, K. E. Tikhonov // St. Petersburg: Polytechnic University Publishing House. – 2019. – 224 p.
3. Kotlov, O. N. Scientific and methodological principles of hydrogeological monitoring during the construction and operation of transport tunnels in sandy-clay deposits on the example of the section of the St. Petersburg metro between the stations "Lesnaya" – "Ploshchad Muzhestva": abstract of the dissertation ... candidate of geological and mineralogical sciences: 25.00.07 / O. N. Kotlov // [Place of defense: St. Petersburg State Mining Institute named after G.V. Plekhanov]. – St. Petersburg. – 2007. – 20 p.
4. Demenkov, P. A. Risk-oriented approach in the construction of tunnels and subways / P. A. Demenkov, D. A. Ozhiganov // Yekaterinburg: UrGUPS. – 2020. – 168 p.
5. Petrov, A. V. Interpretational processing of deep seismic survey data using probabilistic-statistical methods / A. V. Petrov, G. M. Ermolaeva, Yu. A. Romanov // Geophysics and MGRI. 100 Years Together: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference and Exhibition, Moscow, November 15–16, 2018. – Moscow: Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (branch). – 2018. – Pp. 11-15.
6. Deinichenko, A. A. Probabilistic analysis of the stability of an earth bed using the Monte Carlo method and the finite difference method / A. A. Deinichenko, Zh. O. Zhurnyova // Topical Issues of Innovation and Modern Scientific Discoveries: Collection of Scientific Articles Based on Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference, Ufa, September 12, 2025. – Ufa: Limited Liability Company "Scientific Publishing Center 'Vestnik Nauki'". – 2025. – P. 55-66.
7. World News. In the city of Hangzhou, Zhejiang Province, an under-construction metro tunnel collapsed [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.sb.by/articles/novosti-stran-mira-27431.html>, Title from screen. – Language: Russian (accessed: 27.04.2026).
8. Linnik, Yu. N. Analysis of machine learning methods applicable in forecasting rockbursts / Yu. N. Linnik, V. Yu. Linnik // Mining Equipment and Electromechanics. – 2025. – No. 5. – Pp. 39-47.
9. "Numerous defects and damages." Saint Petersburg Metro will assess the likelihood of accidents in new tunnels [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.fontanka.ru/2025/05/12/75448775/>, Title from screen. – Language: Russian. (accessed: 27.04.2026).
10. Arzumanov, A. A. Influence of construction conditions on the choice of underground construction method / A. A. Arzumanov, T. A. Stolyarova, A. E. Danilenko, D. S. Minzheryan // Scientific Journal "Construction and Real Estate", Voronezh State Technical University. – Voronezh, 2024. – No. 1(14). – Pp. 7–13.
11. Arzumanov, Arb. A. Prospects for the use of underground space for the development of urban infrastructure / Arb. A. Arzumanov, T. A. Stolyarova, D. I. Bolotnikov // Scientific Journal "Construction and Real Estate", Voronezh State Technical University. – Voronezh, 2026. – No. 2(23). – Pp. 19–25.

УДК 69.055

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ПЛОЩАДКАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СТЕСНЁННЫХ УСЛОВИЯХ

Д. А. Казаков, С. И. Ушаков, Д. А. Новиков, В. Б. Каландаров

Казаков Дмитрий Александрович, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: dkazakov@cchgeu.ru

Ушаков Сергей Игоревич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: 2430471@gmail.com

Новиков Дмитрий Алексеевич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВ3-211, E-mail: Novik.d003@mail.ru

Каландаров Валерий Бадриевич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВ3-211, E-mail: kalandarov.valeriy@gmail.com

Аннотация: статья посвящена анализу технологических и организационных решений, применяемых при возведении высотных зданий на строительных площадках, расположенных в стеснённых условиях городской застройки. Рассмотрены методы устройства ограждений котлованов, включая технологию «стена в грунте», шпунтовое ограждение и буросекущие сваи. Проанализированы особенности применения самоподъёмных опалубочных систем и стационарных бетононасосов при ограниченном пространстве площадки. Отдельное внимание уделено организации строительного производства: поэтапной разработке стройгенплана с учётом специфики каждого периода работ, а также поточному методу возведения типовых этажей. Рассмотрена логистика материалопотоков в условиях невозможности приобъектного складирования. Приведены сравнительные характеристики технологий устройства подземных частей зданий. Освещены требования к геотехническому мониторингу окружающей застройки и экологическому контролю. Сформулированы рекомендации по оптимизации строительных процессов при наличии пространственных ограничений.

Ключевые слова: высотное строительство, стена в грунте, метод «top-down», статическое вдавливание, геотехнический мониторинг.

TECHNOLOGICAL FEATURES OF ERECTING HIGH-RISE BUILDINGS ON SITE AREAS LOCATED IN CONSTRAINED CONDITIONS

D. A. Kazakov, S. I. Ushakov, D. A. Novikov, V. B. Kalandarov

Kazakov Dmitry Alexandrovich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, E-mail: dkazakov@cchgeu.ru

Ushakov Sergey Igorevich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, E-mail: 2430471@gmail.com

Novikov Dmitry Alekseevich, Voronezh State Technical University, student gr. SVZ-211, E-mail: Novik.d003@mail.ru

Kalandarov Valery Badrievich, Voronezh State Technical University, student gr. SVZ-211, E-mail: kalandarov.valeriy@gmail.com

Abstract: the article is devoted to the analysis of technological and organizational solutions used in the construction of high-rise buildings on construction sites located in the confined conditions of urban development. Methods of the construction of pit fence, including the technology of "wall in the ground", sheet piling and drilling-cutting piles are considered. The features of the application of self-lifting formwork systems and stationary concrete pumps in the limited space of the site are analyzed. Special attention is paid to the organization of construction production: the step-by-step development of the construction site plan, taking into account the specifics of each period of work, as well as the flow method of constructing standard floors. The logistics of material flows is considered in the absence of on-site storage. Comparative characteristics of technologies for constructing underground parts of buildings are provided. The requirements for geotechnical monitoring of the surrounding development and environmental control are highlighted. Recommendations are formulated for optimizing construction processes in the presence of spatial restrictions.

Keywords: high-rise construction, diaphragm wall, top-down method, press-in piling, geotechnical monitoring.

Дефицит свободных территорий в крупных городах вынуждает застройщиков осваивать площадки, ограниченные существующей застройкой, инженерными коммуникациями и транспортными магистралями. Возведение высотного здания на подобном участке представляет собой сложнейшую инженерную задачу, решение которой требует нестандартных подходов к организации и технологии производства работ [1].

Актуальность проблемы подтверждается статистикой. Доля высотных объектов (выше 75 м) в структуре нового жилищного строительства Москвы и Санкт-Петербурга ежегодно увеличивается, при этом свыше 60 % таких объектов возводятся в условиях плотной городской застройки [2]. Нормативной базой для проектирования служит СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования». Вместе с тем свод правил не содержит исчерпывающих указаний по организации строительства в стеснённых условиях, что создаёт потребность в дополнительных исследованиях.

Цель настоящей статьи - систематизировать технологические и организационные решения, обеспечивающие эффективное и безопасное возведение высотных зданий при наличии пространственных ограничений строительной площадки.

Стеснённые условия строительной площадки предполагают наличие пространственных препятствий, ограничивающих размеры рабочей зоны по ширине, протяженности, высоте и глубине. Организационно-технологические правила строительства объектов в стеснённых условиях городской застройки относят к характерным признакам стеснённости: близость эксплуатируемых зданий, недостаточную ширину проездов, невозможность полноценного складирования материалов на площадке, а также необходимость ограничения зон работы грузоподъёмных механизмов. Перечисленные факторы влекут за собой увеличение продолжительности строительства и удорожание работ. Практика свидетельствует: при наличии трёх и более факторов стеснённости сроки возведения подземной части здания могут возрастать на 25-40 % по сравнению с аналогичным объектом на свободной площадке.

Классификация факторов стеснённости, предложенная рядом исследователей, разделяет ограничения на внутриплощадочные и внеплощадочные [3]. К первым относят малую площадь участка, наличие подземных коммуникаций в пятне застройки, сложные

грунтовые условия. Ко вторым - интенсивное пешеходное и транспортное движение вблизи площадки, санитарно-гигиенические ограничения по шуму и вибрации, требования по сохранению зелёных насаждений. Взаимодействие этих факторов формирует уникальный набор условий для каждого конкретного объекта, хотя общие закономерности прослеживаются достаточно отчётливо.

Строительство подземного контура высотных комплексов в условиях плотной городской застройки сопряжено с максимальными рисками и технологическими сложностями. Из-за глубокого заложения котлованов (зачастую от 15 до 25 метров и более) вблизи уже существующих объектов критически важно безошибочно подобрать метод устройства удерживающих конструкций. Сегодня инженеры чаще всего выбирают между технологией «стены в грунте», шпунтовыми ограждениями, а также буронабивными или буросекучими сваями. Специфика и границы эффективного внедрения каждого подхода систематизированы ниже (см. табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ методов устройства ограждающих конструкций котлованов

Технология	Глубина котлована, м	Уровень вибрации	Применимость в стеснённых условиях	Относительная стоимость
«Стена в грунте»	до 50	Низкий (2-3 мм/с)	Высокая	Высокая
Шпунтовое ограждение	до 20	Высокий (7-10 мм/с)	Средняя	Средняя
Буросекучие сваи	до 30	Низкий (2-3 мм/с)	Высокая	Выше средней
Буронабивные сваи с обсадкой	до 40	Средний (3-7 мм/с)	Средняя	Средняя

На основе собранных данных напрашивается закономерный вывод: в мегаполисах и зонах жестких пространственных ограничений на первый план выходят решения с минимальным динамическим воздействием на окружающую среду — это «стена в грунте» и буросекучие сваи. Если же риски деформации соседних зданий минимальны, целесообразно переходить к экономически более выгодным альтернативам.

Именно «стена в грунте» стала базовым решением для большинства современных высоток в стесненных локациях. В основе этой концепции лежит бетонирование монолитной конструкции внутри глубокой узкой траншеи. Стабильность ее стенок в процессе разработки обеспечивает непрерывная подача тиксотропного состава — бентонитовой суспензии или современных полимерных растворов. Это позволяет минимизировать динамическое воздействие на окружающую застройку и исключить вибрацию, характерную для забивки шпунта. Данные носят ориентировочный характер, поскольку конкретные параметры зависят от гидрогеологических условий площадки, что, впрочем, не отменяет общей тенденции к применению именно этой технологии на стеснённых площадках крупных городов (рис. 1).

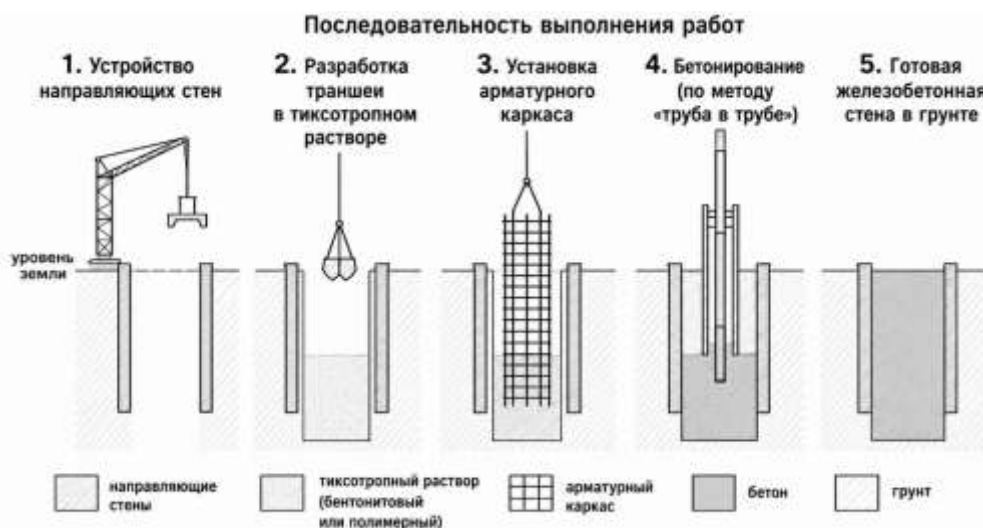


Рис. 1. Схема ограждения котлована типа «стена в грунте»

Подача бетонной смеси на стеснённой площадке - отдельная проблема. Автобетоносмесителям негде развернуться. Подъездные пути узкие, маневрировать практически невозможно. Поэтому на практике применяют стационарные бетононасосы, которые размещают прямо на площадке: дальность подачи по горизонтали достигает 200 м, по вертикали - около 100 м. Когда речь идёт о надземной части выше 200 м, обычного насоса уже недостаточно - здесь переходят на оборудование повышенного давления, рассчитанное на подачу смеси на 300 м и более.

Темпы возведения каркаса напрямую зависят от опалубочной системы. Специалистами [4] отмечается: именно скользящая и подъёмная опалубка сделала высотное строительство по-настоящему технологичным. Но для стеснённых условий принципиален другой момент. Самоподъёмные системы переставляются без участия башенного крана. Кран высвобождается под монтаж конструкций, простои сокращаются. Ресурс современных модульных комплектов - 200-300 циклов использования, что при большом числе типовых этажей позволяет существенно снизить удельные затраты на опалубочные работы.

Метод «top-down» позволяет вести подземную часть сверху вниз. Сначала бетонируют перекрытие первого этажа, а уже под ним разрабатывают нижележащие ярусы. Параллельно над этим перекрытием растёт надземный каркас - сроки сжимаются ощутимо. На стеснённой площадке есть и дополнительный плюс: плита первого этажа работает как распорка для ограждения котлована и одновременно как рабочая платформа для техники.

Конструкция фундамента определяется не только нагрузками, но и порядком возведения - это прямо закреплено в СП 412.1325800.2018 «Конструкции фундаментов высотных зданий и сооружений. Правила производства работ». Чаще всего проектировщики останавливаются на коробчатом фундаменте со свайным полем. Длина свай - от 25 до 40 м; они должны опираться на несущие слои грунта, расположенные глубже зоны влияния соседних построек.

Модульные технологии в высотном строительстве - тема сравнительно новая. Главным преимуществом является перенос части работ на завод позволяет сократить сроки строительства. Для стеснённых площадок это означает меньше складов, меньше «мокрых» процессов на месте. Другое дело - жёсткость каркаса на отметках выше 75 м вызывает обоснованные сомнения у проектировщиков. Накопленный опыт пока ограничен, и говорить о массовом применении технологии в высотном сегменте преждевременно.

Организовать стройплощадку в стеснённых условиях по стандартной схеме в таких случаях не получится. Стройгенплан разрабатывают поэтапно, как и при обычном строительстве, однако стеснённость площадки вынуждает пересматривать конфигурацию на

каждом этапе значительно глубже: проезды, складские зоны, стоянки техники перекомпоновываются практически полностью. То, что работало при рытье котлована, при монтаже каркаса уже неприменимо.

Где поставить башенный кран - вопрос, который на стеснённой площадке решается с трудом. Опасная зона не должна выходить за ограждение, а если выходит - проектировщик обязан предусмотреть компенсирующие меры. На практике это ограничение поворота стрелы, датчики зон, письменное согласование режимов работы с управляющими компаниями соседних домов. Ситуация усложняется, когда на одной площадке задействовано два крана и более. М. А. Зорина и Г. Н. Рязанова прямо указывают: без специального регламента, разводящего рабочие зоны по времени и пространству, такая схема недопустима.

Склаживать материалы на стеснённой площадке зачастую просто негде. В таких условиях применяется монтаж «с колёс»: конструкции едут с завода и подаются краном непосредственно в проектное положение, минуя приобъектный склад. На нескольких московских объектах второй очереди жилых комплексов иного варианта и не было - монтаж шёл исключительно «с колёс». Крупногабаритные элементы завозят ночью, когда улицы свободнее, а маршруты заранее согласованы с ГИБДД. Сбой в графике поставки даже на два-три часа ломает весь сменный план. Координация между поставщиком, перевозчиком и бригадой монтажников должна быть жёсткой - иначе кран простаивает, а рабочие ждут.

Надземную часть высотного здания возводят поточным методом - типовые этажи это позволяют. На одном этаже ставят опалубку, этажом ниже вяжут арматуру, ещё ниже укладывают бетон, а самый нижний из активных ярусов набирает прочность (рис. 2). Получается непрерывный конвейер. При нормальных условиях ритм потока - 4-7 дней на этаж. На стеснённых площадках этот показатель сдвигается до 7-10 дней: подача материалов ограничена, кран загружен, манёвра по времени почти нет.

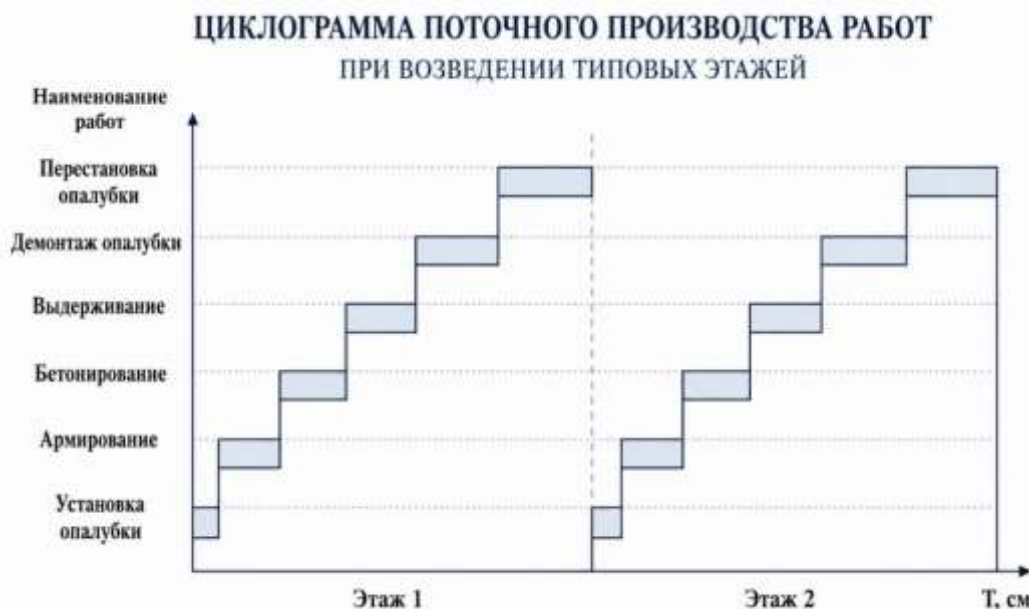


Рис. 2. Циклограмма поточного производства работ при возведении типовых этажей

Геотехнический мониторинг окружающей застройки при строительстве в стеснённых условиях предусмотрен Организационно-технологическими правилами строительства объектов в стеснённых условиях существующей городской застройки. Под наблюдение попадают все здания в радиусе 30 м от котлована. Что именно отслеживают? Вертикальные и горизонтальные смещения конструкций, раскрытие трещин в стенах, колебания уровня грунтовых вод. Данные поступают в реальном времени. Если деформации соседнего дома

приближаются к предельным значениям - работы останавливают и корректируют технологию. Промедление здесь чревато не штрафами, а аварией.

К организационным сложностям добавляются экологические. Жилые дома рядом - значит, шум и вибрация под контролем. Е.С. Куприенко подчёркивает: без шумопоглощающего оборудования и звукопоглощающих экранов получить разрешение на работу в плотной застройке крайне сложно [5]. Забивка свай вибромолотом в таких условиях исключена. В качестве альтернативы выступает статическое вдавливание. Данный метод сводит к минимуму динамические нагрузки на грунт и соседние сооружения, представляя собой взвешенный компромисс между скоростью работ и экологической безопасностью.

Проведенный анализ позволяет сделать несколько ключевых выводов. Ограниченное пространство площадки комплексно влияет на весь цикл возведения высотки — от отрывки котлована до монтажа верхних этажей. При устройстве ограждений наиболее эффективной признана технология «стены в грунте» с тиксотропным раствором, защищающая близлежащие здания от вибраций. Метод «top-down» дает возможность строить подземную и наземную части одновременно, заметно выигрывая во времени. Использование самоподъемной опалубки и стационарных бетононасосов снижает нагрузку на башенные краны, что принципиально важно при дефиците места. Организация монтажа «с колес» полностью снимает проблему нехватки складов, но требует поминутно выверенной логистики. Поточный метод строительства типовых ярусов сохраняет свою актуальность и в тесноте, хотя временной ритм здесь неизбежно возрастает. Неотъемлемой частью контроля рисков вблизи старой застройки остаются постоянный геотехнический мониторинг и экологический надзор. В качестве вектора для будущих исследований стоит рассмотреть адаптацию модульного домостроения к высотным объектам в условиях плотного города.

Список литературы

1. Организационно-технологические правила строительства (реконструкции) объектов в стеснённых условиях существующей городской застройки / ОАО ПКТИпромстрой ; ГУП НИИМосстрой. - Москва, 2002. - 105 с.
2. Оразгалиева, К. Т. Технология строительства высотных зданий / К. Т. Оразгалиева // Молодой учёный. - 2022. - № 11 (406). - С. 41-48.
3. Зорина, М. А. Анализ организационных особенностей работы монтажных кранов в стеснённых условиях строительства / М. А. Зорина, Г. Н. Рязанова // Строительство и архитектура. - 2022. - С. 34-40.
4. Армихос Браво, Х. Э. Тенденция строительства модульных зданий в мире / Х. Э. Армихос Браво // Молодой учёный. - 2023. - № 22 (469). - С. 76-81.
5. Куприенко, Е. С. Вопросы экологии при строительстве в стеснённых условиях плотной городской застройки / Е. С. Куприенко // Проблемы и перспективы развития России: молодёжный взгляд в будущее : сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции. - Курск, 2021. - С. 74-77.

List of references

1. Organizational and technological rules for the construction (reconstruction) of facilities in the cramped conditions of existing urban development / PKTIpromstroy OJSC ; GUP NIIMosstroy. - Moscow, 2002. - 105 p.
2. Orazgalieva, K. T. Technology of construction of high-rise buildings / K. T. Orazgalieva // Young scientist. - 2022. - № 11 (406). - Pp. 41-48.
3. Zorina, M. A. Analysis of organizational features of installation cranes in cramped construction conditions / M. A. Zorina, G. N. Ryazanova // Construction and architecture. - 2022. - С. 34-40.

4. Armijos Bravo, H. E. The trend of modular building construction in the world / H. E. Armijos Bravo // Young Scientist. - 2023. - № 22 (469). - Pp. 76-81.
5. Kuprienko, E. S. Environmental issues during construction in cramped conditions of dense urban development / E. S. Kuprienko // Problems and prospects of Russia's development: a youth perspective on the future : collection of scientific articles of the 4th All-Russian Scientific Conference. - Kursk, 2021. - pp. 74-77.

УДК 69:004.94

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ СКВОЗНОГО BIM В РОССИИ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА)**И. А. Косовцева^{1,2}, Ю. Э. Бартеньева¹, В. А. Бородина¹**

Косовцева Илона Андреевна, ¹Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, кандидат технических наук, главный специалист, E-mail: ikosovceva@cchgeu.ru

Бартеньева Юлия Эдуардовна, ¹Воронежский государственный технический университет, студент гр. бПГС-225, E-mail: bartenevva@bk.ru

Бородина Владислава Алексеевна, ¹Воронежский государственный технический университет, студент гр. бПГС-225, E-mail: borodinavladislava094@gmail.com

Аннотация: статья посвящена анализу организационно-экономических барьеров внедрения сквозного BIM-моделирования в жилищном строительстве в России. Рассматриваются такие проблемы, как фрагментация взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса, несовместимость форматов программного обеспечения (включая зарубежные и отечественные решения), дефицит квалифицированных кадров, а также отсутствие компетенций у органов государственной экспертизы для работы с 3D-моделями. Авторами предлагаются пути преодоления выявленных организационно-экономических барьеров: поэтапное внедрение BIM-технологий, повышение качества профильного образования, переквалификация специалистов и усиление роли государства в нормативно-правовом закреплении технологических новшеств. Результаты исследования показывают, что системный подход позволяет окупить первоначальные вложения в ПО, оборудование и подготовку кадров окупаются в течение 2–3 лет, что особенно важно для устойчивого развития строительной отрасли.

Ключевые слова: жилищно-гражданское строительство, BIM-технологии, цифровой двойник, государственная экспертиза, организационно-экономические барьеры, здания и сооружения.

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC BARRIERS TO THE INTRODUCTION OF END-TO-END BIM IN RUSSIA AND WAYS TO OVERCOME THEM (ON THE EXAMPLE OF HOUSING CONSTRUCTION)**I. A. Kosovtseva^{1,2}, Yu. E. Barteneva¹, V. A. Borodina¹**

Kosovtseva Iлона Andreevna, ¹Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, E-mail: ikosovceva@cchgeu.ru

Barteneva Yulia Eduardovna, ¹*Voronezh State Technical University, student gr. bPGS-225, E-mail: bartenevva@bk.ru*

Borodina Vladislava Alekseevna, ¹*Voronezh State Technical University, student gr. bPGS-225, E-mail: borodinavladislava094@gmail.com*

Abstract: the article is devoted to the analysis of organizational and economic barriers to the introduction of end-to-end BIM modeling in housing construction in Russia. Problems such as fragmentation of interaction between participants in the investment and construction process, incompatibility of software formats (including foreign and domestic solutions), shortage of qualified personnel, as well as lack of competence of state expertise bodies to work with 3D models are considered. The authors suggest ways to overcome the identified organizational and economic barriers: the phased introduction of BIM technologies, improving the quality of specialized education, retraining specialists and strengthening the role of the state in the regulatory consolidation of technological innovations. The results of the study show that a systematic approach allows you to recoup initial investments in software, equipment and training within 2-3 years, which is especially important for the sustainable development of the construction industry.

Keywords: housing and civil engineering, BIM technologies, digital twin, state expertise, organizational and economic barriers, buildings and structures.

В данной статье рассматривается процесс внедрения сквозного информационного моделирования (сквозного BIM) на всех этапах жизненного цикла объекта жилищного строительства в Российской Федерации, а также анализирование зарубежного опыта.

BIM (Building Information Model) позволяет избежать ошибки на этапе строительства, сэкономить средства и сократить сроки возведения с помощью модели, которая объединяет в единой системе все данные об объекте (рис. 1) [1]. Многие страны уже длительное время используют цифровой двойник, однако его внедрение в России сталкивается с рядом организационно-экономических барьеров.



Рис. 1. Основные преимущества BIM-технологии

САПР привел к двум взаимосвязанным проблемам: во-первых, нужно заменить ушедший софт, во-вторых – обеспечить совместимость между собой различных цифровых

систем. В реестре ДОМ.РФ насчитывается свыше 850 российских решений, но их внедрение требует больших вложений и времени [2].

Не все застройщики готовы вкладывать материальные вложения по причине, что коллизии часто обнаруживают непосредственно на стройке, процент которых составляет в районе 10. Некоторые и вовсе не понимают значимости сквозного BIM и относятся с недоверием.

На этапе организации происходит фрагментация процессов взаимодействия лиц, участвующих в строительстве объекта (заказчик, генподрядчик, проектировщик, эксплуатант), так как они работают в разных изолированных средах. ArchiCad, Revit, Autodesk, Solibri и другие вызывают диссонанс в несовместимости форматов между собой. В результате при обмене файлами между разными программными средами возможно потерять значимые элементы модели, что увеличивает вероятность возникновения ошибок и коллизий.

Согласно статистике 2026 года, почти половина российских девелоперов уже применяют технологии информационного моделирования. Самые высокие показатели – в Москве, Санкт-Петербурге и Новосибирске, где исторически сформировался центр развития BIM-компетенций. В южных регионах, напротив, наблюдается отставание в 5-7 лет – как следствие отсутствия местной практики инвестирования в цифровые технологии [3].

Одним из преимуществ сквозных технологий является доступная среда для каждого раздела. Например, если требуется отредактировать отметку или другие параметры, не нужно тратить время на замену 2D чертежа. Быстрая корректировка обеспечена в цифровом двойнике. Главный фактор – изменения видят все специалисты в открытом доступе без лишнего ожидания на обновление имеющегося бумажного чертежа.

Стоит отметить, ещё один барьер – это дефицит квалифицированных кадров. Необходимо качественное обучение будущих инженеров в высших учебных заведениях. В исследовании Н. Х. Джумагалиевой, Р. А. Набиева и Д. М. Амиралиевой подчеркивается, что образовательные учреждения испытывают острый дефицит квалифицированных кадров среди самих педагогов – тех, кто способен обучать профессионалов для цифрового строительства [4].

Со стороны экономики, мы сталкиваемся с высокой стоимостью программного обеспечения, дорогим обучением будущих специалистов в этой сфере, неочевидностью коэффициента окупаемости инвестиций ROI (Return on Investment). Окупаемость наступает через 2-3 года, а это пагубно влияет на малые бизнесы.

Более того, есть барьер и неопределенность в том, что одни организации работают в отечественных ПО (например, Renga), а другие продолжают по старым действующим лицензиям пользоваться зарубежными (Revit). Чтобы не было в дальнейшем разрывов, рекомендуется вовремя обновлять версии программ. Это поможет избежать искажение каких-либо элементов модели.

Любой проект должен пройти государственную экспертизу, но так как у этих органов нет компетенций в работе с 3D моделью. Получается, застройщик должен предоставлять привычные документы в бумажном виде.

Большие затраты на ПО, оборудование, обучение специалистов быстро окупятся, если правильно перешагнуть все барьеры. Важный шаг для успешного внедрения BIM – поэтапность и осознанность будущей пользы. В самом начале на выполнение задач специалисты будут тратить как минимум в 1,5 раза больше времени. Возникает двойная работа, связанная с освоением. Такой значительный момент нужно заранее обсудить с заказчиком, чтобы избежать недопонимания.

Рекомендуется повысить качество образования в учебных заведениях в изучении строительных основ и отечественной программы, также переквалифицировать работников, тем самым улучшить взаимосвязь между инженером и IT-технологиями.

Значительные темпы развития сквозного BIM в РФ по большей части будут зависеть от участия государства в этом процессе, так как документальное закрепление новшеств создаст оптимальные условия для их успешного внедрения.

Сквозной BIM в России – это не технологическая, а организационно-экономическая и нормативная проблема. Успешное преодоление этих барьеров возможно лишь при условии согласованных действий государства, системы образования и застройщиков.

Мировой опыт наглядно говорит о том, что каждая страна сталкивалась со сложностями внедрения цифрового двойника, но благодаря их успешному преодолению, сфера строительства вышла на новый уровень.

Например, Дания - первая страна в Европе, кто ввёл закон об использовании информационных технологий. Они доказали, что значительно экономит затраты на строительство.

В Великобритании уже большинство организаций используют BIM технологии. С 2016 года он официально был закреплён для государственных проектов, а это сподвигло быстрому дальнейшему развитию и распространению всю отрасль. Итог: скорость проектирования возросла, количество ошибок уменьшилось.

Наиболее высокий показатель применения BIM, в Нидерландах среди архитекторов и подрядчиков. Специалисты самостоятельно осознали нуждаемость в единой среде.

У Канады нет государственного мандата, этот факт не даёт высокой эффективности как в других странах. Это связано с тем, что для профессионалов нет единых правил, что гораздо замедляет развитие [5].

Таким образом, зарубежный опыт показывает два исхода: либо ответственность на себя берет государство, либо сами специалисты. Но в обоих случаях можно достигнуть успехов, если делать все последовательно и постепенно, при этом четко осознавая будущую пользу.

Список литературы

1. Козлов, И. М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий / И. М. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии. – 2010. – № 1(10). – С. 6.
2. Джумагалиева, Н. Х. Современные вызовы и перспективы развития жилищно-гражданского строительства в России: организационные, экономические и технологические аспекты / Н. Х. Джумагалиева, Р. А. Набиев, Д. М. Амиралиева // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2025. – № 8(178).
3. Мохначев, С. А. О технологии информационного моделирования зданий для развития российского жилищно-коммунального хозяйства / С. А. Мохначев, В. А. Пронина // Вестник МНЭПУ. – 2019. – № S1. – С. 509-511.
4. Савин, М. А. Применение BIM для управления жизненным циклом зданий и сооружений / М. А. Савин, В. В. Белаш // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. – 2023. – Т. 2, № 2. – С. 42-50.
5. Saka, A. B. BIM divide: an international comparative analysis of perceived barriers to implementation of BIM in the construction industry / A. B. Saka, D. W. M. Chan // Journal of Engineering, Design and Technology (2023) 21 (5): 1604–1632.

List of references

1. Kozlov, I. M. Evaluation of the economic efficiency of implementing information modeling of buildings / I. M. Kozlov // *Architecture and modern information technologies*. – 2010. – № 1(10). – P. 6.
2. Dzhumagalieva, N. H. Modern challenges and prospects for the development of housing and civil engineering in Russia: organizational, economic and technological aspects / N. H. Dzhumagalieva, R. A. Nabiev, D. M. Amiralieva // *Regional problems of economic transformation*. – 2025. – № 8(178).
3. Mokhnachev, S. A. On the technology of information modeling of buildings for the development of Russian housing and communal services / S. A. Mokhnachev, V. A. Pronina // *MNEPU Bulletin*. – 2019. – No. S1. – PP. 509-511.
4. Savin, M. A. Decision-making for managing the life cycle of family and friends / M. A. Savin, V. V. Bela // *State institutions, government and territorial planning*. – 2023. – Vol. 2, No. 2. – pp. 42-50.
5. Saka, A. B. BIM divide: an international comparative analysis of the alleged barriers to the introduction of BIM in the construction industry / A. B. Saka, D. V. M. Chan // *Journal of Engineering, Design and Technology* (2023) 21 (5): 1604-1632.

УДК 69:004.94

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ СКВОЗНОГО BIM В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ**И. А. Косовцева^{1,2}, В. Я. Мищенко^{1,2}, С. И. Матренинский^{1,2}, Р. И. Сапелкин^{1,2}**

Косовцева Илона Андреевна, ¹Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, кандидат технических наук, главный специалист, E-mail: ikosovceva@cchgeu.ru

Мищенко Валерий Яковлевич, ¹Воронежский государственный технический университет, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, E-mail: oseun@yandex.ru

Матренинский Сергей Иванович, ¹Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, E-mail: gso09@yandex.ru

Сапелкин Роман Иванович, ¹Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, ведущий инженер Инжинирингового центра «Проект Строй Инжиниринг», ²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства», Центр прикладных научных исследований, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, E-mail: rom_1976@mail.ru

Аннотация: статья посвящена анализу организационно-экономических барьеров внедрения сквозного BIM-моделирования в жилищном строительстве в российской Арктике. Рассматриваются такие проблемы, как фрагментация взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса, несовместимость форматов программного обеспечения (включая зарубежные и отечественные решения), дефицит квалифицированных кадров, а также отсутствие компетенций у органов государственной экспертизы для работы с 3D-моделями. Особое внимание уделено особенностям проектирования изоляционных работ в условиях Арктики и Крайнего Севера - одному из наиболее сложных и капиталоемких сегментов строительной отрасли, где применение BIM-технологий может дать максимальный эффект. Авторами предлагаются пути преодоления выявленных организационно-экономических барьеров: поэтапное внедрение BIM-технологий, повышение качества профильного образования, переквалификация специалистов и усиление роли государства в нормативно-правовом закреплении технологических новшеств. Результаты исследования показывают, что системный подход позволяет окупить первоначальные вложения в ПО, оборудование и подготовку кадров в течение 2-3

лет, что особенно важно для устойчивого развития строительной отрасли в арктических регионах.

Ключевые слова: BIM-технологии, цифровой двойник, организационно-экономические барьеры, Российская Арктика, теплоизоляция, изоляционные работы.

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC BARRIERS TO THE IMPLEMENTATION OF THROUGH BIM IN THE RUSSIAN ARCTIC AND WAYS TO OVERCOME THEM

I. A. Kosovtseva^{1,2}, V. Ya. Mishchenko^{1,2}, S. I. Matreninsky^{1,2}, R. I. Sapelkin^{1,2}

Kosovtseva Iona Andreevna, ¹Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, E-mail: ikosovceva@cchgeu.ru

Mishchenko Valery Yakovlevich, ¹Voronezh State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, E-mail: oseun@yandex.ru

Matreninsky Sergey Ivanovich, ¹Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, E-mail: gso09@yandex.ru

Sapelkin Roman Ivanovich, ¹Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Senior Engineer of the Engineering Center "Project Sroy Engineering", ²Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services", Center for Applied Scientific Research, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, E-mail: rom_1976@mail.ru

Abstract: the article is devoted to the analysis of organizational and economic barriers to the introduction of end-to-end BIM modeling in housing construction in the Russian Arctic. Problems such as fragmentation of interaction between participants in the investment and construction process, incompatibility of software formats (including foreign and domestic solutions), shortage of qualified personnel, as well as lack of competence of state expertise bodies to work with 3D models are considered. Special attention is paid to the design features of insulation works in the Arctic and the Far North, one of the most complex and capital-intensive segments of the construction industry, where the use of BIM technologies can maximize the effect. The authors propose ways to overcome the identified organizational and economic barriers: the phased introduction of BIM technologies, improving the quality of specialized education, retraining specialists and strengthening the role of the state in the regulatory consolidation of technological innovations. The results of the study show that a systematic approach makes it possible to recoup initial investments in software, equipment and training within 2-3 years, which is especially important for the sustainable development of the construction industry in the Arctic regions.

Keywords: BIM technologies, digital twin, organizational and economic barriers, the Russian Arctic, thermal insulation, insulation works.

В данной статье рассматривается процесс внедрения сквозного информационного моделирования (сквозного BIM) на всех этапах жизненного цикла объекта жилищного строительства в Российской Арктике, а также анализируется зарубежный опыт. Особое внимание уделяется специфике проектирования изоляционных работ в условиях Арктики и Крайнего Севера - региона, где климатические вызовы предъявляют повышенные требования к качеству строительных решений, а ошибки на этапе проектирования оборачиваются многократными потерями на этапе эксплуатации.

BIM (Building Information Model) позволяет избежать ошибки на этапе строительства, сэкономить средства и сократить сроки возведения с помощью модели, которая объединяет в единой системе все данные об объекте (рис. 1) [1]. Многие страны уже длительное время используют цифровой двойник, однако его внедрение в России сталкивается с рядом организационно-экономических барьеров.

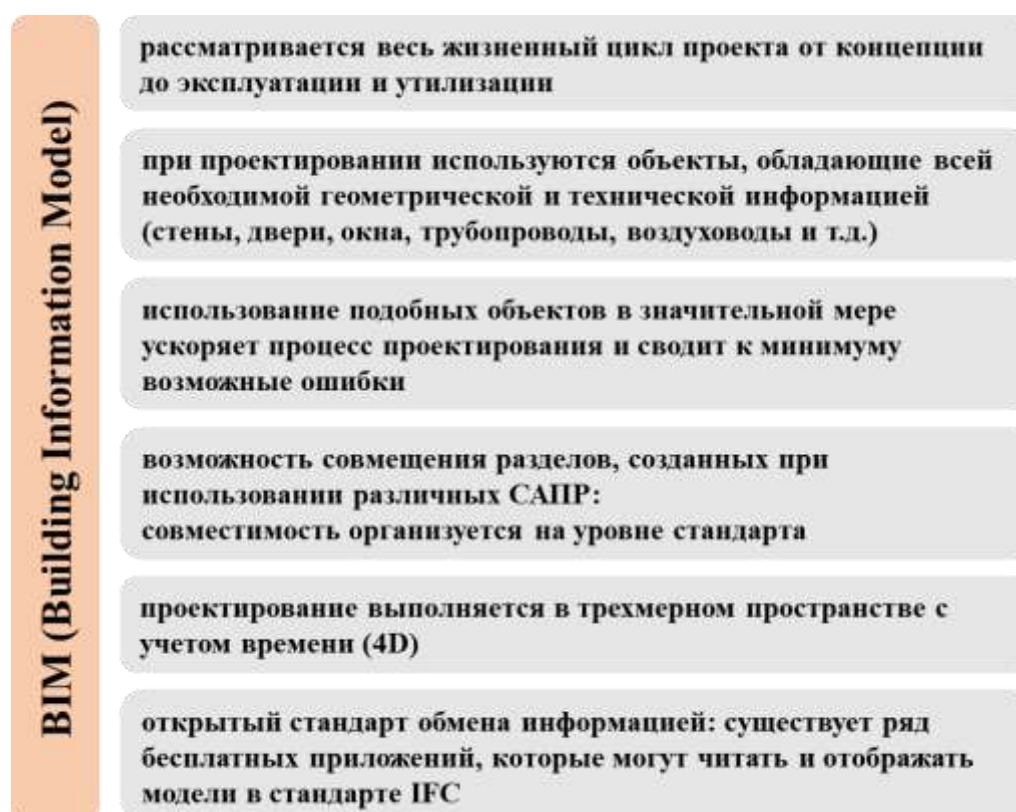


Рис. 1. Основные преимущества BIM-технологии

Для систематизации проблем и предлагаемых решений авторами составлена сводная таблица основных барьеров и путей их преодоления (см. табл. 1).

Таблица 1

Организационно-экономические барьеры внедрения сквозного BIM и пути их преодоления

Барьер	Суть проблемы	Путь преодоления
Несовместимость форматов ПО	Различные программные среды (ArchiCad, Revit, Renga) теряют данные при обмене файлами	Использование открытых форматов (IFC), поэтапный переход на отечественное ПО, обновление версий
Дефицит квалифицированных кадров	Нехватка специалистов, владеющих BIM, и преподавателей в вузах	Повышение качества образования, переквалификация работающих инженеров, корпоративное обучение
Отсутствие компетенций у госэкспертизы	Эксперты не могут работать с 3D-моделями, требуются бумажные чертежи	Обучение сотрудников экспертизы, законодательное закрепление приёма моделей
Высокая стоимость внедрения	Дорогое ПО, оборудование, обучение, неясный ROI	Поэтапное внедрение, расчёт экономической эффективности, государственные субсидии
Фрагментация взаимодействия	Участники процесса в условиях Арктики работают изолированно, нет единой информационной среды	Внедрение общей платформы данных (CDE), использование сквозного BIM на всех этапах
Недоверие к цифровым технологиям	Застройщики не видят практической выгоды, коллизии часто находят на стройке	Демонстрация успешных пилотных проектов, обучение топ-менеджмента

Уход из России зарубежных разработчиков САПР привел к двум взаимосвязанным проблемам: во-первых, нужно заменить ушедший софт, во-вторых - обеспечить совместимость между собой различных цифровых систем. В реестре ДОМ.РФ насчитывается свыше 850 российских решений, но их внедрение требует больших вложений и времени [2].

Не все застройщики готовы вкладывать материальные вложения по причине, что коллизии часто обнаруживают непосредственно на стройке, процент которых составляет в районе 10. Некоторые и вовсе не понимают значимости сквозного BIM и относятся с недоверием.

На этапе организации происходит фрагментация процессов взаимодействия лиц, участвующих в строительстве объекта (заказчик, генподрядчик, проектировщик, эксплуатант), так как они работают в разных изолированных средах. ArchiCad, Revit, Autodesk, Solibri и другие вызывают диссонанс в несовместимости форматов между собой. В результате при обмене файлами между разными программными средами возможно потерять значимые элементы модели, что увеличивает вероятность возникновения ошибок и коллизий.

Согласно статистике 2026 года, почти половина российских девелоперов уже применяют технологии информационного моделирования. Самые высокие показатели - в Москве, Санкт-Петербурге и Новосибирске, где исторически сформировался центр развития BIM-компетенций. В южных регионах, напротив, наблюдается отставание в 5-7 лет - как следствие отсутствия местной практики инвестирования в цифровые технологии [3].

Одним из преимуществ сквозных технологий является доступная среда для каждого раздела. Например, если требуется отредактировать отметку или другие параметры, не нужно тратить время на замену 2D-чертежа. Быстрая корректировка обеспечена в цифровом

двойнике. Главный фактор - изменения видят все специалисты в открытом доступе без лишнего ожидания на обновление имеющегося бумажного чертежа.

Стоит отметить ещё один барьер - это дефицит квалифицированных кадров. Необходимо качественное обучение будущих инженеров в высших учебных заведениях. В исследовании Н. Х. Джумагалиевой, Р. А. Набиева и Д. М. Амиралиевой подчеркивается, что образовательные учреждения испытывают острый дефицит квалифицированных кадров среди самих педагогов - тех, кто способен обучать профессионалов для цифрового строительства [4].

С экономической точки зрения ключевыми ограничениями для широкого распространения BIM выступают высокая стоимость программных продуктов, затраты на переподготовку кадров и сложность объективной оценки срока окупаемости вложений. Аналитические расчёты показывают, что для компании с годовым объёмом проектирования 50 тыс. м² кумулятивный денежный поток от внедрения технологий информационного моделирования становится положительным только на третий год. Столь длительный период возврата инвестиций делает BIM-решения экономически нецелесообразными для малых строительных организаций, которые не могут позволить себе долгосрочные вложения без гарантированного быстрого эффекта.

Более того, есть барьер и неопределенность в том, что одни организации работают в отечественных ПО (например, Renga), а другие продолжают по старым действующим лицензиям пользоваться зарубежными (Revit). Чтобы не было в дальнейшем разрывов, рекомендуется вовремя обновлять версии программ. Это поможет избежать искажения каких-либо элементов модели.

Любой проект должен пройти государственную экспертизу, но так как у этих органов нет компетенций в работе с 3D-моделью, застройщик вынужден предоставлять привычные документы в бумажном виде.

Большие затраты на ПО, оборудование, обучение специалистов быстро окупятся, если правильно перешагнуть все барьеры. Важный шаг для успешного внедрения BIM - поэтапность и осознанность будущей пользы. В самом начале на выполнение задач специалисты будут тратить как минимум в 1,5 раза больше времени. Возникает двойная работа, связанная с освоением. Такой значительный момент нужно заранее обсудить с заказчиком, чтобы избежать недопонимания.

Рекомендуется повысить качество образования в учебных заведениях в изучении строительных основ и отечественной программы, также переквалифицировать работников, тем самым улучшить взаимосвязь между инженером и IT-технологиями. На рисунке 2 представлена блок-схема поэтапного внедрения сквозного BIM в строительной организации, учитывающая арктическую специфику.



Рис. 2. Блок-схема поэтапного внедрения сквозного BIM в строительной организации (для арктических проектов)

Значительные темпы развития сквозного BIM в РФ по большей части будут зависеть от участия государства в этом процессе, так как документальное закрепление новшеств создаст оптимальные условия для их успешного внедрения.

Особого внимания заслуживает применение BIM-технологий при проектировании изоляционных работ в регионах Арктики и Крайнего Севера. Эта область строительства является одной из наиболее сложных и капиталоемких, а климатические условия предъявляют исключительные требования к качеству проектных решений.

Климатические условия Арктики: Российская Арктика характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями: температуры воздуха могут опускаться до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, скорость ветра достигать 50 м/с , снеговые нагрузки составляют $180\text{--}450\text{ кг/м}^2$. Строительный сезон в этих регионах крайне короткий - всего 3-4 месяца в году. Многолетняя мерзлота (криолитозона) занимает значительную часть территории России, и именно в области её распространения находятся важнейшие объекты топливно-энергетического комплекса и инфраструктуры.

Для арктических регионов характерны значительные отрицательные и знакопеременные температуры при высоких скоростях ветра. Адаптация строительных систем к подобным условиям эксплуатации предъявляет к теплоизоляционным материалам

особые требования по стойкости к механическим и климатическим воздействиям, паропроницаемости, а также стабильности свойств на весь период эксплуатации. В таблице 2 приведены основные климатические показатели для ключевых арктических городов России.

Таблица 2

Климатические параметры арктических регионов России (по данным СП 131.13330.2018)

Город	Средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура отопительного периода, °С	Снеговая нагрузка, кг/м ²	Ветровая нагрузка, кгс/м ²
Мурманск	-27	275	-8,0	200	380
Архангельск	-31	250	-9,5	240	400
Салехард	-42	290	-12,5	300	450
Норильск	-46	305	-14,0	350	500
Якутск	-52	252	-20,6	180	480
Воркута	-44	285	-13,2	320	430

Требования к изоляционным материалам и конструкциям: в условиях Арктики выбор теплоизоляционных материалов становится критическим фактором, определяющим долговечность и энергоэффективность зданий. Согласно СП 50.13330.2020 «Тепловая защита зданий» и СП 131.13330.2018 «Строительная климатология», нормативное сопротивление теплопередаче для различных регионов сильно варьируется, а для северных территорий требуются максимальные значения. В нормативно-методическом обеспечении проектных работ ключевую роль выполняет СП 131.13330.2020, выступающий основным климатическим руководством для специалистов в области строительства. Данный документ применяется в комплекте с другими сводами правил, регламентирующими вопросы теплозащиты ограждающих конструкций, расчетных нагрузок, строительной теплотехники и функционирования инженерного и инженерных систем [5, 6].

Экспериментальные исследования, выполненные в климатических условиях Якутска (среднесезонная температура воздуха в отопительный период составляет -20,6 °С при продолжительности периода 252 суток в году) свидетельствуют о более высокой энергетической эффективности систем наружного утепления на основе экструзионного пенополистирола (XPS) в сравнении с минераловатными аналогами. По данным натурных замеров, применение XPS обеспечивает снижение фактического энергопотребления приблизительно на 15%. В то же время здание теплозащитного слоя демонстрирует рост расхода энергоресурсов вплоть до 504% относительно утепленных конструкций. Кроме того, фасадная система с XPS характеризуется замедленным остыванием - на 21% дольше сохраняет тепловой режим при внезапных (аварийных) отключениях подачи тепла, что имеет принципиальное значение для поддержания безопасных условий и теплового комфорта в условиях экстремально низких температур [7].

Экспериментальные исследования эксплуатационных характеристик несшитого пенополиэтилена подтвердили его устойчивость к воздействию влаги и перепадов температур в диапазоне от -60 °С до +80 °С, что послужило основанием для внедрения материалов на его основе в практику изоляции объектов, расположенных в условиях Крайнего Севера. В ходе арктической экспедиции 2017 года на территории Республики Саха (Якутия) было установлено, что теплозащита жилого модуля, выполненная с применением данного утеплителя, обеспечивает сохранение эксплуатационных параметров внутренней

среды в течение двух месяцев при наружной температуре до -45°C и ветровой нагрузке, достигающей 30м/с [8].

Перспективными представляются российские разработки, в числе которых гидроизоляционные мастики, выдерживающие в интервале температур от -60°C до $+150^{\circ}\text{C}$ и рекомендованные для защиты фундаментных конструкций, инженерных сетей, кровельных покрытий и фасадных систем зданий в заполярных городах России. Наряду с этим ведутся работы по созданию новых теплоизоляционных продуктов, в частности, композита «ДиатомИК» на основе диатомита и пеностекла, ориентированного на применение в дорожном строительстве в условиях криолитозоны [9].

Сопоставительный анализ ключевых теплоизоляционных материалов, используемых в арктическом строительстве, с учетом их эксплуатационных характеристик представлен в таблице 3.

Таблица 3

Сравнительная характеристика теплоизоляционных материалов для арктического строительства

Материал	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	Рабочий диапазон температур, $^{\circ}\text{C}$	Паропроницаемость, $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$	Водопоглощение за 24 ч, %	Срок службы, лет	Особенности
Экструзионный пенополистирол (XPS)	0,028-0,032	$-60 \dots +75$	0,005	0,2-0,5	50+	Высокая прочность на сжатие, устойчив к морозному пучению
Минеральная вата (каменная)	0,035-0,042	$-60 \dots +600$	0,3-0,5	1-5 (по объёму)	30-40	Негорючесть, но требует защиты от увлажнения
Пенополиуретан (жесткий ППУ)	0,022-0,028	$-80 \dots +100$	0,02-0,05	1-3	25-30	Отличная адгезия, низкая плотность, может содержать фреоны
Несшитый пенополиэтилен	0,034-0,040	$-60 \dots +80$	0,001	<1	20-25	Гибкий, удобен для трубопроводов, низкая прочность
Пеностекло («ДиатомИК»)	0,048-0,060	$-200 \dots +400$	0,001	0,0	100+	Полностью негорючий, экологичен, но дорог

Роль BIM в проектировании изоляционных работ в Арктике: в условиях арктического строительства использование BIM-подхода приобретает критическое значение. Высокая стоимость логистики, сезонность работ и удаленность объектов определяют особую жесткость требований к безошибочности проектных решений: выявление дефектов на площадке влечет за собой колоссальные издержки, тогда как применение информационного моделирования позволяет минимизировать подобные риски на прединвестиционной стадии. BIM-модели и цифровые двойники позволяют координировать разделы, анализировать коллизии и готовиться к эксплуатации ещё до начала строительно-монтажных работ [10].

Современные программные средства дают возможность прогнозировать тепловое взаимодействие мёрзлых грунтов и строительных конструкций с теплоизоляционным слоем. Разработаны адаптивные цифровые модели, прогнозирующие поведение конструкций в мёрзлых грунтах с точностью до 95%. Созданы также прототипы программно-аппаратных комплексов, определяющих глубину промерзания грунта под зданиями в зоне вечной мерзлоты [11].

В российских университетах, например в Северо-Восточном федеральном университете, реализуются образовательные программы по проектированию и строительству зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера с акцентом на экологическую безопасность, энергоэффективность и интеграцию цифровых инструментов (BIM, геоинформационные системы). Студенты изучают особенности вечной мерзлоты, сейсмической активности, низких температур, а также применение инновационных материалов и технологий для устойчивого строительства [12].

Организационно-экономические аспекты изоляционных работ в Арктике: особенность современного развития строительного производства на Севере состоит в снижении сметной стоимости и сроков выполняемых работ. При возведении промышленных и гражданских объектов одним из видов специализированных работ является монтаж тепловой изоляции. В связи с переходом на повышенные требования по тепловой защите зданий и сооружений для эксплуатируемых объектов требуется устройство дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций, а также срочные теплоизоляционные работы при ликвидации последствий аварий систем тепловодообеспечения в зимнее время [13].

Как показывают расчёты, в условиях рыночной экономики ввозить сырьё для производства пенореактопластов (полиуретановых, фенольных и карбамидных пенопластов) значительно дешевле, чем любые готовые теплоизоляционные материалы или конструкции на их основе, вследствие их малой плотности. Однако многолетний опыт применения отечественных и импортных марок пенополиуретанов на стройках Севера выявил их основные недостатки, включая экологическую опасность (содержание фреона) и малый срок хранения конфекционированных смесей, что не гарантирует получения высококачественной теплоизоляции в отдалённых районах при высоких отпускных ценах [14].

Слабые транспортные связи, редкие населённые пункты, повышенные затраты труда и материальных ресурсов являются следствием природно-климатических условий. В этих условиях применение BIM-технологий позволяет оптимизировать логистику поставок материалов, точно рассчитать необходимое количество изоляции и минимизировать отходы, что особенно важно для удалённых и труднодоступных объектов.

Перспективы развития: проектирование изоляционных работ в условиях Арктики с использованием BIM-технологий открывает новые возможности для повышения качества и надёжности строительства. Цифровое моделирование позволяет учитывать все климатические факторы, правильно выбирать материалы и конструктивные решения, а также прогнозировать поведение изоляционных систем в течение всего жизненного цикла здания. Совместное применение BIM-технологий, геоинформационных систем (ГИС) и методов вычислительного моделирования позволяет формировать высокоточные цифровые аналоги объектов, отражающие не только пространственную конфигурацию сооружений, но и

физические процессы теплопереноса, влагопереноса и напряженно-деформированного состояния, протекающие в ограждающих конструкциях.

Анализ зарубежной практики свидетельствует о том, что процессы цифровой трансформации строительной отрасли в разных странах сопровождались схожими организационными и технологическими барьерами. Однако преодоление этих трудностей в конечном счете обеспечило переход проектно-строительной сферы на качественно иной уровень - с использованием сквозных цифровых процессов на всех этапах жизненного цикла объектов. В таблице 4 систематизированы данные по опыту внедрения BIM-технологий в ряду государств, включая сведения о характере нормативного регулирования и количественно оцененных результатах применения.

Таблица 4

Сравнительный анализ внедрения BIM в зарубежных странах

Страна	Год начала массового внедрения	Наличие государственного мандата	Основные достижения
Дания	2007 (первая в Европе)	Обязательное для государственных проектов с 2011 г.	Снижение затрат на строительство до 15-20%
Великобритания	2011 (стратегия)	Обязательный с 2016 г. для всех государственных проектов	Рост скорости проектирования на 30%, сокращение ошибок на 40%
Нидерланды	2010	Добровольный, но отраслевые стандарты	Охват BIM среди архитекторов и подрядчиков >90%
Канада	2015	Отсутствует, единые правила не разработаны	Замедленное развитие, низкая эффективность
Германия	2015	Поэтапное введение с 2020 г. для инфраструктурных проектов	Повышение точности смет, снижение судебных споров
США	2005 (первые проекты)	Частичный: федеральные агентства требуют BIM	Лидерство по числу внедрений, но гетерогенность

Показателен опыт Дании, которая стала первым европейским государством законодательно закрепившем обязательное применение информационных технологий в строительной сфере. Практика этой страны подтвердила, что цифровизация проектно-строительных процессов обеспечивает существенную экономию финансовых ресурсов на всех этапах реализации объектов. В Великобритании уже большинство организаций используют BIM-технологии. С 2016 года он официально был закреплён для государственных проектов, а это сподвигло быстрому дальнейшему развитию и распространению всю отрасль. Итог: скорость проектирования возросла, количество ошибок уменьшилось. Наиболее высокий показатель применения BIM - в Нидерландах среди архитекторов и подрядчиков. Специалисты самостоятельно осознали необходимость в единой среде. У Канады нет государственного мандата, этот факт не даёт высокой эффективности, как в других странах. Это связано с тем, что для профессионалов нет единых правил, что гораздо замедляет развитие [15].

Таким образом, зарубежный опыт показывает два исхода: либо ответственность на себя берёт государство, либо сами специалисты. Но в обоих случаях можно достигнуть

успехов, если делать всё последовательно и постепенно, при этом чётко осознавая будущую пользу.

Сквозной BIM в России - это не только технологическая, но и организационно-экономическая и нормативная проблема. Успешное преодоление этих барьеров возможно лишь при условии согласованных действий государства, системы образования и застройщиков.

Особую актуальность применение BIM-технологий приобретает в сегменте жилищного строительства в Арктике, где климатические условия предъявляют максимальные требования к качеству изоляционных работ. Цифровое моделирование позволяет не только точно рассчитать параметры тепловой защиты зданий, но и оптимизировать логистику, сократить сроки строительства и минимизировать риски, связанные с человеческим фактором.

Развитие отечественного программного обеспечения, повышение квалификации кадров и нормативно-правовое закрепление требований к BIM-моделированию, в том числе в части проектирования изоляционных систем для арктических регионов, станут ключевыми факторами успешной цифровой трансформации строительной отрасли России.

Список литературы

1. Козлов, И. М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий / И. М. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии. - 2010. - № 1(10). - С. 6.
2. Джумагалиева, Н. Х. Современные вызовы и перспективы развития жилищно-гражданского строительства в России: организационные, экономические и технологические аспекты / Н. Х. Джумагалиева, Р. А. Набиев, Д. М. Амиралиева // Региональные проблемы преобразования экономики. - 2025. - № 8(178).
3. Мохначев, С. А. О технологии информационного моделирования зданий для развития российского жилищно-коммунального хозяйства / С. А. Мохначев, В. А. Пронина // Вестник МНЭПУ. - 2019. - № S1. - С. 509-511.
4. Савин, М. А. Применение BIM для управления жизненным циклом зданий и сооружений / М. А. Савин, В. В. Белаш // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. - 2023. - Т. 2, № 2. - С. 42-50.
5. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/72239302/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 18.06.2026).
6. СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/409274974/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 18.06.2026).
7. Бегич, Я. Э. Исследование энергоэффективности систем фасадных теплоизоляционных композитных с разными видами теплоизоляции в резко-континентальном климате / Я. Э. Бегич, Н. В. Павленко, А. Д. Набережный [и др.] // Жилищное строительство. - 2025. - № 5. - С. 58-65.
8. Пахомова, А. Д. Особенности проектирования теплоизоляции трубопроводных систем в условия Крайнего Севера / А. Д. Пахомова, К. И. Иванова, Ю. Л. Липовка // Наука и практика глобально меняющегося мира в условиях многозадачности, проектного подхода, рисков неопределенности и ограниченности ресурсов : Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 19-20 июня 2020 года. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. - С. 8-11.
9. Коротков, Е. А. "Диатомик" - новый теплоизоляционный материал для дорожного строительства в условиях криолитозоны / Е. А. Коротков, А. О. Константинов, А.

А. Мельникова, К. С. Иванов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. - 2015. - № 1(41). - С. 55-61.

10. Семенов, В. С. Особенности реализации изоляционных систем в условиях Крайнего Севера / В. С. Семенов, К. А. Тер-Закарян, А. Д. Жуков, Ю. В. Сазонова // Строительные материалы. - 2018. - № 4. - С. 65-70.

11. Подковырина, К. А. Особенности проектирования зданий и сооружений в северных широтах с точки зрения строительной физики / К. А. Подковырина, В. С. Подковырин, Р. А. Назиров // Урбанистика. - 2017. - № 4. - С. 78-85.

12. Хамидулин, Д. М. Проектирование быстровозводимых деревянных зданий для условий Крайнего Севера / Д. М. Хамидулин. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2025. - № 24 (575). - С. 67-75.

13. Ильин, А. И. Технология устройства теплоизоляции из пенореактопластов при ремонтно-восстановительных работах в строительстве на Крайнем Севере : дис. канд. техн. наук. - Якутск, 2000. - 130 с.

14. Saka, A. B. BIM divide: an international comparative analysis of perceived barriers to implementation of BIM in the construction industry / A. B. Saka, D. W. M. Chan // Journal of Engineering, Design and Technology. - 2023. - 21 (5): 1604-1632.

List of references

6. Kozlov, I. M. Evaluation of the economic efficiency of implementing information modeling of buildings / I. M. Kozlov // Architecture and modern information technologies. - 2010. - № 1(10). - P. 6.

7. Dzhumagalieva, N. H. Modern challenges and prospects for the development of housing and civil engineering in Russia: organizational, economic and technological aspects / N. H. Dzhumagalieva, R. A. Nabiev, D. M. Amiralieva // Regional problems of economic transformation. - 2025. - № 8(178).

8. Mokhnachev, S. A. On the technology of information modeling of buildings for the development of Russian housing and communal services / S. A. Mokhnachev, V. A. Pronina // MNEPU Bulletin. 2019. No. C1. pp. 509-511.

9. Savin, M. A. Decision-making for managing the life cycle of family and friends / M. A. Savin, V. V. Bela // State institutions in the state, government and territorial planning. - 2023. - Vol. 2, No. 2. - pp. 42-50.

10. SP 131.13330.2018 "State policy" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/72239302/>, Closed it. From the screen. - Yaz. rus. (date of request: 06/18/2026).

11. SP 50.13330.2024 "Warm request for help" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/409274974/>, Closed it. From the screen. - In Russian (accessed: 06/18/2026).

12. Begich, Ya. E. A study of the energy efficiency of facade thermal insulation composite systems with different types of thermal insulation in a sharply continental climate / Ya. E. Begich, N. V. Pavlenko, A.D. Naberezhnye Chelny [et al.] // Housing construction. - 2025. - No. 5. - pp. 58-65.

13. Pakhomova, A.D. Features of designing thermal insulation of pipeline systems in the conditions of the Far North / A.D. Pakhomova, K. I. Ivanova, Yu. L. Lipovka // Science and practice of a globally changing world in conditions of multitasking, design approach, risks of uncertainty and limited resources : Collection of scientific articles based on the results of the international scientific and practical conference, St. Petersburg-St. Petersburg, June 19-20, 2020. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Economics, 2020, pp. 8-11.

14. Korotkov, E. A. "Diatomic" - a new thermal insulation material for road construction in cryolithozone conditions / E. A. Korotkov, A. O. Konstantinov, A. A. Melnikova, K. S. Ivanov // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. - 2015. - № 1(41). - Pp. 55-61.
15. Semenov, V. S. Features of the implementation of insulation systems in the conditions of the Far North / V. S. Semenov, K. A. Ter-Zakaryan, A.D. Zhukov, Yu. V. Sazonova // Building materials. - 2018. - No. 4. - pp. 65-70.
16. Podkovyrina, K. A. Features of designing buildings and structures in northern latitudes from the point of view of building physics / K. A. Podkovyrina, V. S. Podkovyrin, R. A. Nazirov // Urbanistics. - 2017. - No. 4. - pp. 78-85.
17. Khamidulin, D. M. Designing prefabricated wooden buildings for the Uslavsky Far North / D. M. Khamidulin. - Text : state / / A young scientist. - 2025. - № 24 (575). - Pp. 67-75.
18. Ilyin, A. I. Technology of thermal insulation from foam plastics during repair and restoration work in construction in the Far North : dis. candidate of technical Sciences. - Yakutsk, 2000. - 130 p.
19. Saka, A. B. BIM divide: an international comparative analysis of the alleged barriers to the introduction of BIM in the construction industry / A. B. Saka, D. V. M. Chan // Journal of Engineering, Design and Technology. - 2023. - 21 (5): 1604-1632.

УДК 693.814.25

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ РВС-4950

С. Д. Николенко, К. А. Косарев

Николенко Сергей Дмитриевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, E-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

Косарев Кирилл Александрович, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мКНС-242, E-mail: Kosarev.kirill.orel88@yandex.ru

Аннотация: резервуары стальные вертикальные - цилиндрические емкости, используемые для хранения, приема, выдачи продукта. Широко используются в пищевой и нефтеперерабатывающей промышленности. Любые отклонения от технологии монтажа, метода проведения неразрушающего контроля или нарушение норм ГОСТ 31385-2023 напрямую ведут к росту производственных рисков и снижению экологической безопасности объекта. В настоящей статье рассматриваются особенности монтажа резервуаров на территории Маслоэкстракционного завода в г. Бузулук. Объектом изучения служит полный цикл строительства, начиная с подготовки площадки и до гидравлических испытаний. Практическая значимость статьи заключается в систематизации производственных данных по возведению резервуаров РВС-4950м³. Также особое внимание было уделено вопросам соблюдения монтажных допусков и обеспечению устойчивости конструкций на всех этапах строительства.

Ключевые слова: вертикальные стальные резервуары, монтаж металлоконструкций, рулонный способ сборки, технологическая карта, контроль качества.

ANALYSIS OF THE INSTALLATION TECHNOLOGY OF VERTICAL STEEL TANKS RVS-4950

S. D. Nikolenko, K. A. Kosarev

Nikolenko Sergey Dmitrievich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, E-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

Kosarev Kirill Alexandrovich, Voronezh State Technical University, Master's degree student, mKNS-242, E-mail: Kosarev.kirill.orel88@yandex.ru

Abstract: vertical steel tanks are cylindrical containers used for storing, receiving, and dispensing products. They are widely used in the food and oil refining industries. Any deviations from the installation technology, non-destructive testing method, or violation of GOST 31385-2023 standards directly lead to an increase in production risks and a decrease in the environmental safety of the facility. This article discusses the specifics of tank installation on the territory of an oil extraction plant in Buzuluk. The object of study is the complete construction cycle, from site preparation to hydraulic testing. The practical significance of the article lies in the systematization of production data on the construction

of RVS-4950m³ tanks. Special attention was also paid to the issues of compliance with installation tolerances and ensuring the stability of structures at all stages of construction.

Keywords: vertical steel tanks, installation of metal structures, roll assembly method, process map, and quality control.

Возведение вертикальных стальных резервуаров (рис. 1). Производство монтажных работ допустимо только после подготовки строительной площадки. Устройство временных дорог из железобетонных плит обеспечивает беспрепятственное перемещение тяжелой техники и предотвращает деформации грунтового основания. Элементы конструкций доставляют грузовыми автомобилями КАМАЗ грузоподъемностью 20 тонн [1].



Рис. 1. Общий вид четырех вертикальных стальных резервуаров РВС-4950 м³

Складирование металлоконструкций должно быть предусмотрено под навесами или в закрытых помещениях. Бетонированные площадки с дренажной системой исключают контакт металла с грунтом и предотвращают накопление влаги. Многоярусная укладка требует деревянных прокладок, расположенных строго по вертикали опор. Высота штабелей при ручной укладке не превышает полутора метров. Ширина проходов между штабелями составляет не менее одного метра. Технологические операции на открытом воздухе прекращают при температуре ниже минус пяти градусов или усилении ветра до пятнадцати метров в секунду. Данные ограничения связаны с нормами и правилами безопасности и условиями проведения сварочных работ. По завершении логистических и подготовительных операций допустимо приступить к производству монтажных работ.

Монтаж основного конструктива вертикального стального резервуара (рис. 2). Работы выполняются с соблюдением требований нормативно-технической документации [2-5], а также требований проекта производства работ.



Рис. 2. Монтаж основного конструктива резервуаров (промежуточные этапы монтажа)

Устройство дна резервуара. Работы начинаются после приемки основания в присутствии заказчика и монтажной организации. На фундаменте наносят осевые линии и фиксируют центр. Замерное устройство приваривают к подкладному листу в точке пересечения осей. Чертилка разметочного приспособления наносит линию внешней кромки окрайки. Сегменты укладывают по часовой стрелке с постоянным контролем радиуса и отсутствия изломов. Стыковку выполняют на остающейся подкладной пластине с клиновидным зазором. Монтажные приспособления гарантируют прижим элементов. Центральную часть дна формируют путем раскатки полотнищ, изготовленных на заводе рулонным способом. Две ручные лебедки МТМ-5,0 грузоподъемностью пять тонн располагают симметрично относительно оси. Рулон фиксируют клиньями из соснового бруса сечением 250×250 миллиметров. Канаты протягивают и закрепляют на лебедках. Синхронное натяжение приводит конструкцию в равновесие. Удерживающие планки обрезают последовательно, начиная с торцовых элементов. Персоналу, не задействованному в выполнении работ, необходимо находиться не менее чем в 15 метрах от места производства работ. Оставлять конструкцию в промежуточном состоянии разворачивания запрещено. Предельные отклонения высоты местных выпучин ограничены формулой $f \leq 0,03R$ [6]. Угловатость в зонах радиальных швов не превышает трех миллиметров при измерении шаблоном базой 200 миллиметров. При этом сварка с использованием взрывоопасных газов производилась с использованием защитных устройств [7]. Разность отметок соседних точек наружного контура составляет десять миллиметров на участке до шести метров. Сформированное дно служит основанием для возведения вертикальных элементов, где центральным элементом выступает монтажная стойка.

Устройство стенки резервуара. Подъем рулонов запрещен при скорости ветра свыше десяти метров в секунду. Конструкцию возводят после сварки дна при условии не превышающих предельные значения отклонений. Центральную стойку монтируют в проектное положение, монтируют центральное кольцо крыши, временную площадку и лестницу с ограждением. Пять расчалок раскрепляют конструкцию. Вертикальность контролируют строительными отвесами массой. Максимальное отклонение от вертикали ограничено одной тысячной высоты. Смещение относительно центра не превышает пяти

миллиметров. Рулоны стенки поднимают краном на подготовленной площадке в стороне от фундамента. Конструкцию выдерживают на высоте ста пятидесяти миллиметров в течение десяти минут для проверки такелажа. Развертывание выполняет гусеничный трактор DR-10MT. Канат диаметром двенадцать миллиметров крепят к тяговой скобе на высоте пятисот миллиметров. Процесс ведут участками, длина которых не превышает размер секции опорного кольца. После каждого этапа устанавливают трубу жесткости с тремя расчалками. Полотнище прижимают к ограничительным уголкам 50×5 миллиметров, приваренным с шагом 300-400 миллиметров. Свободный участок развернутой стенки не должен превышать шести метров. Замыкание стыков предваряет формообразование конечных участков. Сборку выполняют на гребенках с выводом стыка за проектную кривизну на величину $1,5 \times t$, где t означает толщину нижнего пояса. Подобный прием компенсирует угловые деформации после сварки. Внутренний диаметр на уровне трехсот миллиметров от днища измеряют четыре раза через сорок пять градусов. Допустимое отклонение составляет $\pm 62,7$ миллиметра. Вертикальность образующих проверяют через каждые шесть метров по периметру. Предел отклонения равняется $\pm 1/200H$. Локальные отклонения от цилиндрической формы на метровом участке ограничены пятнадцатью миллиметрами.

Устройство кровли резервуара. Стационарную крышу возводят одновременно с развертыванием стенки. Элементы опорного кольца устанавливают по мере освобождения монтажной зоны. Ловители приваривают к элементам кольца перед навеской. Кран поднимает конструкции с использованием строительных тур ТТ-2400 высотой до восемнадцати метров. Горизонтальность проверяют строительным уровнем длиной 1,5 метра в двух направлениях. Расчалки снимают после завершения монтажа всего кольца. Каркас монтируют секциями. Секции предварительно поднимают для контроля отклонений от проектной формы. Нижнюю часть устанавливают на опорное кольцо, верхнюю совмещают с центральным щитом. Радиальные балки обваривают с косынками, монтажные болты демонтируют. Отметка верха конической крыши допускается с отклонением ± 30 миллиметров. Разность отметок смежных узлов в зоне сопряжения со стенкой не превышает двадцати миллиметров, с центральным щитом - десяти миллиметров. Люки и патрубки размещают согласно осям проектной документации. Расстояние от усиливающих накладок до горизонтальных швов составляет сто миллиметров, до вертикальных - двести пятьдесят миллиметров. Отметка высоты установки люков контролируется с допуском ± 10 миллиметров, патрубков - ± 6 миллиметров. Элементы крепления лестниц, площадок и трубопроводов пожаротушения приваривают до гидравлических испытаний. Постоянные конструктивные элементы отступают от горизонтальных швов на сто миллиметров, от вертикальных - на сто пятьдесят. Болтовые соединения настилов и ступеней выполняют после испытаний с применением крепежа с антикоррозионным покрытием. Вертикальность шахтной лестницы контролируют с отклонением не более $1/1000$ высоты. Во время производства монтажных работ необходимо проводить постоянный визуально-измерительный контроль качества сварки [8].

Проектная геометрия достигается через входной, операционный и приемочный контроль. Измерения фиксируют в журнале операционного контроля монтажно-сварочных работ. Для контроля применяют линейки длиной один метр, отвесы, уровни длиной 1,5 метра. Сварочные работы выполняют инверторами НЕОН 221 мощностью 7,2 киловатта. Строповку обеспечивают стропами грузоподъемностью от одной до шестидесяти тонн [9].

Завершающим этапом строительства выступают гидравлические испытания. Работы проводят при температуре воздуха не ниже пяти градусов Цельсия. При отсутствии обвалования граница опасной зоны принимается равной двум диаметрам резервуара. Контрольно-измерительные приборы и рабочие места персонала размещаются за пределами данной зоны. Программа включает поэтапное заполнение водой. Уровень фиксируют на отметках 50%, 75%, 90% и 100% от максимального значения. Время выдержки последовательно растет от одного часа до двадцати четырех часов. На каждом этапе

проводят визуальный осмотр и контрольные замеры. После максимального заполнения резервуар опорожняют до 90% и создают избыточное давление, превышающее проектное на 25%, для проверки герметичности. Следующим этапом испытаний является создание относительного разрежения во внутреннем объеме резервуара. Для этого уровень воды понижается до 10-15 % проектной высоты заполнения, после чего сооружение выдерживается под разрежением не менее 30 минут. Критерием успешного завершения гидравлического испытаний является отсутствие течей, недопустимых деформаций и сверхнормативной осадки основания. Геометрические параметры резервуара после завершения испытаний должны соответствовать требованиям ГОСТ 31385-2023. При выявлении отклонений, превышающих установленные нормативами значения, выполняются дополнительные расчеты, инструментальные обследования и принимаются решения о необходимости производства ремонтных работ. В процессе дальнейшей эксплуатации обследования могут производиться аналогично силосным металлическим конструкциям [10].

Таким образом, анализ технологии монтажа резервуаров РВС-4950 м³ подтвердил, что строгое соблюдение последовательности технологических операций, допусков, установленных ГОСТ 31385-2023, и поэтапный контроль геометрии позволяет обеспечить требуемую надежность и герметичность конструкции, что зафиксировано положительными результатами гидравлических испытаний.

Список литературы

1. ГОСТ 12.3.009-76 Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности. - Введен 1977-07-01- Москва: Издательство стандартов, 1976. - 14с.
2. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. - Введен 2015-07-01 - Москва: Стандартинформ, 2015. - 19 с.
3. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 - Введен 2017-07-01 - Москва: Стандартинформ, 2017. - 91 с.
4. СП 48.13330.2019 Организация строительства. - Введен 2020-06-25 - Москва: Стандартинформ, 2020. - 61 с.
5. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - Введен 2011-07-01 - Москва: Стандартинформ, 2011. - 62 с.
6. ГОСТ 31385-2023 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. - Введен 2024-01-01 - Москва: Российский институт стандартизации, 2023. - 114 с.
7. Колотушкин, В. В. Моделирование защитных устройств для обеспечения безопасности технологических процессов с использованием взрывоопасных газов / В. В. Колотушкин, С. А. Сазонова, С. Д. Николенко // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 3. С. 28-35.
8. Николенко, С. Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С. Д. Николенко, С. А. Сазонова, Н. В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. 2020. Т. 13. № 3. С. 76-85.
9. ГОСТ Р 58753-2019 Стропы грузовые канатные для строительства. Введен 2020-01-01 - Москва: Стандартинформ, 2019. - 18 с.
10. Николенко, С. Д. Процесс обследования технического состояния здания элеватора силосного корпуса / С. Д. Николенко, С. А. Сазонова, Ю. А. Иньякова // Моделирование систем и процессов. 2022. Т. 15. № 4. С. 34-43.

List of references

1. GOST 12.3.009-76 Loading and unloading operations. General safety requirements. - Introduced on 1977-07-01 - Moscow: Publishing House of Standards, 1976. - 14с.
2. GOST 27751-2014 Reliability of building structures and foundations. The main provisions. - Introduced on 2015-07-01 - Moscow: Standartinform, 2015. - 19 p.
3. SP 47.13330.2016. A set of rules. Engineering surveys for construction. The main provisions. Updated edition of SNiP 11-02-96 - Introduced 2017-07-01 - Moscow: Standartinform, 2017. - 91 p.
4. SP 48.13330.2019 Organization of construction. - Introduced on 2020-06-25 - Moscow: Standartinform, 2020. - 61 p.
5. GOST R 53778-2010 Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition. - Introduced on 2011-07-01 - Moscow: Standartinform, 2011. - 62 p.
6. GOST 31385-2023 Vertical cylindrical steel tanks for oil and petroleum products. - Introduced on 2024-01-01 - Moscow: Russian Institute of Standardization, 2023. - 114 p.
7. Kolotushkin, V. V. Modeling of protective devices to ensure the safety of technological processes using explosive gases / V. V. Kolotushkin, S. A. Sazonova, S. D. Nikolenko // Modeling of systems and processes. 2021. Vol. 14. No. 3. pp. 28-35.
8. Nikolenko, S. D. Automation of the quality control process of welded joints / S. D. Nikolenko, S. A. Sazonova, N. V. Akamsina // Modeling of systems and processes. 2020. Vol. 13. No. 3. pp. 76-85.
9. GOST R 58753-2019 Cargo rope slings for construction. Introduced 2020-01-01 - Moscow: Standartinform, 2019. - 18 p.
10. Nikolenko, S. D. The process of inspection of the technical condition of the silo elevator building / S. D. Nikolenko, S. A. Sazonova, Yu. A. Inyakova // Modeling of systems and processes. 2022. Vol. 15. No. 4. pp. 34-43.

УДК 691.328:624.012.35

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С. Д. Николенко, Д. И. Шевелев

Николенко Сергей Дмитриевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, E-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

Шевелев Денис Игоревич, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мКНС-241, E-mail: shevelev-ernst@mail.ru

Аннотация: железобетон остается ключевым материалом в строительстве, однако его хрупкость и склонность к трещинообразованию снижают долговечность конструкций. В статье исследована эффективность дисперсного армирования стальной фиброй как способа повышения качества железобетонных балок. На основе модифицированного правила смесей проведен расчет прочности, трещиностойкости и деформативности балки сечением 100×100 мм. Установлено, что введение 1% стальной фибры длиной 30 мм и диаметром 0,5 мм позволяет увеличить предельную нагрузку на 66%, повысить момент трещинообразования в 1,66 раза и полностью отказаться от поперечной арматуры. Режим деформирования соответствует модели деформационного разупрочнения. Технико-экономический анализ показал снижение массы металла на 53% и удешевление материалов на 9-10%. Результаты обосновывают перспективность применения фибробетона в конструкциях без поперечного армирования.

Ключевые слова: дисперсное армирование, стальная фибра, железобетонная балка, трещиностойкость, поперечная арматура, фибробетон, прочность при изгибе.

EFFICIENCY OF DISPERSED REINFORCEMENT FOR IMPROVING THE QUALITY OF REINFORCED CONCRETE BEAM STRUCTURES

S. D. Nikolenko, D. I. Shevelev

Nikolenko Sergei Dmitrievich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, E-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

Shevelev Denis Igorevich, Voronezh State Technical University, Master's student gr. mKNS-211, E-mail: shevelev-ernst@mail.ru

Abstract: reinforced concrete remains a key material in construction, but its brittleness and tendency to crack reduce the durability of structures. The article investigates the effectiveness of dispersed reinforcement with steel fiber as a way to improve the quality of reinforced concrete beams. Based on the modified rule of mixtures, the strength, crack resistance and deformability of a beam with a cross section of 100×100 mm were calculated. It has been established that the introduction of 1% steel fiber with a length of 30 mm and a diameter of 0.5 mm makes it possible to increase the ultimate load by 66%, increase the cracking moment by 1.66 times, and completely abandon transverse reinforcement. The deformation mode corresponds to the model of deformation softening.

A technical and economic analysis showed a reduction in metal mass by 53% and a 9-10% reduction in material cost. The results justify the prospects of using fiber-reinforced concrete in structures without transverse reinforcement.

Keywords: dispersed reinforcement, steel fiber, reinforced concrete beam, crack resistance, transverse reinforcement, fiber-reinforced concrete, flexural strength.

Железобетонные конструкции являются основой современного строительства, однако традиционный железобетон обладает рядом недостатков: хрупкое разрушение, образование широких трещин в растянутой зоне и необходимость установки трудоемкой поперечной арматуры для восприятия сдвиговых усилий [1]. Эти факторы снижают качество и долговечность конструкций, особенно при динамических нагрузках и в агрессивных средах. Одним из наиболее эффективных способов решения указанных проблем является дисперсное армирование - введение в бетонную матрицу коротких волокон (фибр) [2,3], которые распределяются по объему и работают как микроарматура, перекрывая трещины и повышая вязкость разрушения. Цель настоящей работы - количественная оценка эффективности дисперсного армирования стальной фиброй на примере железобетонной балки, включая анализ прочности нормальных и наклонных сечений, трещиностойкости, деформативности и технико-экономических показателей.

Расчет проводился для шарнирно опертой балки прямоугольного сечения 100×100 мм пролетом 1500 мм из бетона класса В25. Продольная арматура - 2Ø10 А400 (площадью 157 мм²). Принята стальная фибра длиной 30 мм, диаметром 0,5 мм, с прочностью на растяжение 1000 МПа, объемным содержанием $V_f = 1\%$ и трехмерным случайным распределением. На рисунке 1 представлена схема распределения фибр в объеме бетонной матрицы в сравнении с обычным бетоном.



Рис. 1. Схема распределения фибр в объеме бетонной матрицы в сравнении с обычным бетоном

Критическая длина фибры, рассчитанная по формуле [4], составила 83,3 мм. Поскольку длина фибры (30 мм) меньше критической, фибра работает в режиме выдергивания. Коэффициент эффективности по длине равен 0,18, коэффициент ориентации для трехмерного случайного распределения принят 0,5. Дополнительная прочность на растяжение, вносимая фибрами после растрескивания матрицы, составила 0,9 МПа.

Предельный изгибающий момент для обычной балки (без фибр) составил 3,67 кН·м, что соответствует предельной нагрузке 7,34 кН. Введение фибр повышает момент трещинообразования в 1,66 раза, за счет чего предельная нагрузка возрастает до 12,2 кН, т.е. на 66%. На рисунке 2 представлена трехстадийная диаграмма деформирования фибробетона

по модели АСК [5], включающая упругую стадию, стадию множественного трещинообразования и посткритическую стадию выдергивания волокон.

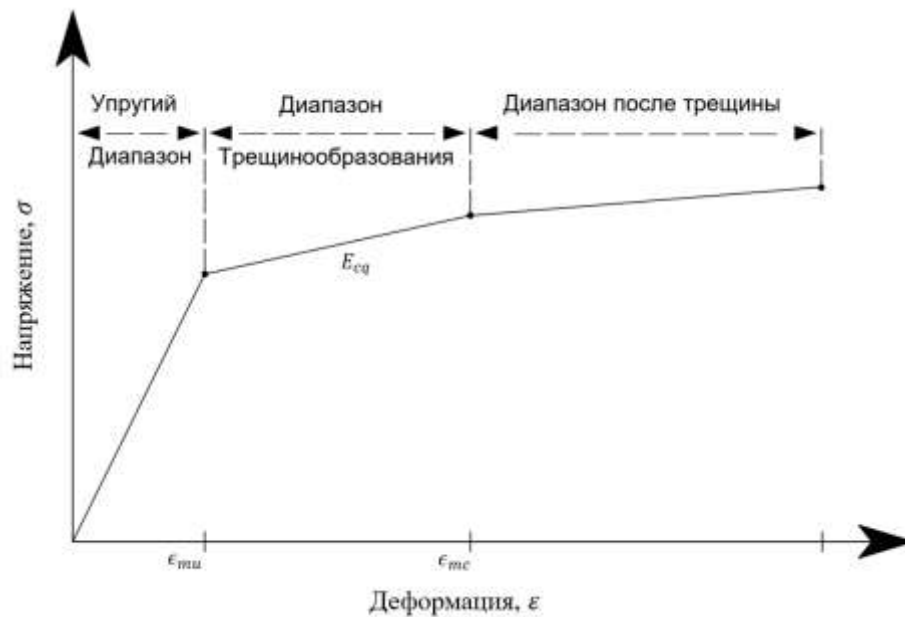


Рис. 2. Трехстадийная диаграмма «напряжение - деформация» (модель АСК): упругая стадия (а), стадия множественного трещинообразования (b, c) и посткритическая стадия вытягивания волокон

Экспериментальные данные подтверждают линейную зависимость прочности фибробетона от параметра армирования. На рисунке 3 показана зависимость прочности при растяжении от комплекса $V_f \cdot \frac{l}{d}$, которая используется для подбора оптимального содержания и геометрии фибр.

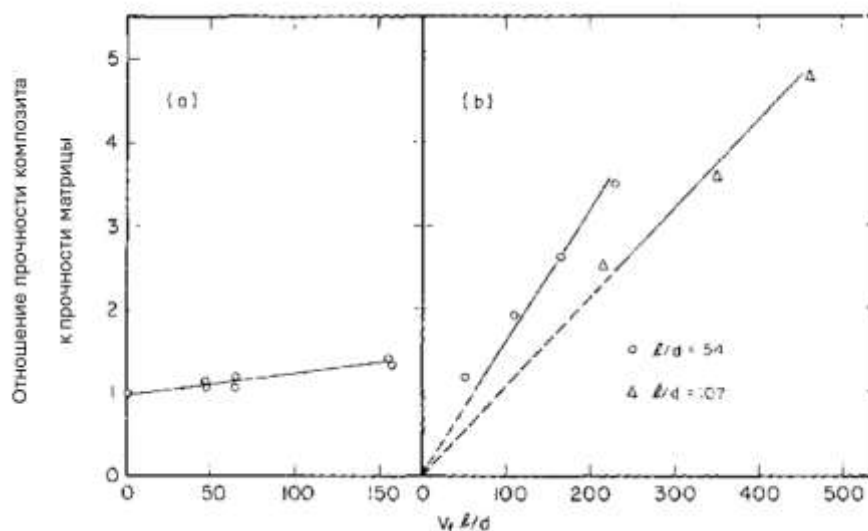


Рис. 3. Экспериментальная зависимость прочности при растяжении от параметра $V_f \cdot \frac{l}{d}$ для стального фибробетона

В обычном железобетоне ширина раскрытия трещины при предельной нагрузке составляет 0,126 мм, что ниже нормативных 0,3 мм, однако разрушение носит хрупкий

характер с образованием одной магистральной трещины. В фибробетоне формируется система множественных микротрещин с расчетным расстоянием между трещинами всего 4,33 мм, что обеспечивает перераспределение напряжений и повышает водонепроницаемость. Прогиб балки с фиброй при предельной нагрузке составил 5,84 мм, что не превышает предельно допустимого значения. На рисунке 4 показано сравнение характера разрушения балок без фибр и с фибровым армированием.



Рис. 4. Характер разрушения балок: (а) - без фибрового армирования (хрупкое разрушение); (б) - с фибровым армированием (вязкое разрушение)

Для балки без поперечной арматуры предельная поперечная сила, воспринимаемая бетоном, составляет 4,46 кН, что значительно ниже нагрузки 7,34 кН. Это означает, что обычная балка разрушится по наклонному сечению (срезу) до исчерпания прочности на изгиб. Введение фибр позволяет вовлечь их в работу на сдвиг. Дополнительная поперечная сила, воспринимаемая фибрами, оценена в 7,65 кН. Суммарная несущая способность по наклонному сечению составила 12,11 кН, что практически совпадает с предельной нагрузкой по изгибу (12,2 кН). Таким образом, дисперсное армирование позволяет полностью отказаться от поперечной арматуры (хомутов). На рисунке 5 представлен механизм мостикового действия волокон, перекрывающих трещину.

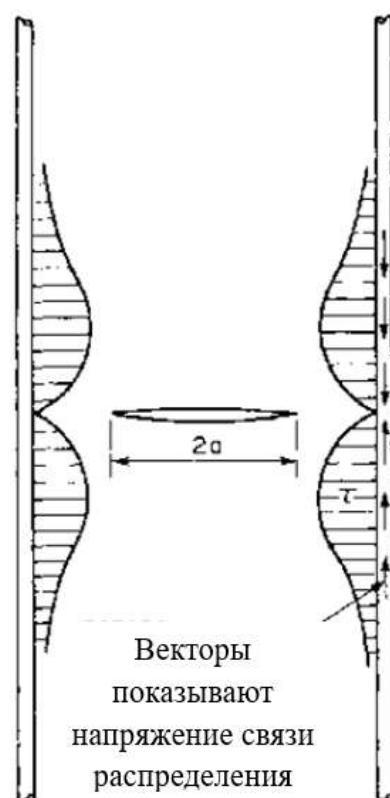


Рис. 5. Схема «зашемляющего» эффекта и распределения касательных напряжений на границе раздела при остановке трещины волокнами

Отказ от поперечной арматуры снижает массу металла в расчете на одну балку с 4,15 кг (в обычном варианте) до 1,95 кг продольной арматуры + 1,29 кг фибр, т.е. общая масса металла снижается на 53%. Стоимостной анализ показал, что стоимость материалов для фибробетонной балки составляет 240 руб. против 249 руб. для обычной, т.е. экономия достигает 9-10% при более высокой несущей способности.

Дисперсное армирование активно используется в строительстве. При этом проводятся экспериментальные исследования [6,7].

В результате выполнения теоретических и расчетных исследований установлено, что дисперсное армирование стальной фиброй с объемным содержанием 1% позволяет увеличить предельную нагрузку железобетонной балки на 66% и повысить момент трещинообразования в 1,66 раза по сравнению с обычным бетоном за счет эффектов подавления трещин и мостикового действия. Экспериментальная зависимость прочности от параметра $V_f \cdot \frac{l}{d}$, приведенная на рис. 3, подтверждает корректность выполненных расчетов и позволяет оптимизировать выбор фибр для конкретных конструкций. В фибробетоне реализуется механизм множественного микротрещинообразования с расчетным расстоянием между трещинами 4,33 мм, что переводит характер разрушения из хрупкого в вязкий, повышая надежность и долговечность конструкции. Дисперсное армирование полностью воспринимает поперечную силу, что позволяет отказаться от установки поперечной арматуры (хомутов) при обеспечении равнопрочности по изгибу и срезу. Технико-экономический анализ показал снижение массы металла на 53% и уменьшение стоимости материалов на 9-10% при одновременном росте несущей способности, что делает предложенное решение технически и экономически обоснованным. Полученные результаты подтверждают перспективность применения стальной фибры для повышения качества железобетонных балок, особенно в конструкциях без поперечного армирования (например, в промышленных полах, туннельных обделках, тонкостенных элементах).

Список литературы

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Минстрой России, 2018. – 156 с.
2. Laws, V. The efficiency of fibrous reinforcement of brittle matrices / V. Laws // Journal of Physics D: Applied Physics. – 1971. – Vol. 4. – P. 1737–1746.
3. Aveston, A. Single and multiple fracture / A. Aveston, G. A. Cooper, A. Kelly // The Properties of Fibre Composites. – London: IPC Science and Technology Press, 1971. – P. 15–24.
4. Romualdi, J. P. Mechanics of crack arrest in concrete / J. P. Romualdi, G. B. Batson // Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE. – 1963. – Vol. 89. – P. 147–168.
5. Бентур, А. Фибробетон / А. Бентур, С. Миндесс; пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
6. Николенко, С. Д. Планирование экспериментальных исследований конструкций с дисперсным армированием / С. Д. Николенко, А. Н. Ткаченко, В. Н. Старцев // Инженерные системы и сооружения. – 2025. – № 1 (59). – С. 81–90.
7. Николенко, С. Д. Исследование свойств сталефибробетона с относительно короткими фибрами / С. Д. Николенко, Е. З. Арифиллин, Р. А. Мухтаров // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2026. – № 1 (81). – С. 65–75.

List of references

1. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. – M.: Ministry of Construction of Russia, 2018. – 156 p.
2. Laws, V. The efficiency of fibrous reinforcement of brittle matrices / V. Laws // Journal of Physics D: Applied Physics. – 1971. – Vol. 4. – P. 1737–1746.
3. Aveston, A. Single and multiple fracture / A. Aveston, G. A. Cooper, A. Kelly // The Properties of Fibre Composites. – London: IPC Science and Technology Press, 1971. – P. 15–24.
4. Romualdi, J. P. Mechanics of crack arrest in concrete / J. P. Romualdi, G. B. Batson // Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE. – 1963. – Vol. 89. – P. 147–168.
5. Bentour, A. Fibrobeton / A. Bentour, S. Mindess; translated from English. – M.: Stroyizdat, 1990. 320 p.
6. Nikolenko, S. D. Planning experimental studies of structures with dispersed reinforcement / S. D. Nikolenko, A. N. Tkachenko, V. N. Startsev // Engineering systems and structures. – 2025. – № 1 (59). – Pp. 81–90.
7. Nikolenko, S. D. Investigation of the properties of steel fiber concrete with relatively short fibers / S. D. Nikolenko, E. Z. Arifullin, R. A. Mukhtarov // Scientific Journal of Construction and Architecture. – 2026. – № 1 (81). – Pp. 65–75.

УДК 658.5: 624

ТЕХНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНОСТИ ОБЪЕКТА В РАМКАХ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

А. Ю. Сергеева, Я. О. Зимоглядова, Р. Ю. Мясичев, Ю. Д. Сергеев

Сергеева Алла Юрьевна, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: 933947@mail.ru

Зимоглядова Яна Олеговна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. змСЭНМ-251, E-mail: yana.savhenko2003@mail.ru

Мясичев Руслан Юрьевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: 910371@mail.ru

Сергеев Юрий Дмитриевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: stroiekspertiza@yandex.ru

Аннотация: определение капитальности объекта - важная задача, которая стоит перед экспертами в рамках строительно-технической экспертизы. Основными критериями для присвоения соответствующего статуса является анализ технических характеристик объекта. В статье систематизированы технические параметры, позволяющие однозначно или предварительно отнести строение к капитальным и некапитальным. Представлены группы капитальности с подробным описанием каждой из них и примерами. Также для удобства все признаки сведены в одну таблицу. Описаны случаи, в которых требуется такая экспертиза, кто может быть инициатором. Указана нормативно-правовая документация. Упомянуты способы изучения необходимых параметров. Перечислены последствия для собственника, если его объект построен без соответствующего разрешения и имеет статус самовольной постройки.

Ключевые слова: капитальный объект, некапитальный объект, строительство, экспертиза, технические критерии, несущая конструкция, конструктивная схема.

TECHNICAL CRITERIA FOR DETERMINING THE CAPACITY OF AN OBJECT DURING CONSTRUCTION AND TECHNICAL EXPERTIS

A. Yu. Sergeeva, Y. O. Zimoglyadova, R. Yu. Myasishchev, Yu. D. Sergeev

Sergeeva Alla Yurievna, Voronezh State Technical University, candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Management, Expertise and Real Estate Management, E-mail: 933947@mail.ru

Zimoglyadova Yana Olegovna, Voronezh State Technical University, Master's student gr. zmSENM-251, E-mail: yana.savhenko2003@mail.ru

Myasishchev Ruslan Yurievich, Voronezh State Technical University, candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Management, Expertise and Real Estate Management, E-mail: 910371@mail.ru

Sergeyev Yury Dmitrievich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: stroiekspertiza@yandex.ru

Annotation: ways of studying the necessary parameters are mentioned. The consequences for the owner are listed if his object is built without the appropriate permission and has the status of an unauthorized construction of the object's technical characteristics. The article systematizes the technical parameters that allow for a clear or preliminary classification of a structure as capital or non-capital. It presents the groups of capitalization, providing detailed descriptions and examples for each group. For convenience, all the characteristics are summarized in a single table. The article describes the cases where such an examination is required and who can initiate it. It also provides information on the relevant legal and regulatory documentation. The ways of studying the necessary parameters are mentioned. The consequences for the owner are listed if his object is built without the appropriate permission and has the status of an unauthorized construction.

Key words: capital object, non-capital object, construction, expertise, technical criteria, load-bearing structure, design scheme.

В рамках проведения строительно-технической экспертизы профильным специалистом дается развернутое и обоснованное заключение о техническом состоянии зданий, сооружений или других строений. Оно основывается на результатах визуального осмотра, инструментальных измерений и вскрытий, анализа проектной и исполнительной документации [1, 2]. Инициировать проведение такой экспертизы может любая из заинтересованных сторон: суд (в рамках рассматриваемого дела), собственник объекта, а также стороны участников имущественного или иного спора. Это могут быть арендаторы, застройщики, подрядные организации, органы местного самоуправления и госнадзора.

Причиной для назначения экспертизы чаще всего является наличие противоречий в оценке качества, безопасности или стоимости объекта. Спор зачастую связан с выявлением некачественного выполнения строительных и монтажных работ, несоответствием проектной документации, нарушением требуемой нормативно-правовой документации, определением объема и качества использованных материалов [3, 4]. Пристальное внимание уделяется объекту, состояние которого не позволяет безопасно его эксплуатировать или находиться поблизости. Строительно-техническая экспертиза может быть востребована при анализе причин и последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций [5]. Часто в практике встречаются случаи, когда в рамках экспертизы обследуются строения или их части, на возведение которых не было получено разрешение. Такие объекты получают статус самовольной постройки, что имеет серьезные последствия для собственника. В результате этого объект не может быть включен в Единый государственный реестр недвижимости, собственник не получает официальное право собственности и не может им распоряжаться, а в критических ситуациях выдается распоряжение о сносе объекта. Тем самым человек, фактически владеющий объектом, не может защитить свои права в полном объеме без предварительного экспертного заключения о капитальности, безопасности и соответствии градостроительным нормам [6].

Таким образом, одной из задач строительно-технической экспертизы служит отнесение какого-либо строения к капитальному и некапитальному объекту, а причина проведения проверки может быть разной. Данное заключение имеет важное значение для собственника, так как от него зависит судьба объекта и последствия для человека. В связи с этим эксперт должен правильно анализировать полученные в ходе работы данные и относить признаки, закрепленные в нормативных документах.

Из-за большого разнообразия строительных объектов по назначению, используемым строительным материалам, технологиям возведения, способу эксплуатации, конструктивным

особенностям невозможно создать четкий шаблон, по которому можно однозначно и безошибочно судить о капитальности любого строения [7]. Несмотря на это, есть ряд параметров, которые позволяют получить относительно четкое понимание, на их основе эксперты и составляют свои заключения. При этом каждый параметр необходимо рассматривать только в совокупности с другими, так как одни и те же на первый взгляд конструкции могут иметь разное значение. Статус объекта определяется сразу по нескольким типам критериев: технические, экономические, нормативно-правовые [8]. В данной статье рассматриваются только технические характеристики, которые, в свою очередь, лежат в основе строительно-технической экспертизы, так как их можно визуальнo оценить, сделать натурные обмеры и вскрытия, зафиксировать с помощью фотосъемки, провести лабораторный анализ (рис. 1).



Фундамент - Заглубленный (ленточный, свайный, монолитная плита)
 Соединение деталей - Сварка, монолитная заливка, раствор
 Стены - Кирпич, бетон, ж/б, камень
 Демонтаж - Только разрушение
 Возможность перемещения - Отсутствует
 Наличие подвала/цоколя - Возможно
 Нормативный срок службы -
 в условиях сильноагрессивных сред - 25 лет
 в обычных условиях эксплуатации - 80 лет

Рис. 1. Критерии капитального объекта

Во время составления заключения эксперт должен ответить на вопрос: есть ли возможность перенести исследуемый объект в другое место без существенных разрушений? Для ответа на данный вопрос необходимо полностью изучить конструктивную схему. Первое, на что обращают внимание эксперты, - как объект прикреплен к земле: какой тип фундамента у постройки, имеет ли он какое-то заглубление и в целом по возможности оценивается объем земляных работ, которые выполнялись на первом этапе строительства. К таким работам относится выравнивание территории будущей застройки, отрывание котлована, его усиление и зачистка стенок, устройство подстилающего слоя и в заключении, обратная засыпка пазух фундамента, что свидетельствует о наличии прочной связи с землей и невозможности перемещения объекта с одного места на другое.

Фундамент капитальных и некапитальных сооружений кардинально различается, зачастую данный критерий и является главным в принятии решения [9]. Отличительной особенностью конструкции основания для капитальных строений является заглубление ниже уровня промерзания грунта. Это может быть:

- 1) монолитная плита;
- 2) сваи с ростверком;
- 3) ленточный фундамент.

Некапитальные объекты, наоборот, только опираются на основание, поэтому в данном случае фундамента может и не быть вообще, то есть стены опираются непосредственно на грунт или предусмотренную подсыпку, также нагрузка от сооружения может передаваться через фундаментные блоки, легкий брус и швеллеры, уложенные на поверхности.

Далее специалисту необходимо обратить пристальное внимание на конструкцию стен и кровли, точно определить, как крепятся друг к другу все основные и вспомогательные элементы. Эксперт детально оценивает не только вид, но и состояние несущих и ограждающих конструкций, а также анализирует стыки, соединения, используемые

крепёжные элементы. В том случае, если в строительстве использовались монолитные железобетонные конструкции, кирпичная кладка на цементном или ещё более сложном растворе, а элементы соединены жесткими узлами при помощи сварки или бетонного раствора, строение можно отнести к капитальному. Данный признак позволяет отнести строение к конкретной категории благодаря тому, что без повреждения структуры материала, полного или частичного разрушения, а также нарушения геометрических характеристик каких-либо конструкций и узлов не представляется возможным.

Таким образом, отсутствие разъемных соединений и невозможность демонтажа без применения разрушающих методов: ударные молотки, алмазная резка и механическое дробление - основные технические показатели капитальности объекта.

По данному направлению есть ещё возможные варианты:

- 1) есть возможность разделить объект на отдельные составные блоки или крупные унифицированные узлы;
- 2) присутствуют заводские монтажные петли для строповки;
- 3) используется легкий сборно-разборный каркас из сэндвич-панелей, профилированных стальных листов (профнастила), многослойных деревянных щитов, тканевых мембранных конструкций или полимерных композитных материалов;
- 4) элементы каркаса связываются между собой с помощью болтовых соединений, винтовых зажимов, саморезов, быстросъемных замков или шарнирных фиксаторов.

Все это является прямым признаком некапитального сооружения. Объясняется это тем, что благодаря конструктивным особенностям такого объекта предусматривается техническая возможность разобрать объект на транспортные секции, переместить на новое место, а затем повторно смонтировать в исходном виде (рис. 2).



Фундамент - Поверхностный (лежа, блоки без заглубления, швеллер)
Соединение деталей - Болты, саморезы, замки
Стены - Профлист, легкое дерево, сэндвич-панели
Демонтаж - Можно разобрать на составные блоки
Возможность перемещения - Есть возможность перемещения, петли, стропы
Наличие подвала/цоколя - Отсутствует
Нормативный срок службы - меньше 15 лет

Рис. 2. Критерии некапитального объекта

Первое, что делает эксперт, - отмечает уровень пола первого этажа и планировочную отметку уровня земли, фиксирует наличие разницы высоты между ними. В рамках второго этапа фиксируется наличие или отсутствие подвального или полуподвального помещения, подземного цокольного или технического этажа. Это является обязательным пунктом в обследовании объекта, так как присутствие даже небольшого заглубления может быть признаком капитального строения, ведь из-за подобных конструктивных элементов необходимо проведение серьезных расчетов фундамента на влияние горизонтального и вертикального давления грунта с учетом нагрузки от подземной и надземной части здания. Сюда же относится этажность, так как высота сооружения от трех этажей требует большей устойчивости из-за восприятия нагрузок от ветра и снега, а это обеспечивается заглубленным прочным фундаментом, ко всему прочему, он должен быть рассчитан на длительную эксплуатацию. Еще одним пространственным признаком в пользу категории капитальных сооружений считается жесткая геометрическая неизменяемость, которая обеспечивается основательным междуэтажным перекрытием и его креплением к стенам безразборным способом, например, замоноличиванием. Также при наличии проектно-сметной

документации эксперт проверяет, представлена ли там информация о возможности разборки и перемещения сооружения без его разрушения.

Следующим этапом является определение нормативного срока службы объекта, который зависит от конструктивной схемы и используемых строительных материалов. Это период времени, в рамках которого сооружение можно безопасно эксплуатировать с сохранением всех необходимых характеристик. В данном случае нельзя учитывать степень физического износа, ведь в аварийном состоянии могут находиться как капитальные, так и некапитальные строения. Для удобства в СП 255.1325800.2016 [4] все объекты разделены на пять категорий в зависимости от этого срока. Из них три группы занимают капитальные объекты с нормативным сроком эксплуатации более двадцати пяти лет и две группы некапитальные - их срок службы до пятнадцати - двадцати пяти лет. Группы капитальности и их характеристика представлена ниже:

1 группа. К ней относятся сооружения, в рамках, строительства которых использовались железобетонные конструкции и кирпичная кладка. Эти материалы характеризуются высокой огнестойкостью и длительным сроком эксплуатации (более ста лет). Такими строениями считают многоэтажные, административные и большие общественные объекты.

2 группа. Сюда относят кирпичные и бетонные здания с упрощенной конструктивной схемой, средней степенью огнестойкости и сроком службы от пятидесяти до ста лет. Примером объекта этой группы являются общежития, школы и другие здания социального, культурного и бытового назначения.

3 группа. Здания из смешанных конструкций, бетона, дерева, облегченных материалов вследствие чего фиксируется пониженная огнестойкость и нормативный срок службы от двадцати пяти до пятидесяти лет. К этой категории относятся складские помещения.

4 группа. Сараи, хозпостройки, временные бытовки из облегченных деревянных щитовых конструкций вообще неустойчивых к огню. Ориентировочный период службы составляет от пятнадцати до двадцати пяти лет.

5 группа. Сюда входят торговые и выставочные павильоны, летние кухни и веранды, а также временки. Всё это временные сооружения без капитального фундамента и огнезащиты, вследствие чего нормативный срок службы подобных строений составляет максимум пятнадцать лет. Как показывает практика чаще всего этот период уменьшается до 5-10 лет [10].

Кроме основных признаков, по которым можно практически однозначно отнести объект к правильной категории - капитальной или некапитальной, есть группа косвенных признаков, которые могут, как подтвердить первоначальные выводы, сделанные по конструктивным и пространственным характеристикам, так и заставить начать сомневаться в них и проводить дополнительное исследование. Отдельно такие параметры нельзя оценивать, только в совокупности с прямыми доказательствами. Одним из косвенных признаков является наличие инженерных систем, вид их подключения (постоянное или временное), а также расчет объема потребляемых ресурсов и его сравнение с нормативными требованиями к соответствующему строению. Например, полноценно подведенный водопровод (врезан в центральную магистраль, установлены счетчики и запорная арматура), канализация, подключенная к общей системе, и наличие системы отопления с радиаторами, разводкой труб по помещениям через стены или пол может указывать на капитальность строения. Именно такое подключение инженерных систем сопровождается трудоемкой и длительной установкой, иногда созданием дополнительных отверстий, что и является признаком стационарности и расчета на долгое использование. В помещениях, предназначенных для временного пребывания людей, торговли, хранения товаров, могут быть не подключены никакие коммуникации, или это подключение носит изначально временный характер: вместо полноценной канализации используется накопительный септик

без заглубления в грунт, вода подается по гибким шлангам, а удлинители помогают провести к объекту электричество без кабелей. Данные признаки хоть и являются косвенными, но чаще всего указывают некапитальность объекта.

Заключительным этапом анализа технических критериев является оценка ущерба, который будет причинен во время демонтажа и последующего перемещения в другое место. Кроме конструктивной схемы в этом случае важно обращать внимание на степень физического износа объекта [11]. Если он превышает 40-60%, то есть сооружение имеет признаки начала разрушения: трещины, коррозия металла, искривление несущих конструкций, гниение древесины, прогибы и другие деформации - перенос объекта с одного места на другое становится технически и экономически нецелесообразен. В подобной ситуации даже объекты сборной конструктивной схемы могут быть рассмотрены как неперебазисаемые без особого ущерба, а значит, капитальные.

Таким образом, составление заключения о признании объекта капитальным или некапитальным имеет важное значение, как для собственника, так и для окружающих. Именно поэтому важно грамотно исследовать объект по всем возможным критериям, определить по каждому из них статус строения и сделать вывод только по совокупности всех прямых и косвенных фактов.

Список литературы

1. Сергеева, А. Ю. Анализ решаемых задач при выполнении строительно-технической экспертизы / А. Ю. Сергеева, К. А. Федоровская, Ю. Д. Сергеев, А. С. Гребенников // Строительство и недвижимость. - Воронеж, 2020. №2 (6), С. 130-134.
2. Сергеева, А. Ю. Исследование признаков аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений / А. Ю. Сергеева, Ю. В. Мясичев, Р. Ю. Мясичев, Ю. Д. Сергеев // Сборник научных статей по материалам научно-практической конференции Современные тенденции строительства и эксплуатации объектов недвижимости. - 2017. - С. 218-223.
3. Сергеева, А. Ю. Оценка близости системы к кризисному состоянию / А. Ю. Сергеева, Ю. Д. Сергеев, С. Е. Крупенко // Научно-практический журнал Экономика и менеджмент систем управления. - 2014. - №2.1 (12). - С. 215-218.
4. Мясичев, Ю. В. Прогнозирование строительного производства в системе стратегического планирования / Ю. В. Мясичев, Р. Ю. Мясичев, Ю. Д. Сергеев // Сборник научных статей. Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России - синтез наук в конкурентной экономике. Реферативный сборник статей по материалам VII Международной научно-практической конференции. 2018. - С.11 - 13.
5. Сергеев, Ю. Д. Оптимизация процесса обследования несущих конструкций предаварийных зданий / Ю. Д. Сергеев, А. Ю. Сергеева, А. В. Мищенко, Ю. В. Мясичев, Р. Ю. Мясичев // ФЭС: Финансы. Экономика. 2019. - Т. 16. - №3. - С. 52-56.
6. Мясичев, Ю. В. Разработка модели мониторинга промышленной и экологической безопасности по объективной оценке состояния нагрузок и несущей способности конструкций / Ю. В. Мясичев, А. Ю. Сергеева, Ю. Д. Сергеев, Р. Ю. Мясичев // Строительство и недвижимость. - Воронеж, 2018. - №1-1 (2). - С. 63-67.
7. Сергеева, А. Ю. Исследование обеспечения долговечности несущих конструкций в процессе эксплуатации / А. Ю. Сергеева, Ю. Д. Сергеев, Ю. В. Мясичев, Р. Ю. Мясичев, // Строительство и недвижимость. - Воронеж, 2020. - №2 (6). - С. 124-129.
8. Мясичев, Ю. В. Факторы, воздействующие на технико-эксплуатационное состояние строительных конструкций / Ю. В. Мясичев, А. Ю. Сергеева, Ю. Д. Сергеев, Р. Ю. Мясичев // Строительство и недвижимость. - Воронеж, 2018. - №1-1 (2). - С. 67-74.
9. Мищенко, В. Я. Стохастические алгоритмы в решении многокритериальных задач оптимизации распределения ресурсов при планировании строительно-монтажных работ / В.

Я. Мищенко, Д. И. Емельянов, А. А. Тихоненко, Р. В. Старцев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Сер: Строительство и архитектура - Воронеж, 2012. - №1. - С. 92-97.

10. Мищенко, В. Я. Реконструкция жилого района с элементами внедрения энергоэффективности / В. Я. Мищенко, А. С. Чесноков, Д. А. Андреищев, // Строительство и недвижимость. - 2020. - №1(5). - С. 27-31.

11. Мищенко, В. Я. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций / В. Я. Мищенко, П. А. Головинский, Д. А. Драпалюк // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Сер: Строительство и архитектура. - 2009. - №4. - С. 111-117.

List of references

1. Sergeeva, A. Y. Analysis of solved tasks in the performance of construction and technical expertise / A. Y. Sergeeva, K. A. Fedorovskaya, Yu. D. Sergeev, A. S. Grebennikov // Construction and real estate. Voronezh, 2020. No. 2 (6), pp. 130-134.

2. Sergeeva, A. Yu. Investigation of signs of an emergency state of load-bearing structures of buildings and structures / A. Yu. Sergeeva, Yu. V. Myasishchev, R. Yu. Myasishchev, Yu. D. Sergeev // Collection of scientific articles based on the materials of the scientific and practical conference Modern trends in the construction and operation of real estate objects. - 2017. - pp. 218-223.

3. Sergeeva, A. Yu. Assessment of the proximity of the system to a crisis state / A. Yu. Sergeeva, Yu. D. Sergeev, S. E. Krupenko // Scientific and Practical Journal Economics and Management of Management Systems. - 2014. - №2.1 (12). - pp. 215-218.

4. Myasishchev, Yu. V. Forecasting of construction production in the system of strategic planning / Yu. V. Myasishchev, R. Yu. Myasishchev, Yu. D. Sergeev // Collection of scientific articles. Problems of modern economic, legal and natural sciences in Russia - synthesis of sciences in a competitive economy. Abstract collection of articles based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference. 2018. - pp. 11-13.

5. Sergeev, Yu. D. Optimization of the process of inspection of load-bearing structures of pre-emergency buildings / Yu. D. Sergeev, A. Yu. Sergeeva, A.V. Mishchenko, Yu. V. Myasishchev, R. Yu. Myasishchev // FES: Finance. Economy. 2019. - Vol. 16. No. 3.- pp. 52-56.

6. Myasishchev, Yu. V. Development of a model for monitoring industrial and environmental safety based on an objective assessment of the state of loads and bearing capacity of structures / Yu. V. Myasishchev, A. Yu. Sergeeva, Yu. D. Sergeev, R. Yu. Myasishchev // Construction and real estate. - Voronezh, 2018. - No. 1-1 (2). - pp. 63-67.

7. Sergeeva, A. Yu. Research of ensuring the durability of load-bearing structures during operation / A. Yu. Sergeeva, Yu. D. Sergeev, Yu. V. Myasishchev, R. Yu. Myasishchev, // Construction and real estate. - Voronezh, 2020. - No. 2 (6). - pp. 124-129.

8. Myasishchev, Yu. V. Factors affecting the technical and operational condition of building structures / Yu. V. Myasishchev, A. Yu. Sergeeva, Yu. D. Sergeev, R. Yu. Myasishchev // Construction and real estate. - Voronezh, 2018. - No. 1-1 (2).- pp. 67-74.

9. Mishchenko, V. Ya. Stochastic algorithms in solving multi-criteria optimization problems of resource allocation in planning construction and installation works / V. Ya. Mishchenko, D. I. Yemelyanov, A. A. Tikhonenko, R. V. Startsev // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Ser: Construction and Architecture - Voronezh, 2012. - №1. - pp. 92-97.

10. Mishchenko, V. Ya. Reconstruction of a residential area with elements of energy efficiency implementation / V. Ya. Mishchenko, A. S. Chesnokov, D. A. Andreishchev // Construction and real estate. - 2020. - №1(5). - pp. 27-31.

11. Mishchenko, V. Ya. Forecasting the rates of depreciation of the housing stock on the basis of monitoring defects in building structures / V. Ya. Mishchenko, P. A. Golovinsky, D. A. Drapalyuk // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Ser: Construction and Architecture. - 2009. - No. 4. - pp. 111-117.

УДК 72.025.4:69.059.35(902.34)

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНОЙ РЕСТАВРАЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ XIX ВЕКА

В. А. Ткаченко, Б. А. Мальцев

Ткаченко Виктория Александровна, *Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и графики, E-mail: vitazdes@yandex.ru*

Мальцев Богдан Александрович, *Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, студент гр. С-253, E-mail: bogyamaltsev@gmail.com*

Аннотация: в данной работе рассмотрены особенности инженерной реставрации памятника архитектуры на примере храма святителя Тихона Задонского Ровеньского района Белгородской области. Подняты проблемы сохранения и продления срока жизни объектов культурного наследия. Оценка технического состояния конструкций храма проводилась по визуальным признакам. Выявленные дефекты свидетельствуют о незначительном снижении несущей способности и долговечности конструкций храма, что даёт основания признать храм работоспособным, и необходимость проведения инженерной реставрации. Приведён пример использования данных космических снимков высокого разрешения в реальном времени для целей построения плана и фасадов с использованием различных проектируемых архитектурных программ по типу FreeCAD (NanoCAD). Выдвинуты предложения в предпочтении методов инженерной реставрации при восстановлении кладки стен старинного красного кирпича.

Ключевые слова: инженерная реставрация, памятник архитектуры, техническое состояние, дистанционное зондирование, конструкции храма, дефекты.

FEATURES OF ENGINEERING RESTORATION OF ARCHITECTURAL MONUMENTS OF THE XIX CENTURY

V. A. Tkachenko, B. A. Maltsev

Tkachenko Victoria Aleksandrovna, *Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Descriptive Geometry and Graphics, E-mail: vitazdes@yandex.ru*

Maltsev Bogdan Aleksandrovich, *Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, student gr. C-253, E-mail: bogyamaltsev@gmail.com*

Abstract: this work considers the features of the engineering restoration of the architectural monument on the example of the Church of St. Tikhon Zadonsky Rivne district of the Belgorod region. The problems of preserving and extending the life of cultural heritage sites have been raised. Assessment of the technical condition of the temple structures was carried out by visual signs. The identified defects indicate a slight decrease in the bearing capacity and durability of the temple structures, which gives reason to recognize the temple as workable, and the need for engineering restoration. An example of using these high-resolution space images in real time for the purpose of building a plan and facades using various designed architectural programs like FreeCAD (NanoCAD) is

given. Proposals have been put forward in preference to engineering restoration methods when restoring the masonry walls of ancient red bricks.

Keywords: engineering restoration, architectural monument, technical condition, remote sensing, temple structures, defects.

Вопрос сохранения памятников архитектуры традиционно рассматривается как необходимый инструмент регенерации городской среды. Необходимость реставрации памятников архитектуры в их первоначальном виде позволяет сохранить культурное наследие страны, которые в рамках исторических событий подверглись разрушению из-за естественных процессов старения или воздействия других факторов. В Российской Федерации правовые аспекты сохранения памятников архитектуры, в том числе старых храмов, регламентируются Федеральным законом от 25.06.2002 №73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры)» [1] и реализуются за счет инженерной реставрации.

Инженерная реставрация представляет собой комплекс мероприятий по восстановлению и поддержанию функционирования памятника архитектуры. Задачами инженерной реставрации является диагностирование причин разрушения памятника, учёт различных факторов на сохранность грунтов основания, несущих конструкций и сохранение структуры его элементов. Основными видами работ, которые относят к инженерной реставрации являются: укрепление оснований и фундаментов, усиление основных несущих конструкций, меры по борьбе с влажностью, биологическая защита, структурное укрепление старых материалов.

Применительно к реставрации памятников архитектуры используют такие традиционные методы: метод «вычинки» (замена разрушенных фрагментов аналогичными по размеру, оттенку и текстуре); метод инъектирования (усиление конструкции изнутри путём заполнения кладочным раствором пустот кладки); метод докомпановок (воссоздание декоративных элементов из старинного кирпича вручную без добавления цемента); метод усиления фасадов металлическими конструкциями; методы прокладки инженерных сетей.

Как отмечает, Косыгин Е. В. основными причинами ухудшения состояния старинных храмов является изменение гидрогеологических условий на мега-, макро-, мезо-, мини- и микроуровнях, а также физическое выветривание, коррозия, деструкция материалов. Косыгин Е. В. отмечает, что основной проблемой инженерной реставрации является несовместимость современных материалов и технологий с древними, которые не позволяют повторить подлинность ранее существующего сооружения. Исследования древнерусских строительных растворов, проведённые Косыгиным Е. В., подтверждают его утверждения о том, что ранее строительные материалы были более вяжущими за счёт известковых растворов, содержание гашеной извести, в которых доходила от 30 до 60% массы раствора при кладке стен. В качестве заполнителей для увеличения прочности материалов в древнерусских растворах применяли толчёный кирпич (фракции более 2-3 мм в настенных конструкциях и крупные более 5 мм в фундаментных конструкциях, в процентном соотношении это составляло соответственно 8-25% и 40-55%), песок, толчёный известняк (3-10% в растворе), частицы (зёрна) недожога извести (3-18%). Для уменьшения жирных свойств извести добавлялась глина, чтобы придать материалу большую гидравличность в пропорции 1:0,4 (1:3 для жирной извести). Косыгин Е. В., рекомендует, чтобы приблизиться к подлинности древних строительных технологий, необходимо использовать при реставрации известково-песчаный раствор [2].

Кутоков А. А. отмечает важность культурного слоя на сохранность памятников архитектуры при их реставрации, для защиты которых рекомендует применять горизонтальную и вертикальную гидроизоляции [3].

Василенко Н. А., Коренькова Г. В. в своих исследованиях реставрационной деятельности храмов, рекомендуют выявлять специфику объемно-пластическую модель

архитектурных форм для установления архитектурного стиля как главную задачу проекта реставрации [4].

В настоящее время, в практике реставрации все чаще прибегают к использованию цифровых технологий, например 3D-сканирования зданий и сооружений для документирования состояния памятника архитектуры.

Так исследования, проведенные Мамоновой С. А. по применению виртуальной реставрации, показали, что за основу можно брать различные графические и визуальные источники (панорамы на космоснимках, фотографии различных лет и т.п.), которые при их наложении в компьютерных программах дают информацию о параметрах строений, которые в свою очередь служат основой для построения основной геометрии строений и их конструкций [5].

Тлепов Д. К., отмечает, что периодическая аэрофотосъемка и мониторинг строительных объектов, позволяют получать высококачественные фото- и видеоматериалы с воздуха в разные временные сроки, что способствует выявлению недостатков при строительстве и реконструкции строительных объектов [6].

В области инженерной реставрации храмов в настоящее время также внедряется технология лазерного сканирования на основе данных дистанционного зондирования или использования беспилотных летательных систем. Данные исследования позволяют создать точные 3D-модели сооружений, подготовить обмерные чертежи и использовать полученную информацию для проектирования реставрационных работ [7, 8].

Для реставрационных проектов памятников архитектуры, можно использовать данные космических снимков с высоким разрешением и с помощью таких программ, как NanoCAD, «ЛИРА-САПР», Revit, AutoCAD, «Компас-3D» и ряда других, восстановить геометрию храма, автоматизировать расчёты и генерировать проектную документацию, а также при необходимости провести расчёт на прочность и устойчивость различных типов конструкций [9-12].

Эффективность обозначенных подходов к сохранению и восстановлению памятников архитектуры напрямую зависит от их адаптации к локальному контексту. В связи с этим обратимся к анализу конкретного объекта - каменного храма святителя Тихона Задонского (1862 года постройки, расположенная в с. Нижняя Серебрянка Ровеньского района).

Согласно, справочной книге духовенства Воронежской епархии [13], в 1862 году в слободе Нижняя Серебрянка была построена деревянная церковь в честь Святого Тихона Задонского, она называлась Тихоновская. Число душ в приходе: мужских составляло 679, женских - 619, по состоянию на 1893 год, по состоянию на 1900 год: мужских - 687, женских - 671 [14]. В пределах церкви имелось тридцать три десятины земли при церкви [15]. В 1930-е годы церковь была закрыта, разграблена и частично разрушена (рис. 1). Послевоенные годы церковь стояла в полуразрушенном состоянии, в советское время использовалась под склад в начале для хранения зерна, а позже под химические удобрения. Больше никаких данных по истории храма святителя Тихона Задонского не сохранилось.



Рис. 1. Историческая фотография храма святителя Тихона Задонского начала XX века [16]

Архитектурный облик храма Тихона Задонского имеет русско-византийский стиль, фасады оформлены декоративными его элементами (рис. 2.)



Рис. 2. Архитектурный облик храма Тихона Задонского в русско-византийском стиле: а, б) фото фасада храма соответственно с северной и северо-восточной сторон, полученные по результатам японского спутника The Greenhouse Gases Observing Satellite на космическом снимке с использованием 3D - панорамы; в) ситуационный план, полученный с использованием космического снимка (иллюстрация авторов)

В настоящее время, в храме ведутся реставрационные и ремонтные работы, внутри и снаружи храма чётко видны последствия хранения химических удобрений, которыми насквозь пропитаны стены (рис 3). Строительный материал внутренних и наружных стен представлен красным кирпичом, который от давности лет и последствий хранения химических удобрений, имеет рыхлую песчаную структуру и рассыпается от нажатия. Толщина кладки стен составляет 120 см. Старинный красный кирпич не уступает современному и имеет высокие физико-механические характеристики: прочность, морозостойкость, долговечность и цвет. Исследования старинных кирпичей, проведённых

Орданян С. С., подтверждают высокую их прочность, показавших по требованиям ГОСТ 530-2007 марочность М100, М250, а по прочности при изгибе - даже М300. При этом водопоглощение образцов (пористость) оказалась весьма высокая и составляла 13-18%. Морозостойкость старинного кирпича менее 15 циклов. Однако, отмечает Орданян С. С., с учетом того факта, что изученные образцы прослужили в стенах зданий более 100 лет, полученный результат можно считать весьма удовлетворительным [17].



Рис. 3. Современное состояние храма святителя Тихона Задонского: а) фасад храма с северной стороны, вход в храмовую часть; б) состояние красного кирпича кладки стен внутри храма (фото авторов)

Оценка технического состояния кирпичной кладки наружных и внутренних стен храма святителя Тихона Задонского проводилась по визуальным признакам. Трещины и дефекты выявлены по всей высоте храма. Формовка старинного красного кирпича наружных стен потеряла свой первоначальный вид и сильно рассыпается «в песок» от прикосновения. Основные виды деформационных трещин возникли в результате расслоения кладок по материалу кладки и растворным швам, для устранения которых необходимо провести инъекционное укрепление, обязательным условием выполнения которого является температура выше 5°C, и соблюдение основных характеристик: адгезия к кирпичной кладке, подвижность, стойкость к расслоению, прочность. На территории храма отсутствуют сооружения для отвода поверхностного стока, что также является причиной разрушений кирпичной кладки и увлажнения цоколя. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о незначительном снижении несущей способности и долговечности конструкций храма и, в соответствии с ГОСТом Р 55567-2013, техническое состояние фундаментов и стен здания можно признать работоспособным, и выполнять реконструкцию храма святителя Тихона Задонского (рис. 4) [18].

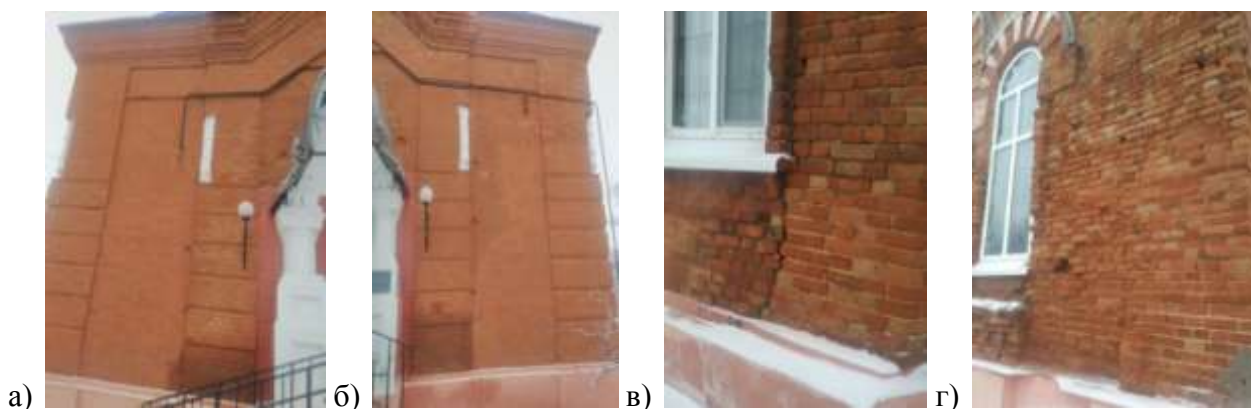


Рис. 4. Развитие дефектов и повреждений в конструкциях фасадных частей храма святителя Тихона Задонского с. Нижняя Серебрянка Ровеньского района: а, б) фасад храма с западной стороны входа в колокольню с дефектами разрушений левой (а) и правой (б) частей конструкций от входа; в, г) дефекты формовки старинных кирпичей в результате физического износа на фасадных восточной (в) и южной (г) частях храма (фото авторов)

Использование данных дистанционного зондирования японского спутника The Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) на космическом снимке высокого разрешения в реальном времени, позволили провести анализ всех особенностей строения фасадов храма святителя Тихона Задонского со всех сторон в раскладке 3D-панорама и определить их размеры. По выраженным дефектам, трещинам конструкций храма, выявленные с помощью мониторинговых исследований по данным космического снимка в согласовании и с благословления протоиерея храма Александра Сербулова были выполнены дополнительные натурные обследования с фотоотчётом. Проведённые исследования и натурные обследования позволили восстановить план храма в соответствии с действующими размерами с использованием программы проектирования FreeCAD, которая автоматически создаёт геометрию объектов из определённого набора параметров. В дальнейших исследованиях авторами планируется воссоздать архитектурные стили фасадов в программном комплексе NanoCAD, что поможет при реализации инженерной реставрации храма святителя Тихона Задонского.

В рамках инженерной реставрации храма Тихона Задонского в процессе каменной кладки следует отдавать предпочтение методам вычинке, докомпоновкам (вставкам), инъекционному укреплению, предусматривающим сохранение их структуры, фактуры внешней поверхности, физико-механических свойств. Так как, камень разрушен частично на локальных участках храма, рекомендуется прибегать к замене только повреждённого участка, вырубая последний и заменяя его вновь изготовленным, то есть, делая вставку в «тело камня». Альтернативой может быть докомпоновка утраты специальным раствором, имеющим достаточную степень адгезии, который при затвердевании приобретает близкие к реставрируемому камню физико-механические свойства. Инъекционное укрепление рекомендуется в тех местах храма, где имеются пустоты, рассечённые трещинами и имеющие швы с утраченным раствором (при замесе раствора необходимо соблюдать правильное взаимодействие таких свойств, как текучесть, адгезия и прочность). Подготовка поверхности должна обязательно включать обеспыливание и обессоливание. Исследования по состоянию стен, показали, большой процент влаги, поэтому необходимо провести работы по гидроизоляции кладок, исключив процесс капиллярного поднятия влаги в кладке обмазочным типом с использованием мастики.

Реализация инженерной реставрации памятника культуры храма святителя Тихона Задонского позволит продлить срок жизни культурному наследию регионального значения Белгородской области, уцелевшего в силу исторических событий до наших дней.

Список литературы

1. Федеральный закон от 25 июня 2002 г. N 73-ФЗ "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации". Электронный ресурс: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/12127232/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 19.03.2026).
2. Косыгин, Е. В. Основы инженерной реставрации и сохранения зданий и сооружений-памятников истории и культуры - на базе экосистемного метода : автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.23.01 / Рос. гос. открыт. техн. ун-т путей сообщ.. Владимир, 2004. - 48 с.
3. Кутуков А.А., Колокольцева Е.Н., Романова Л.С. Инженерные вопросы реставрации. Влияние роста культурного слоя на сохранность объектов культурного наследия на примере каменных храмов города Томска // Вестник ТГАСУ. 2023. №3. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenernye-voprosy-restavratsii-vliyanie-rosta-kulturnogo-sloya-na-sohrannost-obektov-kulturnogo-naslediya-na-primere-kaennyh>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).
4. Василенко Н. А., Коренькова Г. В., Земскова А. О. Стилиевой и пропорциональный архитектурный анализ реконструируемого объекта на примере храма Почаевской иконы божией матери в Г. Белгороде // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2022. - №11. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stilevoy-i-proportsionalnyy-arhitekturnyy-analiz-rekonstruiuemogo-obekta-na-primere-hrama-pochaevskoy-ikony-bozhiey-materi-v-g>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).
5. Мамонова, С. А. Виртуальная реконструкция храма Николая Чудотворца (Лорийская область Армении): исследование объекта культурного наследия русского присутствия в Армении в XIX - XX веках // Историческая информатика. 2023. - № 2. - С. 34-78.
6. Тлепов, Д. К. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве: современные решения и возможности / Д. К. Тлепов. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2024. - № 20 (519). - С. 77-80.
7. Колесникова Л. И., Цветкова Ю. П. Древний белгородский памятник архитектуры "Успенско-Николаевский собор", 1692-1703 годов, - первой половины XIX века // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2019. - №3. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/drevniy-belgorodskiy-pamyatnik-arhitektury-uspensko-nikolaevskiy-sobor-1692-1703-godov-pervoy-poloviny-xix-veka>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).
8. Сергеев, П. В. Виртуальная реконструкция храма Христа Спасителя по проекту А. Витберга / П. В. Сергеев // Архитектура и строительство России. 2015. - № 3(207). - С. 26-33.
9. Максимова, С. В. Архитектурно-строительное обследование церкви Успения Пресвятой Богородицы в Чердыни с применением наземного лазерного сканирования / С.В. Максимова, И.А. Чеклецова, А.А. Шамарина // Architecture and Modern Information Technologies. 2019. - №2(47). - С. 332-345.
10. Князь, В. А. Мониторинг изменений состояния интерьера объектов культурного наследия по данным дистанционного зондирования / В. А. Князь, В. В. Князь, В. А. Мизгинов // Российские нанотехнологии. 2024. - Т. 19. - № 5. - С. 616-624.
11. Гуров М.Б., Сакулина Э.В. Мониторинг состояния объектов культурного наследия и культурных ландшафтов с помощью инструментов дистанционного зондирования // Культурное наследие России. 2020. - №1. [Электронный ресурс]: Режим

доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-obektov-kulturnogo-naslediya-i-kulturnyh-landshaftov-s-pomoschyu-instrumentov-distantsionnogo-zondirovaniya>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).

12. Быков Л.В., Татаурова Л.В., Светлейший А.З. Трехмерная реконструкция археологических памятников и объектов на основе данных дистанционного зондирования и глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник ОмГАУ. 2016. - №3 (23). [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trehmernaya-rekonstruktsiya-arheologicheskikh-pamyatnikov-i-obektov-na-osnove-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-i-globalnyh>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).

13. Справочная книга для духовенства Воронежской епархии. - Воронеж: типография В. И. Исаева, 1990. - 216 с.

14. Справочная книга для воронежского духовенства. Особое приложение к Воронежским Епархиальным Ведомостям за 1900 г. - Воронеж, 1900. - С. 116.

15. Памятная книжка Воронежской губернии на 1893 г. - Воронеж, 1993. - С.113.

16. Ровеньский краеведческий музей. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://uprkult-rov.belregion31.ru/kulturnoe-nasledie/muzej/rovenskij-kraevedcheskij-muzej/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).

17. Орданьян С. С., Пантелеев И. Б., Андреева Н. А. Кирпич старинный и современный: что лучше? // Construction materials. - 2011. - №4. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiprich-starinnyy-i-sovremennyy-cto-luchshe>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).

18. ГОСТ Р 55567-2013 «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования» Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104253>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 04.04.2026).

List of references

1. Federal Law of June 25, 2002 N 73-FZ "On Objects of Cultural Heritage (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation." [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/12127232/>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 03/19/2026).

2. Kosygin, E. V. Fundamentals of engineering restoration and preservation of buildings and structures-monuments of history and culture - on the basis of the ecosystem method: abstract of dis.... Doctors of Technical Sciences: 05.23.01/Ros. state. open. tech. The number of paths reported. Vladimir, 2004. - 48 s.

3. Kutukov A.A., Kolokoltseva E.N., Romanova L.S. Engineering issues of restoration. The impact of the growth of the cultural layer on the preservation of cultural heritage objects on the example of stone churches in the city of Tomsk//Bulletin of TGASU. 2023. №3. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenernye-voprosy-restavratsii-vliyanie-rosta-kulturnogo-sloya-na-sohrannost-obektov-kulturnogo-naslediya-na-primere-kamennyh>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).

4. Vasilenko N. A., Korenkova G. V., Zemskova A. O. Stileva and a proportional architectural analysis of the reconstructed object on the example of the Church of the Pochaev Icon of the Mother of God in Belgorod//Bulletin of the Belarusian State Technical University named after V. G. Shukhov. 2022. - №11. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stilevoy-i-proportsionalnyy-arhitekturnyy-analiz-rekonstruiuemogo-obekta-na-primere-hrama-pochaevskoy-ikony-bozhiey-materi-v-g>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).

5. Mamonova, S. A. Virtual reconstruction of the Church of St. Nicholas the Wonderworker (Lori region of Armenia): research of the cultural heritage site of the Russian presence in Armenia in the 19th - 20th centuries//Historical informatics. 2023. - № 2. - S. 34-78.
6. Tlepov, D.K. The use of unmanned aerial vehicles in construction: modern solutions and capabilities/D.K. Tlepov. - Text: direct//Young scientist. 2024. - № 20 (519). - S. 77-80.
7. Kolesnikova L. I., Tsvetkova Yu. P. Ancient Belgorod architectural monument "Assumption-Nikolaev Cathedral," 1692-1703, - the first half of the XIX century//Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2019. - №3. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/drevniy-belgorodskiy-pamyatnik-arhitektury-uspensko-nikolaevskiy-sobor-1692-1703-godov-pervoy-poloviny-xix-veka>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).
8. Sergeev, P.V. Virtual reconstruction of the Cathedral of Christ the Savior according to the project of A. Vitberg/P.V. Sergeev//Architecture and Construction of Russia. 2015. - № 3(207). - S. 26-33.
9. Maksimova, S.V. Architectural and construction survey of the Church of the Assumption of the Blessed Virgin Mary in Cherdyn using ground-based laser scanning/S.V. Maksimova, I.A. Chekletsova, A.A. Shamarina//Architecture and Modern Information Technologies. 2019. - №2(47). - S. 332-345.
10. Prince, V. A. Monitoring changes in the state of the interior of cultural heritage objects according to remote sensing data/V. A. Prince, V. V. Prince, V. A. Mizginov//Russian nanotechnology. 2024. - VOL. 19. - № 5. - S. 616-624.
11. Gurov M.B., Sakulina E.V. Monitoring the state of cultural heritage sites and cultural landscapes using remote sensing tools//Cultural heritage of Russia. 2020. - №1. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-obektov-kulturnogo-naslediya-i-kulturnyh-landshaftov-s-pomoschyu-instrumentov-distantsionnogo-zondirovaniya>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).
12. Bykov L.V., Tataurova L.V., Svetlaya A.Z. Three-dimensional reconstruction of archaeological sites and objects based on remote sensing data and global navigation satellite systems//Vestnik OmGAU. 2016. - №3 (23). [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trehmernaya-rekonstruktsiya-arheologicheskikh-pamyatnikov-i-obektov-na-osnove-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-i-globalnyh>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).
13. Reference book for the clergy of the Voronezh diocese. - Voronezh: printing house of V.I. Isaev, 1990. - 216 s.
14. Reference book for the Voronezh clergy. A special appendix to the Voronezh Diocesan Vedomosti for 1900 - Voronezh, 1900. - S. 116.
15. Memorial book of the Voronezh province for 1893 - Voronezh, 1993. - S.113.
16. Rivne Museum of Local Lore. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://uprkult-rov.belregion31.ru/kulturnoe-nasledie/muzej/rovenskij-kraevedcheskij-muzej/>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).
17. Ordanyan S. S., Panteleev I. B., Andreeva N. A. The brick is old and modern: what is better ?//Construction materials. - 2011. - №4. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kirpich-starinnyy-i-sovremennyy-chto-luchshe>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).
18. GOST R 55567-2013 "Procedure for organizing and conducting engineering and technical research at cultural heritage sites. Historical and cultural monuments. General requirements" Electronic fund of legal and regulatory technical documents. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104253>, Zagl. From the screen. - Yaz. rus. (accessed on: 04/04/2026).

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 72.025.5

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ РУИНИЗИРОВАННЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. Н. Гойкалов, И. Е. Спивак, Е. А. Незнамова, Е. А. Гойкалова

Гойкалов Андрей Николаевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений им. Н. В. Троицкого, E-mail: goykalov78@mail.ru

Спивак Ирина Евгеньевна, Воронежский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: spivak_ie@mail.ru.

Незнамова Екатерина Алексеевна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. МИПЗ-252, E-mail: ensomnia02@gmail.com

Гойкалова Екатерина Андреевна, Воронежский государственный технический университет, студент гр. БРАН-211, E-mail: kgoikalova@mail.ru

Аннотация: в статье исследуются особенности моделирования жизненного цикла специфической категории недвижимости - руинизированных сооружений, полностью утративших первоначальную эксплуатационную функцию. На примере уникального инженерного объекта маяка «Анива» (Сахалинская область) подробно рассмотрено критическое несоответствие классических строительных подходов к оценке физического износа реальному потенциалу сохранения исторических памятников. Теоретически обосновано деструктивное влияние процессов сульфатной коррозии и карбонизации железобетонного массива в условиях агрессивной морской среды, доказывающее экономическую нецелесообразность традиционного ремонта. Проведен сравнительный анализ жизненного цикла промышленных объектов и памятников деревянного зодчества с фиксацией точек их биологического невозврата. На основе полученных закономерностей предложена и детально описана альтернативная восьмиступенчатая модель управления, ориентированная на бережную консервацию, изменение юридического статуса здания, его музеефикацию и последующую безопасную интеграцию руины в современный культурно-туристический контекст региона.

Ключевые слова: руинизированные сооружения, жизненный цикл, маяк «Анива», консервация, деревянное зодчество.

LIFECYCLE OF RUINIZED STRUCTURES

A. N. Goykalov, I. E. Spivak, E. A. Neznamova, E. A. Goykalova

Goykalov Andrey Nikolaevich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the N. V. Troitsky Department of Building and Structure Design, E-mail: goykalov78@mail.ru

Spivak Irina Evgenievna, Voronezh State Technical University, Senior Lecturer at the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: spivak_ie@mail.ru.

Neznamova Ekaterina Alekseevna, Voronezh State Technical University, Master's student, group mIPZ-252, E-mail: ensomnia02@gmail.com

Goykalova Ekaterina Andreevna, Voronezh State Technical University, student of group bRAN-211, E-mail: kgoikalova@mail.ru

Abstract: the article explores the specific features of lifecycle modeling for a distinct category of real estate - ruined structures that have completely lost their original operational function. Using the unique engineering site of the "Aniva" lighthouse (Sakhalin Region) as a case study, the author examines the critical inconsistency between classical construction approaches to obsolescence assessment and the actual preservation potential of historical monuments. The destructive impact of sulfate corrosion and carbonation processes on the reinforced concrete massif under aggressive marine environments is theoretically substantiated, proving the economic impracticality of traditional repair methods. A comparative analysis of the lifecycle of industrial objects and monuments of wooden architecture is carried out, fixing the points of their biological non-return. Based on the revealed regularities, an alternative eight-stage management model is proposed and described in detail, focusing on gentle conservation, changing the legal status of the building, its museumification, and subsequent safe integration of the ruin into the modern cultural and tourism context of the region.

Keywords: ruined structures, lifecycle, "Aniva" lighthouse, conservation, wooden architecture.

Любой объект недвижимости в процессе своего существования проходит через классические стадии: проектирование, возведение, эксплуатация и ликвидация (или масштабная реконструкция). Однако в инженерной и реставрационной практике существует особые объекты, которые выпадают из этой стандартной схемы. Речь идет о руинизированных сооружениях. Зачастую они полностью утрачивают свою утилитарную функцию, обладают критическим уровнем разрушения, но при этом сохраняют колоссальную историческую, архитектурную или эстетическую ценность, выступая ландшафтными доминантами.

Традиционные девелоперские подходы, ориентированные на максимизацию коммерческой прибыли и расчет чистого дохода, здесь неприменимы. Попытки «восстановить, как было» или полностью перестроить такие сооружения часто приводят к уничтожению их подлинности. В связи с этим возникает необходимость формирования альтернативных моделей управления жизненным циклом, где финальной точкой становится не снос или новое строительство, а консервация объекта в состоянии руины с последующим изменением его функционального назначения.

Для обоснования специфики жизненного цикла руинизированных объектов был проанализирован маяк «Анива», расположенный в экстремальных климатических условиях Сахалинской области. Построенный в 1939 году из железобетона и кирпича, объект долгие годы подвергался штормовым, ветровым и сейсмическим нагрузкам [1].

Чтобы определить границы применимости стандартных строительных методик, была проведена оценка технического состояния сооружения. Классический расчет по конструктивным элементам показал парадоксальный результат (см. табл. 1).

Таблица 1

Расчет физического износа по конструктивным элементам

№	Конструктивный элемент	Удельный вес, % (примерный)	Описание состояния (на основе отчетов и фото)	Оценка износа, %	Физ. износ, %
1	Фундаменты	15 - 20%	Подмывание волнами, абразивное воздействие льда/камней. Сейсмика.	75 - 85%	16
2	Стены и фасады	25 - 30%	Трещины, сколы бетона, коррозия арматуры, циклы заморозания.	80 - 90%	25.5
3	Внутренние конструкции	10 - 15%	Полное разрушение интерьеров, отсутствие окон/дверей, мародерство.	90 - 95%	13.5
4	Перекрытия	10 - 15%	Разрушение бетона, коррозия закладных деталей, риск обрушения.	80 - 90%	12.75
5	Крыша	5 - 10%	Максимальные ветровые нагрузки, коррозия каркаса, повреждения.	85 - 95%	9
6	Оконные/дверные заполнения	5%	Полное отсутствие.	100%	5
7	Инженерные системы	15 - 20%	Оборудование демонтировано или уничтожено коррозией.	100%	20
8	Дальность действия оптики	5%	Оборудование отсутствует.	100%	5
-	Суммарный физический износ				106,75 %

Физический износ, превышающий 100%, технически свидетельствует об абсолютной потере несущей способности [2]. На практике реальный диапазон разрушений составляет 85-95%, что переводит объект в статус капитальной руины.

Оценка деструктивных процессов железобетонного массива башни маяка требует отдельного физико-химического обоснования. Зафиксированный критический износ конструкций вызван не просто механическим воздействием штормовых волн, а непрерывной химической агрессией среды. Морская вода, проникая в пористую структуру бетона, насыщает его сульфатами и хлоридами. В условиях постоянных циклов заморозания и оттаивания это запускает процесс так называемой «сульфатной коррозии». Кристаллы солей разрастаются внутри пор, создавая внутреннее давление, которое буквально разрывает защитный слой бетона снаружи.

Разрушений защитного слоя бетона приводит к обнажению стальной арматуры. Окисление металла приводит к увеличению его объема в 2-3 раза, что вызывает появление глубоких радиальных и продольных трещин по всему периметру восьмигранной башни. В условиях постоянного увлажнения неизбежно активизируется процесс карбонизации бетона в зоне цоколя, что приводит к критическому снижению уровня его pH и лишает арматурный каркас естественной щелочной защиты. Традиционный ремонт цементно-песчаными смесями в таких условиях абсолютно бесполезен: свежий раствор будет отторгнут разрушенным основанием в первую же зимнюю навигацию. Это подтверждает, что физическое восстановление первоначальных несущих характеристик стандартными строительными методами экономически нецелесообразно.

Параллельно фиксируется критический уровень морального износа. Его первая форма (экономическая) измеряется в районе 40-50%. Подобная ситуация продиктована удаленным расположением объекта и его сложной логистической цепочкой. Финансовые вложения в точечную реставрацию маяка до его исходного состояния окажутся выше, чем возведение современного маршрутного комплекса для навигации. Так же технологический износ (второго рода) фактически достиг 90-95%. С развитием спутниковых систем в постоянном нахождении человека на маяках отпала, к тому же на объекте полностью отсутствует автоматика, а также базовые условия для жизнедеятельности персонала.

Из этого следует, что стандартный жизненный цикл маяка в роли мобильного гидротехнического объекта подошел к концу. Но его ценность как исторического памятника инженерной мысли диктует необходимость перехода к принципиально новому консервационному этапу [3].

Важная противоположность заключается в том, что особенность управления жизненным циклом таких сложных (разрушенных) объектов характерна не только для промышленных построек из камня или железобетона. В еще более уязвимом положении находятся памятники деревянного зодчества нашей страны, включая старинные северные храмы, усадебные комплексы и промысловые сооружения [4]. В отличие от железобетона маяка «Анива», древесина подвержена не просто эрозии, а стремительному гниению и огнеопасности, из-за чего их физический износ протекает по нелинейной кривой. При достижении руинированного состояния деревянные постройки часто невозможно законсервировать «как есть» под открытым небом без устройства защитных навесов-футляров или полной переборки (перевеса) конструкций. Интересным подходом к сохранению руин деревянного зодчества Русского Севера в данном контексте следует считать работы проекта «Общее дело. Возрождение деревянных храмов Севера». В рамках этого проекта силами добровольцев и привлеченных профильных специалистов проводятся экстренные противоаварийные и консервационные мероприятия, позволяющие остановить негативное воздействие природных факторов на аварийные объекты. Согласно натурным исследованиям, за 19 лет существования проекта „Общее дело“ было проведено более 620 экспедиций, в ходе которых обследовано более 360 храмов и часовен, а на 205 объектах выполнены экстренные противоаварийные и консервационные работы. Тем не менее, методологический принцип работы с ними схож ключевой задачей становится фиксация остатков аутентичного материала и включение их в локальные туристические кластеры, что продлевает их ЖЦ в новом качестве.

Анализируя специфику деревянных руин в сравнении с бетонным массивом «Анивы», важно разграничить физику их ЖЦ. Если деструкция бетона на Сахалине во многом привязана к климатическим циклам и механическому износу, то жизненный цикл заброшенного деревянного храма на Русском Севере критически зависит от биологического фактора. Утрата кровельного покрытия моментально приводит к замачиванию верхних венцов сруба. В условиях плохой вентиляции это провоцирует лавинообразное развитие дереворазрушающих грибов и колоний жуков. Физический износ древесины, в отличие от камня, имеет выраженные точки невозврата: если деструкция бетона идет относительно линейно, то потеря прочности деревянной балки при загнивании происходит практически мгновенно после разрушения защитной текстуры.

Различается и логика консервационных вмешательств. Консервация железобетона направлена на гидрофобизацию и укрепление поверхностей. Консервация же дерева требует создания так называемой «динамической защиты». Установка временных кровель, подпорных систем и стяжка стен сжимами. Это меры, временно изолирующие объект от внешней среды. Опыт деревянного зодчества показывает, что ключевым элементом выживания руины становится фактор времени: скорость проведения противоаварийных работ должна опережать скорость биологического распада материала. Без этого интеграция

объекта в туристический оборот станет физически невозможной из-за угрозы внезапного обрушения.

На основе примера маяка «Анива» структурирована циклическая модель управления, состоящая из 8 взаимосвязанных этапов (от 0 до 7), направленная на сохранение подлинности через бережную консервацию (рис. 1) [5].

- **Этап 0. Определение стратегии.** Базовый шаг, меняющий философию проекта. Вместо коммерческого восстановления функции утверждается концепция «консервации в состоянии руины». Сооружение переосмысливается как пространственный монумент и ландшафтная доминанта.

- **Этап 1. Исследование и анализ.** Комплексный сбор данных: от изучения архивных японских чертежей 1939 года до химического анализа состава бетона, подвергшегося многолетней агрессивной атаке морской соли.

- **Этап 2. Определение параметров сохранения.** Юридическое и физическое закрепление охраняемых элементов. Для «Анивы» это геометрия округлой (восьмигранной) башни, ее органическая интеграция в естественную скалу и патина времени на фасадах.

- **Этап 3. Детальное обследование.** Инженерный мониторинг деструктивных процессов. Выявление аварийных участков, зон раскрытия сквозных трещин и расчет остаточной прочности скального основания.

- **Этап 4. Определение вмешательства.** Разработка проекта консервации, основанного на принципе минимального воздействия. Исключаются работы по остеклению, монтажу новых перекрытий или крыши. Внимание фокусируется на инъектировании трещин специализированными цементными составами, укреплении маршей и организации безопасных смотровых зон.

- **Этап 5. Физическое вмешательство.** Самый трудоемкий этап, осложненный экстремальной географией. Требуется организации вахтового метода работы, привлечения промышленных альпинистов и сложной логистики доставки материалов по воде в условиях частых штормов.

- **Этап 6. Передача объекта.** Смена балансодержателя. Объект выводится из ведения навигационных служб и передается профильному оператору: государственному музею-заповеднику или структурам туристического кластера региона.

- **Этап 7. Эксплуатация и будущее.** На этом этапе руина начинает жить заново в качестве ключевой точки регионального туристического маршрута. Параллельно запускается непрерывный цикл мониторинга технического состояния, который при обнаружении новых деструктивных процессов возвращает систему к этапу пересмотра поддерживающих мероприятий.

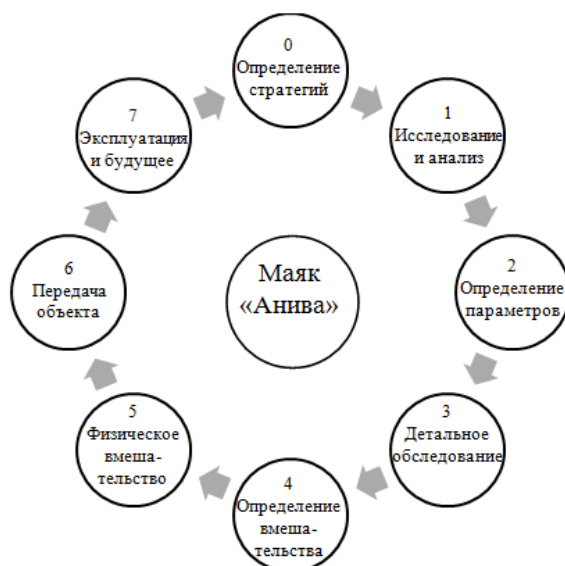


Рис. 1. Схема жизненного цикла маяка «Анива»

Исследование жизненного цикла руинизированных сооружений на примере маяка «Анива» доказывает, что достижение объектом критического физического и морального износа не должно автоматически приводить к его списанию и ликвидации. Своевременный перевод сооружения в консервационную модель жизненного цикла позволяет превратить процесс разрушения в осязаемую часть истории, сохранив архитектурную аутентичность. Предложенный алгоритм управления может быть масштабирован на иные уникальные инженерные и архитектурные объекты, находящиеся в аварийном состоянии, обеспечивая их безопасную интеграцию в современную социокультурную среду.

Внедрение предложенной модели на практике требует принципиально нового подхода к мониторингу состояния объектов после их консервации. Переход руины на финальный этап интеграции в туристическую среду не означает остановку деструктивных процессов. Напротив, появление антропогенной нагрузки (постоянный поток туристов) может ускорить износ отдельных узлов сооружения. Из этого вытекает необходимость создания непрерывной системы инженерного контроля, работающей по принципу обратной связи.

Подводя итог, можно утверждать, что экономическая эффективность консервации руинизированных сооружений не может оцениваться стандартными методами обесценивания денежных потоков или сроками окупаемости капитальных вложений. Главный эффект здесь носит социальный и репутационный характер. Сохранение таких знаковых объектов, как маяк «Анива», формирует уникальный культурный код территории, капитализирует региональные туристические бренды и спасает от полного исчезновения подлинные свидетельства инженерной истории, ценность которых с годами будет только расти.

Список литературы

1. Хахулина, Л. В. Забытый маяк: ностальгическое путешествие на мыс Анива (о. Сахалин) / Л. В. Хахулина, П. А. Абаньшин // Современные проблемы сервиса и туризма. - 2021. - Т. 15, № 3. - С. 45 - 53.
2. Ерина, А. П. Современные аспекты консервации и реставрации памятников архитектурного наследия / А. П. Ерина, С. Ю. Сергеева // Вопросы науки и образования. - 2019. - № 32 (82). - С. 130 - 134.

3. Булавина, М. А. Памятники культурного наследия и исторические здания: работы по консервации и реконструкции / М. А. Булавина, М. А. Манаев // Вестник евразийской науки. - 2020. - № 3. - С. 28.

4. Гойкалов, А. Н. Архитектурные и конструктивные решения культовых сооружений Русского Севера / А. Н. Гойкалов // Инженерные системы и сооружения: научный журнал. - 2025. - № 3 (61). - С. 37 - 47.

5. Гельфонд, А. Л. Архитектурная типология в аспекте жизненного цикла здания / А. Л. Гельфонд // Academia. Архитектура и строительство. - 2011. - № 2. - С. 40 - 47.

List of references

1. Khakhulina, L. V. Forgotten lighthouse: a nostalgic trip to Cape Aniva (Sakhalin Island) / L. V. Khakhulina, P. A. Abanshin // Sovremennye problemy servisa i turizma. - 2021. - Vol. 15, No. 3. - Pp. 45-53.

2. Erina, A. P. Modern aspects of conservation and restoration of architectural heritage monuments / A. P. Erina, S. Yu. Sergeeva // Voprosy nauki i obrazovaniya. - 2019. - No. 32 (82). - Pp. 130-134.

3. Bulavina, M. A. Cultural heritage monuments and historical buildings: conservation and reconstruction works / M. A. Bulavina, M. A. Manaev // Vestnik evrazijskoj nauki. - 2020. - No. 3. - P. 28.

4. Goykalov, A. N. Architectural and structural solutions of religious buildings of the Russian North / A. N. Goykalov // Inzhenernye sistemy i sooruzheniya: nauchnyj zhurnal. - 2025. - No. 3 (61). - Pp. 37-47.

5. Gelfond, A. L. Architectural typology in the aspect of the building life cycle / A. L. Gelfond // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. - 2011. - No. 2. - Pp. 40-47.

УДК 69.059.4

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ В РАМКАХ СУДЕБНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

М. Г. Добросоцких, Н. М. Боев, Д. С. Кобыляцкий

Добросоцких Максим Геннадьевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: dobrmax@yandex.ru

Боев Николай Максимович, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мСЭН-241, E-mail: 2070502@mail.ru

Кобыляцкий Данил Сергеевич, Воронежский государственный технический университет, аспирант гр. аОС-24, E-mail: koba0010@mail.ru

Аннотация: в тексте статьи определяются недостатки действующей нормативно-технической документации по определению физического износа объектов недвижимости в рамках судебной строительной экспертизы. Проанализированы положения отменённой Методики 1970 г. №404 и действующего СП 547.1325800.2025. Выявлены ключевые недостатки современной методики, а также противоречия с другими нормативными документами. Авторами предложен комплекс мер по совершенствованию СП, включающий введение количественных и стоимостных критериев износа, унификацию определений, формализацию влияния критических признаков, обеспечение прозрачности исходных данных и установление соответствия с категориями технического состояния по ГОСТ. Сделан вывод о том, что реализация предложенных усовершенствований позволит повысить объективность, воспроизводимость и доказательственную ценность экспертных заключений для целей судебной строительной экспертизы.

Ключевые слова: судебная строительная экспертиза, физический износ, количественная оценка износа.

IMPROVING METHODS OF DETERMINING THE PHYSICAL DEGRADATION OF REAL ESTATE IN THE COURSE OF FORENSIC BUILDING EXPERTISE

M. G. Dobrosotskikh, N. M. Boev, D. S. Kobylatsky

Maxim Gennadievich Dobrosotskikh, Voronezh State Technical University, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Technology, Construction Organization, Real Estate Expertise and Management, Email: dobrmax@yandex.ru

Boev Nikolai Maksimovich, Voronezh State Technical University, Master's degree in mSEN-241, E-mail: 2070502@mail.ru

Kobylatsky Danil Sergeevich, Voronezh State Technical University, PhD student, aOS-24, E-mail: koba0010@mail.ru

Abstract: the article identifies the shortcomings of the current regulatory and technical documentation for determining the physical deterioration of real estate objects as part of a forensic construction examination. The provisions of the repealed 1970 Methodology No. 404 and the current SP 547.1325800.2025 are analyzed. Key shortcomings of the current

methodology, as well as inconsistencies with other regulatory documents, are identified. The authors propose a set of measures to improve the SP, including the introduction of quantitative and cost criteria for depreciation, standardization of definitions, formalization of the impact of critical indicators, ensuring transparency of source data, and establishing compliance with technical condition categories according to GOST. It is concluded that the implementation of the proposed improvements will improve the objectivity, reproducibility, and evidentiary value of expert opinions for the purposes of forensic construction expertise.

Keywords: forensic construction expertise, physical depreciation, quantitative assessment of depreciation.

В структуре судебной строительной экспертизы одним из критических этапов выступает стоимостная или процентная оценка степени утраты объектом капитального строительства своих функциональных и эксплуатационных характеристик. До 19 декабря 2024 г. основополагающим нормативно-методическим документом, регламентировавшим порядок решения данной задачи в РСФСР, была методика, которая определяет физический износ зданий [1].

В соответствии с Методикой [1], физический износ - потеря строительным элементом, системой сетей или зданием изначальных заданных характеристик - прочности, безопасности, каркасной жесткости. Основными факторами являются воздействия перепадов температур и последствия эксплуатации. Физический износ на момент его определения выражается как отношение стоимости объективно необходимых ремонтно-восстановительных мероприятий, обеспечивающих устранение выявленных повреждений конструкции, элемента, системы или здания, к цене полноценного ремонта всех конструкций [2].

С изданием приказа Минстроя России от 19.12.2024 № 883/пр вышеупомянутая методика 1970 года утратила законную силу на всей территории Российской Федерации [1].

В качестве ее замены введен в действие СП 547.1325800.2025, утвержден приказом Министерства строительства и ЖКХ Российской Федерации от 22 сентября 2025 г. № 569/пр и вступивший в силу с 23 октября 2025 г., СП не только регламентирует методику исчисления физического износа в процентном выражении, но и устанавливает обязательный характер проведения капитального ремонта общего имущества в МКД. Правовую базу для принятия подобного решения составляет отчет по инструментальному обследованию технического состояния жилого многоквартирного здания. Ключевыми целями данной проверки являются: разработка или обновление региональных планов капитального ремонта (осуществляемых на базе средств фондов капремонта), а также установление приоритетности проведения восстановительных работ в конкретном МКД [3].

Отмена Методики 1970 года [1], таким образом, порождает правовую неопределенность в части количественной (стоимостной) оценки физического износа объектов капитального строительства.

Вместе с тем для целей судебной строительной экспертизы принципиальное значение имеет не только методология расчета износа, но и однозначное определение объектов, которые могут выступать предметом экспертного исследования. Иначе говоря, прежде чем определять величину физического износа, требуется установить, относится ли исследуемый объект к категории недвижимого имущества, поскольку именно для недвижимости количественная оценка износа приобретает правовое и экономическое значение в рамках судопроизводства.

В соответствии со ст. 130 Гражданского кодекса РФ [4], в число недвижимости включены жилые и нежилые помещения, а также машино-места - то есть конструктивно выделенные части зданий, предназначенные для стоянки автомобилей, но лишь при условии, что их границы официально зафиксированы в порядке, установленном кадастровым учётом.

Основной квалифицирующий признак подобных объектов - невозможность их переноса без причинения непропорционально большого ущерба их изначальному назначению. К недвижимым вещам относят земельные наделы, участки недр и любые объекты, прочно связанные с землёй. Сюда же относятся здания, различные сооружения и объекты, строительство которых не завершено.

Следовательно, после установления того факта, что конкретный объект (здание, сооружение, помещение либо машино-место) соответствует признакам недвижимого имущества, перечисленным в ст. 130 ГК РФ [4], перед судом или следователем неизбежно возникает вопрос о его фактическом техническом состоянии - степени сохранности, наличии дефектов и, как производное, о величине физического износа. Разобраться в этом вопросе, равно как и в иных ситуациях, где нужны профессиональные знания в области строительства, способен лишь компетентный эксперт. Соответствующее процессуальное действие в гражданском, арбитражном или уголовном процессе носит название судебной экспертизы,

В российском судопроизводстве судебной экспертизой именуется процессуальное действие, закреплённое в законодательстве.

Его суть сводится к тому, что эксперт выполняет необходимые исследования, а затем составляет аргументированное заключение. К данной процедуре прибегают в тех случаях, когда для разрешения возникших вопросов необходимы специальные строительные познания [9].

Согласно СП 547.1325800.2025 «Правила установления необходимости капитального ремонта многоквартирных домов» [3], в данном документе представлена актуальная методика определения физического износа зданий.

Суть подхода заключается в том, что износ конструктивного элемента, внутридомовой инженерной системы или их отдельных фрагментов оценивается путём сопоставления визуально выявленных признаков повреждений с эталонными показателями, которые содержатся в приложении А указанного свода правил.

В зависимости от полученного значения физического износа элементу или системе присваивается конкретная категория, определяющая необходимость проведения капитального ремонта. Соответствие между степенью износа и категорией представлено в таблице 1.

Таблица 1

Категории необходимости капитального ремонта по результатам визуального обследования

Категория	Физический износ конструктивного элемента / внутридомовой инженерной системы	Необходимость капитального ремонта
1-я категория	от 0 % до 30 % включительно	не требуется
2-я категория	от 31 % до 50 % включительно	требуется
3-я категория	от 51 % до 65 % включительно	требуется в приоритетном порядке
4-я категория	свыше 65 %	требуется проведение инструментального обследования по ГОСТ 31937

Положения СП 547.1325800.2025 устанавливают, что отнесение объекта к той или иной категории на основании визуального осмотра может стать основанием для назначения более детальных инструментальных исследований.

Для количественной оценки дефектов и определения остаточной несущей способности строительных конструкций применяются специальные методы.

Описание методик определения физического износа конструкций из различных материалов представлено в таблице 2 в источниках [5-8].

Таблица 2

Описание методик определения физического износа конструкций из различных материалов

Контролируемые параметры	Каменные конструкции	Стальные конструкции	Деревянные конструкции
Используемые способы проверки	Визуальный и инструментальный методы		
Принцип действия метода	Обследование, предусматривающее фиксацию внешних дефектов (трещин, деформаций, выветривания швов, выпадения кирпичей, увлажнения) и инструментальную проверку прочностных характеристик кладки.	Комплексное обследование, включающее измерение геометрических параметров, выявление дефектов соединений, оценку коррозионных поражений (по площади, глубине, потере поперечного сечения) и контроль	Комплексное обследование, включающее фиксацию биологических и механических повреждений, измерение потери сечения, проверку узлов сопряжения и определение прочностных характеристик древесины.

Продолжение табл. 2

		механических характеристик.	
Регламентирующая документация	ГОСТ 31937-2011 [5]	ГОСТ 3242-79 [6]	ГОСТ Р 57790-2017 [7], ГОСТ 16483.7-71 [8]
Назначение и сфера использования	Проведение обследования технического состояния с установлением процента физического износа стен и прочих каменных конструкций в целях обоснования необходимости их ремонта, усиления либо реконструкции	Выполнение оценки степени физического износа и остаточной несущей способности стальных конструкций для обоснования проведения их ремонта, усиления, замены или вычисления остаточного ресурса.	Установление степени физического износа несущих стен, перегородок и перекрытий с целью обоснования принятия решений об их ремонте, усилении, замене либо расчете остаточного ресурса зданий и сооружений.

Следовательно, действующие нормативно-технические документы - в частности, ГОСТ 31937, ГОСТ 3242, ГОСТ Р 57790-2017 [5-8] и другие - дают возможность провести полноценное инструментальное обследование конструкций из камня, стали и древесины. В ходе такого обследования устанавливаются фактическое техническое состояние объектов и их остаточная несущая способность. При этом ключевая проблема заключается в том, что итоговая оценка физического износа объекта недвижимости для целей судебной экспертизы должна базироваться на единой методике, закреплённой в профильном своде правил. На сегодняшний день таким документом является СП 547.1325800.2025 [3], анализ которого позволяет выявить ряд существенных недостатков, снижающих его пригодность для точной и воспроизводимой оценки износа.

Недостатки методики определения физического износа в СП 547.1325800.2025.

1. Неполнота и абстрактность определения.

В определении физического износа по СП отсутствует количественная мера (присутствует только указание на «ухудшение» без определения способа измерения), не установлены критерии значимости ухудшения (например, снижение прочности на 20% или 50%), отсутствует связь с нормативным сроком службы, а определения для конструктивного элемента и инженерной системы различаются, что порождает методологическую несогласованность. Для судебной экспертизы это означает невозможность объективного измерения износа и низкую воспроизводимость экспертных заключений.

2. Отсутствие стоимостного подхода.

В отличие от Методики 1970 г. №404 [1], СП 547.1325800.2025 [3] полностью исключает стоимостную оценку физического износа. Недостатки: для судебной экспертизы СП не предоставляет инструментов перевода процента износа в денежное выражение (размера ущерба, стоимости ремонта); отсутствует связь с рыночной стоимостью, что делает его неприменимым для оценки обесценения объекта по ФСО; категории капитального ремонта привязаны исключительно к проценту износа без учёта экономической целесообразности ремонта.

3. Логическая несогласованность между определением и методикой расчёта.

В определении (п. 3.1.10) [3] износ трактуется как ухудшение показателей, однако в п. 6.2–6.3 [3] фактически определяется через сравнение с табличными признаками (наличие трещин, коррозии, выбоин). Это свидетельствует о разных подходах. В результате методика не основывается на прямом измерении свойств материалов, а критические дефекты не влекут автоматического увеличения процента износа, что снижает качество оценки.

4. Непрозрачность источника таблиц признаков.

В СП 547.1325800.2025 [3] отсутствуют ссылки на исследования, экспериментальные данные, статистику отказов либо физические модели старения, на основе которых разработаны таблицы А.1–А.56 [3]. Это снижает доказательственную ценность заключений, составляемых по данному СП в рамках судебной экспертизы: эксперт не может обосновать, почему был выбран тот или иной интервал износа.

5. Противоречие с другими нормативными документами.

В п. 4.6 [3] допускается оценка необходимости капитального ремонта по результатам обследования по ГОСТ 31937–2024 [5], однако данный ГОСТ использует категории технического состояния (работоспособное, ограниченно работоспособное, аварийное), а не проценты физического износа. СП [3] не разъясняет, как пересчитывать одно в другое. Кроме того, определение физического износа в СП [3] не соответствует определению в отменённой Методике 1970 г. №404 [1], хотя сам СП [3] создавался как её замена. Это порождает правовую неопределённость: суды и эксперты могут ссылаться на разные понятия.

Таким образом, анализ показал, что методика СП 547.1325800.2025 [3] характеризуется не только внутренней логической несогласованностью, но и отсутствием прозрачности исходных данных, а также противоречиями со смежными нормативными документами. Указанные недостатки существенно снижают её пригодность для целей судебной строительной экспертизы. В связи с этим представляется необходимой разработка ряда предложений по совершенствованию рассматриваемой методики.

Предложения по совершенствованию методики СП 547.1325800.2025.

1. Усовершенствование определения.

Предлагается дополнить определение физического износа количественным критерием: «Физический износ – мера утраты первоначальных свойств, выраженная в процентах, определяемая как отношение стоимости ремонтно-восстановительных работ к восстановительной стоимости, либо как относительное снижение несущей способности или иного нормируемого показателя». Ввести шкалу пороговых значений параметров (прочность, деформативность и др.) для каждого интервала износа, полученных из экспериментальных данных. Определения для конструктивного элемента и инженерной системы необходимо унифицировать, используя общее понятие «объект оценки» с указанием на утрату технических и функциональных характеристик.

2. Восстановление стоимостного подхода.

Рекомендуется вернуть стоимостной критерий в качестве альтернативного метода, дополнив раздел 6 пунктом 6.1а: физический износ определяется как отношение стоимости необходимого ремонта к полной восстановительной стоимости объекта в текущих ценах. Привести формулы и таблицы для пересчёта износа по признакам в стоимостное выражение для использования в судебных спорах о размере ущерба. Ввести понятие «экономически целесообразный ремонт»: если стоимость ремонта превышает 70–80% восстановительной стоимости – объект рекомендуется к сносу или реконструкции. Для целей ФСО добавить указание о возможности использования СП [3] для расчёта накопленного износа с корректировкой на устранимость и функциональное устаревание.

3. Устранение логической несогласованности.

Предлагается разделить два подхода с указанием приоритета: при наличии проектных данных и возможности инструментальных измерений – износ определяется

прямым сравнением текущих и проектных показателей; при их отсутствии – по таблицам признаков. Дополнить п. 6.2 правилом: наличие хотя бы одного критического признака автоматически означает износ не менее 65% (4-я категория) с обязательным инструментальным обследованием. Уточнить п. 6.3 – вместо сложных правил ввести единый алгоритм: износ = среднее арифметическое границ интервала, в котором оказалось большинство признаков (>50%); при равном количестве признаков в двух интервалах – выбирается более высокий интервал.

4. Обеспечение прозрачности источника таблиц признаков.

Необходимо дополнить раздел «Библиография» ссылками на научно-исследовательские работы, государственные отчёты, данные мониторинга зданий, на основе которых составлены таблицы Приложения А СП 547.1325800.2025 [3]. В Приложении А требуется разместить примечание следующего содержания: «Таблицы А.1–А.56 подготовлены на базе сводного анализа сведений, собранных при обследовании более десяти тысяч МКД, строительство которых велось в интервале 1960–2020 годов. Исходные материалы хранятся в фонде разработчика и предоставляются по запросу.» Для повышения доказательственной ценности в суде рекомендовать в самом СП [3] указать, что применение таблиц допустимо только в комплексе с методами, указанными в ГОСТ 31937–2024 [5], и что при наличии противоречий приоритет имеют инструментальные методы. Также целесообразно создать отдельное приложение (или ведомственный сборник) с подробным обоснованием каждого признака – физическая модель разрушения, статистическая значимость, погрешность метода.

5. Устранение противоречий с другими нормативными документами.

Предлагается ввести в раздел 6 [3] отдельную таблицу соответствия между физическим износом и категориями технического состояния по ГОСТ 31937–2024 [5]: 0–10% – нормативное; 11–30% – работоспособное; 31–50% – ограниченно работоспособное (1-я степень); 51–65% – ограниченно работоспособное (2-я степень); 66–80% – аварийное (безопасность не обеспечена); 81–100% – недопустимое (требуется снос). Указать, что при расхождении результатов, полученных по СП [3] (визуально) и по ГОСТ 31937 [1] (инструментально), приоритет имеют данные инструментального обследования. В заключении эксперта должно быть приведено сводное сравнение. Разъяснить правопреемственность – добавить в п. 1.1 [3] (область применения) фразу: «Настоящий свод правил разработан взамен Методики определения физического износа гражданских зданий (1970 г., №404) [1]. Определения и подходы СП адаптированы к современным конструкциям, материалам и требованиям судебной экспертизы. При отсутствии в СП [3] необходимых таблиц или методов допускается обращение к Методике 1970 г. [1] в части, не противоречащей действующему законодательству».

Таким образом, предложенная совокупность мер позволяет последовательно устранить каждый из пяти выявленных недостатков действующей методики СП 547.1325800.2025 [3]. Для наглядного представления того, каким образом недостатки преодолеваются в рамках предлагаемых усовершенствований, разработана соответствующая визуализация.

На рисунке 1 обобщены ключевые направления доработки методики и показано, какие именно изменения позволяют адаптировать СП для целей судебной строительной экспертизы.



Рис. 1. Предложенные варианты исправления недостатков СП 547.1325800.2025

Отмена методики и введение СП 547.1325800.2025 [3] обусловили правовую неопределённость в вопросах оценки физического износа. Действующая методика характеризуется рядом недостатков, что делает её уязвимой для целей судебной строительной экспертизы. Предложенный комплекс усовершенствований (введение количественных и стоимостных критериев, унификация подходов, обеспечение прозрачности и согласованности с ГОСТ [5-8]) направлен на повышение объективности и доказательственной ценности экспертных заключений.

Список литературы

1. Приказ Минстроя России от 19.12.2024 N 883/пр "О признании утратившей силу Методики определения физического износа гражданских зданий, утвержденной приказом Министерства коммунального хозяйства РСФСР от 27 октября 1970 г. N 404" [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=504573&dst=100006&filed=134&rnd=TVn2iA#SmfSKJVCXvXHNSyNs1>, Загл. с экрана – Яз. рус. (дата обращения: 10.05.2026).
2. Ведомственные строительные нормы. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р) (утв. Приказом Госгражданстроя при Госстрое СССР от 24.12.1986 N 446) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=99859#l2IvIJVu49A33RaL1>, Загл. с экрана – Яз. рус. (дата обращения: 10.05.2026).
3. СП 547.1325800.2025 «Здания жилые многоквартирные. Правила установления необходимости проведения капитального ремонта» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/1f1/d0me1bjx198a3z7xao2bz5w5iwydva2u/СП%20547.pdf>, Загл. с экрана – Яз. рус. (дата обращения: 10.05.2026).
4. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 06.01.1996 № 14-ФЗ (ред от 24.06.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 16.12.2025) [Электронный ресурс] // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. Режим доступа:

URL:

<https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=508490&dst=100794#ttHxIJVW1iN5pYFg>, Загл. с экрана – Яз. рус. (дата обращения: 10.05.2026).

5. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Москва: межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Изд. официальное, 2014. – 54 с.

6. ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества. – Москва: ИПК издательство стандартов: Изд. официальное, 2002. – 11 с.

7. ГОСТ Р 57790-2017 Конструкции деревянные несущие. Методы испытаний на прочность и деформативность. – Москва: Стандартиформ: Изд. официальное, 2019. – 14 с.

8. ГОСТ 16483.7-71 Древесина. Методы определения влажности. – Москва: Стандартиформ: Изд. официальное, 2006. – 3 с.

9. Федеральный закон от 31 мая 2001 г. № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» (ред. от 22.07.2024) // Собрание законодательства РФ. 2001. № 23. Ст. 2291; 2024. № 30. Ст. 4362.

List of references

1. Order of the Ministry of Construction of Russia dated 19.12.2024 N 883/pr "On Repealing the Methodology for Determining the Physical Deterioration of Civil Buildings, Approved by Order of the Ministry of Public Utilities of the RSFSR dated October 27, 1970 N 404" [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=504573&dst=100006&field=134&rnd=TVn2iA#SmfSKJVCxvXHSyNs1>, Title from the screen - Russian language (date accessed: 10.05.2026).

2. Departmental building codes. Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings. VSN 53-86(r) (approved by Order of the State Civil Construction Committee under the USSR State Construction Committee dated 24.12.1986 N 446) [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=99859#l2IvIJVu49A33RaL1>, Title from screen – Russian language (date accessed: 10.05.2026).

3. SP 547.1325800.2025 "Multi-apartment residential buildings. Rules for establishing the need for major repairs" [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/1f1/d0me1bjx198a3z7xao2bz5w5iwydva2u/CII%20547.pdf>, Screenshot – Russian language (accessed: 10.05.2026).

4. Civil Code of the Russian Federation (Part Two) of 06.01.1996 No. 14-FZ (as amended on 24.06.2025) (as amended and supplemented, entered into force on 16.12.2025) [Electronic resource] // Access from the reference and legal system "ConsultantPlus" [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=508490&dst=100794#ttHxIJVW1iN5pYFg>, Screenshot – Russian (Accessed: 10.05.2026).

5. GOST 31937-2011 Buildings and Structures. Rules for Inspection and Monitoring of Technical Condition. Moscow: Interstate Council for Standardization, Metrology, and Certification: Official Publ., 2014. – 54 p.

6. GOST 3242-79 Welded Joints. Quality Control Methods. Moscow: IPK Publishing House of Standards: Official Publ., 2002. – 11 p.

7. GOST R 57790-2017. Load-bearing wooden structures. Strength and deformability test methods. Moscow: Standartinform: Official Publishing House, 2019. 14 p.

8. GOST 16483.7-71. Wood. Moisture Content Determination Methods. Moscow: Standartinform: Official Publishing House, 2006. 3 p.

9. Federal Law of May 31, 2001 No. 73-FZ "On State Forensic Activity in the Russian Federation" (as amended on July 22, 2024) // Collected Legislation of the Russian Federation. 2001. No. 23. Art. 2291; 2024. No. 30. Art. 4362.

УДК 69:005.8:004.9

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

М. А. Мещерякова, О. К. Мещерякова, Д. А. Островский, И. Р. Кочетов

Мещерякова Мария Александровна, Воронежский государственный технический университет, доктор экономических наук, профессор кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: masha0207@mail.ru

Мещерякова Ольга Константиновна, Воронежский государственный технический университет, доктор экономических наук, профессор кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: onora@list.ru

Островский Даниил Александрович, Воронежский государственный технический университет, аспирант гр. зМАЖЦ-25, E-mail: daniostrowsky@gmail.com

Кочетов Илья Русланович, Воронежский государственный технический университет, аспирант гр. аОС-24, E-mail: kochan.fox2@gmail.com

Аннотация: в статье рассмотрены цифровые технологии, применяемые в управлении инвестиционно-строительными проектами (ИСП) на этапах жизненного цикла объекта. Показано, что управленческий эффект цифровизации связан не столько с внедрением отдельных программ, сколько с формированием единой информационной среды, обеспечивающей сопоставимость данных, прослеживаемость изменений и связь между проектированием, строительством и эксплуатацией. Проанализированы решения, используемые на предынвестиционной стадии, в проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции: цифровые реестры требований, ТИМ/ВІМ, среды общих данных, цифровая исполнительная документация, технологии лазерного сканирования и БПЛА, а также инструменты цифровых платформ управления. Выявлены преимущества их применения для контроля сроков, стоимости, качества и рисков. Отдельно обозначены организационные, кадровые, технологические и финансовые ограничения, определяющие результативность цифровой трансформации в российской практике.

Ключевые слова: цифровизация, жизненный цикл объекта, ВІМ, среда общих данных, управление данными.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS AT THE STAGES OF THE LIFE CYCLE

M. A. Meshcheryakova, O. K. Meshcheryakova, D. A. Ostrovsky, I. R. Kochetov

Meshcheryakova Maria Alexandrovna, Voronezh State Technical University, Doctor of Economics, Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: masha0207@mail.ru

Meshcheryakova Olga Konstantinovna, Voronezh State Technical University, Doctor of Economics, Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: onora@list.ru

Ostrovsky Daniel Alexandrovich, Voronezh State Technical University, postgraduate student, zMAZHTS-25, E-mail: daniostrowsky@gmail.com

Kochetov Ilya Ruslanovich, Voronezh State Technical University, PhD student, aOS-24, E-mail: kochan.fox2@gmail.com

Abstract: the article examines digital technologies used in the management of investment and construction projects at different stages of the asset life cycle. It is shown that the managerial effect of digitalization is determined not by the purchase of isolated software products, but by the creation of a unified information environment that ensures data consistency, traceability of changes and continuity between design, construction and operation. The paper analyzes digital requirement registers, BIM/TIM, common data environments, digital as-built documentation, UAV and laser scanning technologies, as well as digital project management platforms. Their impact on the control of time, cost, quality and risks is highlighted. The study also identifies organizational, personnel, technological and financial constraints that limit the practical return on digital transformation in the Russian construction sector.

Keywords: digitalization, facility lifecycle, BIM, data collection environment, data management.

В инвестиционно-строительных проектах существенная доля управленческих проблем возникает из-за нарушений в работе с информацией. Участники проекта могут опираться на устаревшие версии документации, использовать разрозненные источники данных, недостаточно полно фиксировать внесенные изменения, а при переходе от проектирования к строительству и дальнейшей эксплуатации терять часть важных сведений. В этих условиях цифровые технологии следует рассматривать не как самостоятельную цель внедрения, а как инструмент повышения прозрачности и проверяемости управления, ускорения взаимодействия между участниками и снижения неопределенности по ключевым параметрам проекта - срокам, стоимости, качеству и рискам [1].

Международный опыт показывает, что строительство длительное время оставалось одной из отраслей с относительно низкими темпами роста производительности. При этом практический эффект от цифровой трансформации обеспечивается не простым приобретением программного обеспечения, а изменением логики управления, правил обмена данными и форматов взаимодействия участников проекта [2]. Цель данной статьи - рассмотреть применение цифровых технологий в управлении инвестиционно-строительными проектами на стадиях жизненного цикла, определить решаемые с их помощью управленческие задачи, а также обозначить ограничения, влияющие на результативность цифровизации в российской практике.

В последние годы заметно изменилось само понимание цифровизации строительства. Она все чаще трактуется не как использование отдельных программных решений, а как выстраивание целостной системы работы с информацией. Такая система включает обмен данными, их регистрацию, управление версиями, обеспечение доступности, а также контроль качества информационных массивов. В ISO 19650-1 подобная логика представлена как управленческая рамка, задающая правила хранения, передачи и использования информации всеми участниками проекта [3].

С прикладной точки зрения это можно раскрыть через несколько положений:

- проектные модели и документы перестают быть только результатом работы проектировщиков и начинают рассматриваться как данные, необходимые для управления проектом;

- основная ценность формируется на стыке стадий и профессиональных областей, когда информация последовательно переходит от проектировщика к сметчику, далее к контрактному, затем к подрядчику, приемке и эксплуатации;

– цифровая среда должна обеспечивать не только размещение и хранение информации, но и прослеживаемость изменений: кем они внесены, что именно изменено, когда это произошло, и чем было обусловлено [4].

Российская практика имеет свою специфику, связанную с развитием крупных отраслевых информационных контуров. Они постепенно формируют условия для перехода участников строительства к более управляемой цифровой модели работы. В отраслевых источниках, в частности, отмечается развитие ИСУП как системы контроля большого количества строительных объектов, а также ГИСОГД как единого источника градостроительных данных на уровне субъектов Российской Федерации [5].

Такие цифровые инструменты меняют саму логику управления инвестиционно-строительным проектом. Они позволяют передавать сведения о ходе строительства на уровень заказчика, регионального и федерального управления, а также учитывать актуальные градостроительные ограничения уже на ранних этапах подготовки проекта.

В материалах по цифровому управлению в строительной отрасли цифровая вертикаль описывается как совокупность взаимосвязанных элементов: реестров требований и документов, классификаторов, сред общих данных, региональных информационных систем и проектных платформ. Для управления инвестиционно-строительным проектом это означает, что движение данных должно быть организовано по понятному маршруту, а информация, формируемая на разных стадиях жизненного цикла, должна оставаться сопоставимой и пригодной для последующего использования.

Практический смысл данного подхода заключается в том, что цифровые сервисы не должны ограничиваться переводом бумажного документооборота в электронный вид. Их задача шире: сокращать продолжительность инвестиционно-строительного цикла за счет реестров требований, калькуляторов процедур и отчетности по контрольным показателям.

На предынвестиционной стадии особую роль играют цифровые градостроительные данные, электронные реестры требований и процедур, первичные модели территории, а также инструменты сравнительного анализа вариантов реализации проекта. С управленческой точки зрения они позволяют уменьшить неопределенность исходных условий и процедурных рисков, а также сформировать проверяемый набор данных для последующего проектирования и бюджетирования.

В структуре цифровой вертикали реестр требований и калькулятор процедур могут использоваться как инструменты управления подготовительным контуром проекта. Это важно, поскольку значительная часть временных потерь в инвестиционно-строительном процессе возникает именно при согласованиях и сборе исходно-разрешительной документации. В зарубежной практике на данной стадии также развивается связь ранних цифровых моделей с расчетом стоимости, оценкой эксплуатационной эффективности и параметрами жизненного цикла объекта.

На стадии проектирования ключевое значение приобретают ТИМ/ВІМ, среды общих данных, автоматизированные проверки модели, а также формализация требований заказчика к данным через EIR, ВЕР и сопоставимые документы [6]. Управленческая задача этого этапа состоит в том, чтобы обеспечить согласованность проектных решений и контролируемость изменений. Чем раньше выявляются коллизии, противоречия между разделами и превышение установленных лимитов, тем меньше затраты на их устранение в дальнейшем (рис. 1).



Рис. 1. Матрица влияния цифровых технологий на циклах ИСП

Опыт российских компаний показывает, что BIM дает наибольший результат тогда, когда данные информационной модели используются не только проектной командой, но и другими участниками инвестиционно-строительного процесса. В кейсе ПИК отмечается ускорение отдельных процессов, снижение количества ошибок и уменьшение объема ручных расчетов при подготовке контрактных и сметных решений, что делает стоимость более предсказуемой [7]. Подход Газпром ЦПС показывает вариант цифровизации, выстроенный вокруг задач заказчика. Он включает формирование технических требований к цифровым моделям, разработку методологии их приемки, сопровождение EIR и ВЕР, а также реверс-инжиниринг моделей по рабочей документации для выявления междисциплинарных коллизий до начала работ на строительной площадке.

На стадии строительства цифровые технологии применяются для координации участников через среду общих данных, ведения цифровой исполнительной документации и журналов, сопоставления плановых и фактических показателей, а также мониторинга хода работ с применением БПЛА, сканирования и облаков точек [8]. Главная управленческая задача на этом этапе заключается в том, чтобы сделать контроль строительства более доказательным, своевременным и объективным. Российским примером сквозного цифрового подхода является технология MULTI-D, ориентированная на управление жизненным циклом сложных объектов в заданных параметрах сроков, стоимости и качества. Данная технология обеспечивает поддержку актуальной информационной модели, управление конфигурацией и изменениями, а также формирование конфигурации AS BUILT.

Отдельный прикладной эффект дает лазерное сканирование с использованием беспилотных воздушных судов. Такой подход позволяет получать облака точек в разные моменты времени, сопоставлять их и тем самым объективно фиксировать фактический прогресс строительства [9]. В результате уменьшается вероятность позднего выявления отклонений, повышается прозрачность контроля для заказчика и появляется возможность раньше корректировать график и логистику выполнения работ. На стадии эксплуатации возрастает значение цифровой модели или цифрового двойника как основы управления техническим обслуживанием, состоянием объекта и историей его изменений. На данном этапе важны интеграция модели с системами технического обслуживания и ремонта, а также использование датчиков и цифровых журналов как источников фактических эксплуатационных данных [10]. В российских условиях такой сценарий прежде всего

характерен для крупных инфраструктурных владельцев и вертикально интегрированных компаний. В материалах РЖД отмечается, что внедрение BIM-технологий позволяет обеспечить цифровое управление инфраструктурными объектами на всех стадиях жизненного цикла и автоматизировать обмен информацией между участниками процесса и органами государственного управления.

Для эксплуатационной стадии это означает возможность снижать стоимость владения объектом, повышать обоснованность решений по модернизации и обеспечивать преемственность данных между строительством и последующим использованием объекта.

В проектах реконструкции и модернизации особое значение получают технологии Scan-to-BIM, цифровые обследования, актуализация модели по фактическому состоянию объекта, управление изменениями и цифровое планирование работ. Их основная задача заключается в снижении неопределенности по существующему объекту и повышении управляемости реконструкции с точки зрения сроков, бюджета и рисков (рис. 2).



Рис. 2. Сопоставление реальных этапов строительства и цифрового двойника BIM

Подход MULTI-D, основанный на создании и поддержке актуальной информационной модели, особенно значим для реконструкции, поскольку последующие решения должны приниматься не на основе устаревшей документации, а на базе актуальных и проверяемых данных. Технологии БПЛА и лазерного сканирования также позволяют оперативнее фиксировать текущее состояние объекта и контролировать ход работ без трудоемких ручных обследований.

Первым важным преимуществом цифровизации является повышение прозрачности и дисциплины контроля. Российские отраслевые материалы показывают, что цифровые контуры управления делают данные о статусе объектов более доступными и усиливают дисциплину исполнения управленческих решений.

Второе преимущество связано с уменьшением числа ошибок и снижением затрат на переделки. Кейс ПИК показывает, что использование данных информационной модели дает возможность систематизировать базу работ и материалов, сократить объем ручных расчетов и повысить предсказуемость контрактной стоимости.

Третье преимущество состоит в возможности управлять сложностью капиталоемких и инфраструктурных проектов. Для таких объектов цифровые технологии особенно ценны, поскольку позволяют в единой логике работать с большим количеством графиков, требований, изменений и фактических данных о выполнении работ.

Основной барьер цифровизации связан с организацией процессов. Если в проекте не определены роли участников и ответственность за качество данных, отсутствует дисциплина актуализации модели, а между проектированием, контрактацией, строительным контролем и

эксплуатацией не выстроена устойчивая связь, цифровые инструменты обеспечивают только частичный эффект. Кадровые ограничения выражаются в недостатке BIM-координаторов, администраторов сред общих данных, специалистов по интеграции цифровых решений и аналитике данных. Особенно остро эта проблема проявляется при попытке перенести цифровые решения со стадии проектирования на строительство и эксплуатацию [11,12].

Технологические ограничения обусловлены фрагментированностью ИТ-ландшафта, недостаточной связностью систем и отсутствием единых правил наименования и структурирования данных. Финансовый барьер проявляется в высоком пороге входа: программные решения, инфраструктура, обучение сотрудников и перестройка процессов требуют значительных затрат, а возврат инвестиций становится очевидным главным образом при сквозном использовании модели. В российской практике цифровизацию управления инвестиционно-строительными проектами целесообразно рассматривать, прежде всего, как управление данными и информационной средой, а не как внедрение отдельных программных продуктов. Управленческий эффект возникает там, где данные сохраняют сквозную связь между проектированием, строительством, приемкой и эксплуатацией.

Наиболее развитые сценарии цифровизации в настоящее время связаны с проектированием и строительством. Вместе с тем уже формируются предпосылки для распространения цифрового контура на эксплуатационную стадию, прежде всего у крупных холдингов и инфраструктурных владельцев.

Ключевым ограничением цифровизации по-прежнему остается организационный фактор. Без регламентов качества данных, распределения ролей и интеграции процессов даже развитые цифровые инструменты не способны обеспечить системную управляемость инвестиционно-строительного проекта.

Практическая ценность дальнейших исследований заключается в разработке матрицы «стадия - задача - инструмент - ответственный - КРІ», которая позволит связать цифровые решения с измеримыми управленческими результатами по срокам, стоимости, качеству и рискам.

Список литературы

1. World Economic Forum; The Boston Consulting Group. Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.weforum.org/publications/shaping-the-future-of-construction-a-breakthrough-in-mindset-and-technology>, Загл. С экрана. – Яз. Англ. (дата обращения: 20.04.2026).
2. McKinsey Global Institute; McKinsey Capital Projects & Infrastructure Practice. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>, Загл. С экрана. – Яз. Англ. (дата обращения: 20.04.2026).
3. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html>, Загл. С экрана. – Яз. Англ. (дата обращения: 20.04.2026).
4. Викторов, М. Цифровизация резко повышает прозрачность освоения бюджетных средств [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://notim.ru/publikacii/mikhail-viktorov-tsifrovizatsiya-rezko-povyshaet-prozrachnost-osvoeniya-byudzhethnykh-sredstv>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.04.2026).

5. Михайлик, К. А. Цифровое управление в строительстве [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://clck.ru/3TCRv>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.04.2026).
6. Как BIM помогает оптимизировать процессы [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: https://habr.com/ru/companies/pik_digital/articles/853998, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.04.2026).
7. Цифровое информационное моделирование Газпром ЦПС [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://gazpromcps.ru/nashi-proekty/our-projects-and-services/digital-information-modeling>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.04.2026).
8. MULTI-D Инжиниринговый дивизион Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://ase-ec.ru/products-and-services/multi-d>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.04.2026).
9. Рада, А. О. Автоматизация мониторинга строительных работ на основе лазерного сканирования с беспилотных воздушных судов / А. О. Рада, А. Д. Кузнецов, Р. Е. Зверев, А. Е. Тимофеев // Нанотехнологии в строительстве. – 2023. – Т. 15. – № 4. – С. 373–382.
10. BIM-моделирование РЖД [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://rzddigital.ru/technology/bim-modelirovanie>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 20.04.2026).
11. Мещерякова, М. А. Методы управления инвестиционно-строительными проектами на всех этапах жизненного цикла / М. А. Мещерякова, О. К. Мещерякова, Д. А. Островский // Строительство и недвижимость. – 2026. – № 1 (22). – С. 87–95.
12. Gorbaneva, E. P. Optimization of economic outcomes of energy saving actions taken throughout the entire lifecycle of a capital construction facility / E. P. Gorbaneva, I. A. Kosovtseva, T. V. Kstenin // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – No. 4. – P. 45-49.

List of references

1. World Economic Forum; The Boston Consulting Group. Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.weforum.org/publications/shaping-the-future-of-construction-a-breakthrough-in-mindset-and-technology>, Title from screen. – Lang. eng. (accessed: 20.04.2026).
2. McKinsey Global Institute; McKinsey Capital Projects & Infrastructure Practice. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>, Title from screen. – Lang. eng. (accessed: 20.04.2026).
3. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html>, Title from screen. – Lang. eng. (accessed: 20.04.2026).
4. Viktorov, M. Digitalization Sharply Increases Transparency in the Use of Budget Funds [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://notim.ru/publikacii/mikhail-viktorov-tsifrovizatsiya-rezko-povyshaet-prozrachnost-osvoeniya-byudzhethnykh-sredstv>, Title from screen. – Lang. rus. (accessed: 20.04.2026).
5. Mikhaylik, K. A. Digital Management in Construction [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://clck.ru/3TCRv>, Title from screen. – Lang. rus. (accessed: 20.04.2026).

6. How BIM Helps Optimize Processes [Electronic resource]: Access mode: URL: https://habr.com/ru/companies/pik_digital/articles/853998, Title from screen. – Lang. rus. (accessed: 20.04.2026).
7. Digital Information Modeling. Gazprom CPS [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://gazpromcps.ru/nashi-proekty/our-projects-and-services/digital-information-modeling>, Title from screen. – Lang. rus. (accessed: 20.04.2026).
8. MULTI-D. Engineering Division of Rosatom State Corporation [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://ase-ec.ru/products-and-services/multi-d>, Title from screen. – Lang. rus. (accessed: 20.04.2026).
9. Rada, A. O. Automation of Construction Work Monitoring Based on Laser Scanning from Unmanned Aerial Vehicles / A. O. Rada, A. D. Kuznetsov, R. E. Zverev, A. E. Timofeev // *Nanotechnologies in Construction*. – 2023. – Vol. 15. – No. 4. – Pp. 373–382.
10. BIM Modeling. Russian Railways [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://rzddigital.ru/technology/bim-modelirovanie>, Title from screen. – Lang. rus. (accessed: 20.04.2026).
11. Meshcheryakova, M. A. Methods of Managing Investment and Construction Projects at All Stages of the Life Cycle / M. A. Meshcheryakova, O. K. Meshcheryakova, D. A. Ostrovskiy // *Construction and Real Estate*. – 2026. – No. 1 (22). – Pp. 87–95.
12. Gorbaneva, E. P. Optimization of economic outcomes of energy saving actions taken throughout the entire lifecycle of a capital construction facility / E. P. Gorbaneva, I. A. Kosovtseva, T. V. Kstenin // *Real Estate: Economics, Management*. – 2022. – No. 4. – P. 45-49.

УДК 69.003

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ: ИННОВАЦИИ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Е. А. Чеснокова, А. С. Чесноков, Д. П. Прошунин, Л. В. Пушкарная

Чеснокова Елена Александровна, Воронежский государственный технический университет, кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: echesnokova@cchgeu.ru

Чесноков Александр Сергеевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и механики, E-mail: selches@inbox.ru

Прошунин Дмитрий Петрович, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. змТПР-241, E-mail: dp@apemail.ru

Пушкарная Лилия Витальевна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. змТПР-241, E-mail: lp@apemail.ru

Аннотация: статья посвящена проблеме реконструкции промышленных территорий, которая является одним из наиболее сложных аспектов градостроительной деятельности. Авторы анализируют современные материалы и технологии, способствующие преобразованию депрессивных зон в активные центры. Особое внимание уделяется критериям выбора материалов, таким как адаптивность, экологичность и долговечность, а также описанию инновационных решений, включая самоуплотняющиеся бетоны, композитные системы усиления (CFRP, GFRP) и вакуумные изоляционные панели. На примере реконструкции бывшей промзоны ЗИЛ (станция метро «ЗИЛ») иллюстрируется принцип адаптивного повторного использования наследия, основанный на диалоге между индустриальным прошлым и современными архитектурными формами. В работе также рассматривается экономическая целесообразность применения композитных материалов с использованием методологии оценки жизненного цикла (LCC).

Ключевые слова: реконструкция промышленных территорий, инновационные материалы, композиционные материалы, стоимость жизненного цикла.

APPLICATION OF MODERN MATERIALS IN THE RECONSTRUCTION OF INDUSTRIAL AREAS: INNOVATION, ECONOMIC EFFICIENCY

E. A. Chesnokova, A. S. Chesnokov, D. P. Proshunin, L. V. Pushkarnaya

Chesnokova Elena Aleksandrovna, Voronezh State Technical University, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, E-mail: echesnokova@cchgeu.ru

Chesnokov Alexandr Sergeevich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Applied Math and Mechanic, E-mail: selches@inbox.ru

Proshunin Dmitry Petrovich, Voronezh State Technical University, Master's student, group zmTPR-241, E-mail: dp@apemail.ru

Pushkarnaya Liliya Vitalievna, Voronezh State Technical University, Master's student, group ZMTPR-241, E-mail: lp@apemail.ru

Abstract: this article examines the redevelopment of industrial areas, one of the most challenging aspects of urban development. The authors analyze modern materials and technologies that facilitate the transformation of depressed areas into vibrant centers. Particular attention is paid to material selection criteria, such as adaptability, environmental friendliness, and durability, as well as a description of innovative solutions, including self-compacting concrete, composite reinforcement systems (CFRP, GFRP), and vacuum insulation panels. Using the example of the redevelopment of the former ZIL industrial zone (ZIL metro station), the principle of adaptive reuse of heritage, based on a dialogue between the industrial past and contemporary architectural forms, is illustrated. The paper also examines the economic feasibility of using composite materials using a life cycle assessment (LCC) methodology.

Keywords: reconstruction of industrial areas, innovative materials, composite materials, life cycle costs.

Реконструкция промышленных территорий представляет собой один из наиболее сложных аспектов градостроительной деятельности. В отличие от строительства на незастроенных участках, работа с бывшими промышленными зонами сопряжена с рядом ограничений, таких как наличие старых фундаментов, загрязненные грунты, физический износ конструкций, а также необходимость учитывать историко-культурную ценность объектов индустриальной архитектуры.

Традиционные строительные методы в таких условиях зачастую оказываются неэффективными с экономической точки зрения или трудновыполнимыми. Современное материаловедение предлагает альтернативные подходы, которые не только уменьшают нагрузку на существующие конструкции, но и позволяют преобразовать проблемные зоны в центры общественной, жилой и инновационной активности, обладающие высокими показателями энергоэффективности и экологической безопасности [1-2].

При реконструкции промышленных объектов выбор материала диктуется не только архитектурной выразительностью, но и специфическими условиями эксплуатации. К основным критериям выбора материалов, можно отнести (рис. 1):

Адаптивность к геоподоснове:

- способность компенсировать неравномерные осадки фундаментов (высокая пластичность, малый вес).

Экологическая безопасность:

- низкий уровень выбросов летучих органических соединений, возможность вторичной переработки.

Долговечность и стойкость:

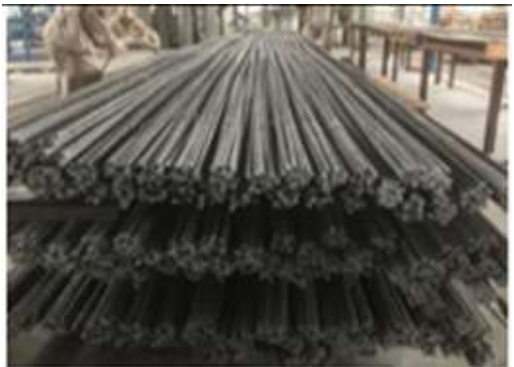
- устойчивость к агрессивным средам (остаточная химическая активность грунтов, высокая коррозионная нагрузка).

Рис. 1. Критерии выбора материалов при реконструкции промышленных объектов

Далее рассмотрим перечень современных материалов, применяемых при несущих конструкциях и фундаментах, для преодоления низкой энергоэффективности фасадов: высокопрочные и самоуплотняющиеся бетоны, композитные материалы для усиления, вакуумная теплоизоляция, фасадные системы из переработанных материалов (см. табл.1).

Таблица 1

**Перечень инновационных материалов, применяющийся при реконструкции
промышленных территорий**

Наименование материала	Визуализация	Описание
Самоуплотняющийся бетон	 The image shows two circular test specimens. The top one is labeled 'Обычный бетон' (Ordinary concrete) and the bottom one is labeled 'Бетон с FM-40 (самоуплотняющийся)' (Concrete with FM-40 (self-compacting)).	Используется с добавлением суперпластификаторов и позволяет производить усиление существующих колонн и фундаментов без вибрации, что критически важно для сохранения ослабленных конструкций.
Композитные материалы на основе углеродного (CFRP) и стекловолокна (GFRP) стали	 The image shows several long, dark, cylindrical rods of composite material stacked together.	Внешнее армирование (ламели, ткани) позволяет: увеличить несущую способность железобетонных балок и колонн на 40-60% без увеличения сечения; усилить металлические фермы, компенсируя коррозионный износ металла; обеспечить сейсмостойкость кирпичных стен (обоймы из композитных сеток).
Вакуумные изоляционные панели	 The image shows a cross-section of a vacuum insulation panel, highlighting its thin profile and internal structure.	Применяются для объектов с жесткими ограничениями по изменению фасадов (памятники архитектуры) имеют толщину всего 20-30 мм обеспечивают термическое сопротивление, сопоставимое с 200-300 мм минеральной ваты, что позволяет минимизировать теплопотери без изменения исторического облика.
Фасадные панели из переработанных материалов	 The image shows a close-up of a facade panel with a repeating diamond-shaped pattern.	Как правило, изготавливаются из переработанного промышленного пластика, алюминия и стекла.

Продолжение табл. 1

Архитектурный бетон с использованием вторичного заполнителя		Используется дробленый кирпич, бетонный лом, это позволяет визуально интегрировать новую архитектуру в исторический контекст, сохраняя фактуру индустриальной эстетики.
--	---	--

Применение современных материалов при реконструкции промышленных территорий выходит за рамки технического переоснащения, это инструмент трансформации городской среды, позволяющий сочетать сохранение исторического наследия с требованиями энергоэффективности и экологической безопасности. Высокопрочные бетоны, композитные системы усиления, интеллектуальные фасады формируют новую систему строительства – систему бережливого, устойчивого и интеллектуального развития территорий, ранее выведенных из хозяйственного оборота.

Рассмотрим применение современных материалов на примере станции метро «ЗИЛ» (Бирюлевская линия) территория бывшего завода им. Лихачева (рис. 2).

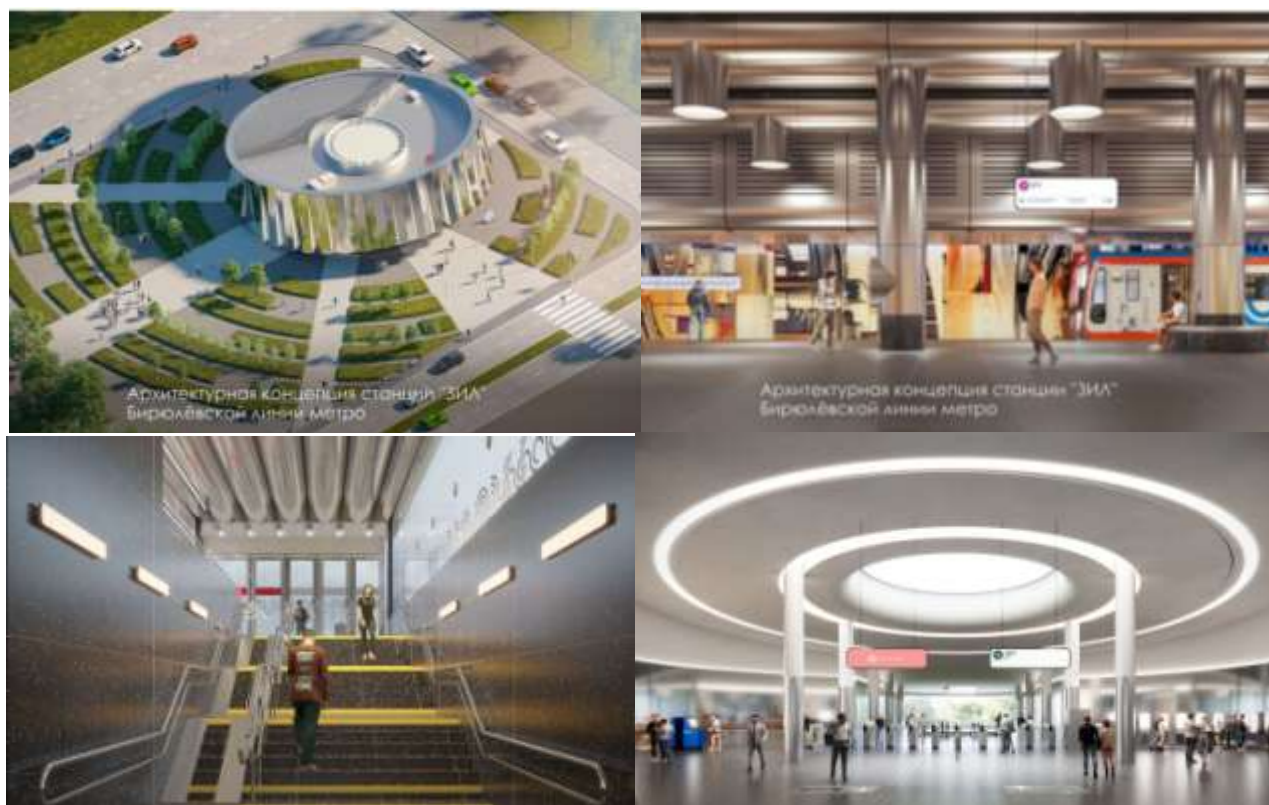


Рис. 2. Архитектурная концепция станции «ЗИЛ» Бирюлевской линии метро [3]

Станцию «ЗИЛ» можно назвать образцом того, как по-новому осваивают бывшие заводские земли, применяя отделку, которая перекликается с обликом старого производства,

но при этом сделана из современных материалов. Здесь задача архитекторов - связать заводское прошлое с самыми свежими строительными решениями (см. табл. 2).

Этот проект наглядно показывает, как приспособить заброшенные или устаревшие заводские строения под сегодняшние городские задачи, не ломая и не обесценивая их прежнюю значимость. Вместо того чтобы отделывать фасады под старину или просто «освежать» их с помощью стекла, нержавеющей стали или гранита, зодчие вкладывают в эти стены совсем иной смысл. Упомянутые материалы открыто говорят о нашем времени, создавая живую противоположность суровой заводской красоте прошлого. На выходе получается не просто здание, а разговор на языке зрительных образов между заводским наследием (мощными стенами, корпусами) и современными задачами (работой пересадочного узла). В итоге такая станция метро или транспортная площадка становится не просто точкой на схеме, а живым знаком того, как фабричное наследие города может ладить и соседствовать с передовыми технологиями.

Таблица 2

Применяемые технологии и материалы для реконцепции промышленной территории бывшей промзоны «ЗИЛ»

Материал	Место применения	Функциональное и архитектурное назначение
Антивандальное стекло	Боковые фасады наземных павильонов	Создание эффекта «парящей» и невесомой конструкции; обеспечение естественного освещения при высокой прочности и устойчивости к повреждениям [4]
Нержавеющая шлифованная сталь	Потолки павильонов, интерьер станции	Формирование техно-промышленного стиля; панели визуально напоминают заводские трубы, отсылая к эпохе расцвета отечественной промышленности [5]
Термообработанный гранит («Габбро-амфиболит»)	Пол, парапеты, часть стен и пилоны	Облицовка поверхностей с высокой износостойкостью; термообработка придает материалу дополнительную прочность и фактурную выразительность [4]
Металлоконструкции (арт-объекты)	Архитектурная форма павильонов	Один павильон выполнен в форме гигантской шестерни, другие - в виде заводских цехов. Материал выступает носителем культурной памяти места [5]

Однако, говоря о реконструкции промышленных зон, нельзя обойти вопрос экономической целесообразности выбора этих самых современных материалов. Традиционная методика, которая используется при оценке эффективности строительства, и которая сравнивает лишь «здесь и сейчас» сметную стоимость обычных и инновационных материалов, в данном случае работает плохо. Она не позволяет увидеть полную картину. Дело в том, что такие свойства современных композитов и высокопрочных бетонов, как

исключительная коррозионная стойкость, огромный запас долговечности и минимальные потребности в уходе, раскрываются не в момент строительства, а спустя годы. Их главный экономический эффект - колоссальная экономия на стадии эксплуатации, ремонтах и техническом обслуживании, которую игнорирует классический сметный подход.

В международной практике (например, в источниках [6]) для обоснования выбора материалов при реконструкции промышленных объектов уже давно применяется более совершенный инструмент - методология анализа стоимости жизненного цикла (Life Cycle Cost, LCC). Эта методика оценивает материал не по моменту покупки, а как долгосрочную инвестицию. Процедура LCC включает четыре ключевых этапа:

Технический анализ: изучение прочностных, механических свойств и конструктивных возможностей материала.

Оценка первоначальных вложений: моделирование и подсчет того, сколько стоит закупить и установить материал.

Прогноз затрат на весь срок службы: расчет совокупных расходов за всё время эксплуатации здания, включая плановые обслуживания, неизбежные ремонты, а также затраты на энергоэффективность (отопление/охлаждение).

Сравнительный анализ: сопоставление альтернативных материалов или решений (например, композит против стали) по итоговому интегральному показателю совокупных затрат за 50-100 лет.

Наиболее показательным примером экономической эффективности современных материалов является сравнение стеклопластиковой арматуры и профилей (GFRP) с традиционными стальными конструкциями при реконструкции промышленных зданий, которое провели отечественные и зарубежные ученые [6-8].

Будем рассматривать экономическую эффективность по следующим показателям: первоначальные инвестиции, эксплуатационные расходы, остаточная стоимость (см. табл. 3).

Таблица 3

Сравнение экономических показателей стальных и композитных (GFRP) конструкций при реконструкции промышленных объектов

Показатели	Стальные конструкции	Композитные конструкции (GFRP)	Экономический эффект
Первоначальные инвестиции	100%	+15%	Увеличение первоначальных инвестиций на начальном этапе
Эксплуатационные расходы	Высокие (антикоррозия)	Низкие (не требуется)	Снижение эксплуатационных расходов на 60–70%
Остаточная стоимость	Низкая	Высокая	Дополнительный возврат инвестиций
Стоимость жизненного цикла	100% (базовый уровень)	<26% от уровня стали	Экономия > 74% за жизненный цикл

Строительство объектов с использованием стеклопластиковой арматуры (GFRP) требует на 15% больших первоначальных вложений по сравнению со стальными аналогами. Этот разрыв объясняется двумя ключевыми факторами: во-первых, сырье для композитов обладает более высокой стоимостью, а во-вторых, производство композитных элементов сопряжено с технологической сложностью, что увеличивает себестоимость готовых изделий.

В эксплуатационных расходах, затраты меняются кардинально в пользу GFRP. Стальные сооружения вынуждают регулярно тратить значительные суммы на их содержание:

чтобы металл не ржавел, приходится грунтовать, красить и проводить плановые ремонты. У стеклопластика (GFRP) таких проблем нет: его устойчивость к коррозии делает защитные покрытия и особый уход ненужными. В итоге повседневные расходы стремятся к нулю на всем сроке службы.

Когда подходит к концу расчетный период эксплуатации, композитные детали почти не меняют своих свойств и пригодны к повторному применению. Их ликвидационная стоимость остается практически как у нового изделия. Со сталью всё иначе: из-за ржавления и разрушения металла его цена к моменту утилизации резко падает.

При подсчете всех издержек - от возведения до утилизации - выясняется, что полная цена композитной конструкции составляет меньше 26% от стоимости стальной. То есть сталь в конечном счете почти вчетверо более затрата.

Несмотря на то, что монтаж GFRP обходится на 15% дороже, в процессе эксплуатации он дает огромную выгоду: суммарные расходы снижаются на 74% относительно стального варианта. Это происходит из-за почти полного отсутствия трат на обслуживание и высокой остаточной стоимости пластиковых композитов.

В итоге, принимая инвестиционное решение, неразумно смотреть только на строительную смету. Нужно учитывать все предстоящие расходы на эксплуатацию, сервис и ремонты за весь жизненный цикл. С этой точки зрения GFRP - более экономичный вариант, даже если изначально он требует больших вложений.

Список литературы

1. Чеснокова Е. А., Редевелопмент промышленных территорий: экономические, социальные и экологические аспекты преобразования городской среды / Е. А. Чеснокова, А. С. Чесноков // В сборнике: Научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики. Сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. Пенза, - 2025. - С. 50-53.
2. Чеснокова Е. А., Совершенствование реализации проектов редевелопмента промышленных территорий / Е. А. Чеснокова, А. С. Чесноков // В сборнике: Цифровая экономика и бизнес: вызовы и возможности. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Воронеж, - 2024. - С. 30-35.
3. Москва онлайн [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://msk1.ru/text/transport/2025/11/22/76135055/?ysclid=mn2yeu7bql584178823>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 11.05.2026).
4. Архсовет Москвы [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://archsovet.msk.ru/article/aktualno/oblik-nazemnyh-pavil-onov-stancii-metro-zil-napomnit-o-proshlom-zavoda>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 11.05.2026).
5. Гигантская шестерня и металлоконструкции: облик наземных павильонов станции метро «ЗИЛ» напомнит о прошлом завода. [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://www.mos.ru/news/item/163239073/>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 11.05.2026).
6. Sustainable materials selection in industrial construction: A life-cycle based approach to compare the economic and structural performances of glass fibre reinforced polymer (GFRP) and steel. [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://www.iris.unisa.it/handle/11386/4883411>, (дата обращения: 11.05.2026).
7. Чеснокова Е. А., Обзор отечественных методик управления редевелопментом промышленных территорий / Е. А. Чеснокова, К. К. Паненков, Ю. М. Писарева // Строительство и недвижимость. - 2026. - № 1 (22). - С. 105-110.
8. Чеснокова Е. А., Редевелопмент в России: стратегии, вызовы и перспективы / Е. А. Чеснокова, К. К. Паненков, Ю. М. Писарева // Строительство и недвижимость. - 2025. - № 3 (18). - С. 20-26.

List of references

1. Chesnokova E. A., Redevelopment of industrial territories: economic, social and environmental aspects of urban environment transformation / E. A. Chesnokova, A. S. Chesnokov // In the collection: Scientific review: current issues of theory and practice. Collection of articles of the XVIII International Scientific and Practical Conference. Penza, 2025. pp. 50-53.
2. Chesnokova E. A., Improving the implementation of industrial territory redevelopment projects / E. A. Chesnokova, A. S. Chesnokov // In the collection: Digital Economy and Business: challenges and opportunities. Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh, - 2024. - pp. 30-35.
3. Moscow online [Electronic resource]: Access mode URL: <https://msk1.ru/text/transport/2025/11/22/76135055/?ysclid=mn2yeu7bql584178823>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 05/11/2026).
4. Arch Council of Moscow [Electronic resource]: Access mode URL: <https://archsovet.msk.ru/article/aktualno/oblik-nazemnyh-pavil-onov-stancii-metro-zil-napomnit-o-proshlom-zavoda>, Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of reference: 05/11/2026).
5. Giant gear and metal structures: the appearance of the ground pavilions of the ZIL metro station will remind of the plant's past. [Electronic resource]: Access mode URL: <https://www.mos.ru/news/item/163239073/>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 05/11/2026).
6. Sustainable materials selection in industrial construction: A life-cycle based approach to compare the economic and structural performances of glass fibre reinforced polymer (GFRP) and steel. [Electronic resource]: Access mode URL: <https://www.iris.unisa.it/handle/11386/4883411>, (date of access: 05/11/2026).
7. Chesnokova E. A., Review of domestic methods for managing the redevelopment of industrial territories / E. A. Chesnokova, K. K. Panenkov, Y. M. Pisareva // Construction and real estate. - 2026. - № 1 (22). - Pp. 105-110.
8. Chesnokova E. A., Redevelopment in Russia: strategies, challenges and prospects / E. A. Chesnokova, K. K. Panenkov, Y. M. Pisareva // Construction and real estate. - 2025.- № 3 (18). - Pp. 20-26.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 332.1: 614.2

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОПРОФИЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕНТРОВ И УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Ю. Нерозина^{1,2}, Г. В. Сыч², Д. А. Чернышов¹

Нерозина Светлана Юрьевна, ¹Воронежский государственный технический университет, кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ²Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления в здравоохранении, E-mail: nerozina@cchgeu.ru

Сыч Галина Владимировна, ²Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко, кандидат медицинских наук, доцент кафедры управления в здравоохранении, E-mail: sichgala@gmail.com

Чернышов Даниил Алексеевич, ¹Воронежский государственный технический университет, студент гр. бПГС-222, E-mail: dan24012004@yandex.ru

Аннотация: в данной статье рассматривается инвестиционная привлекательность строительства многопрофильных медицинских центров и специализированных учреждений здравоохранения в Воронежской области. Основываясь на всестороннем сравнительном анализе демографических, экономических, социальных, инфраструктурных и нормативных факторов, проводя данное исследование, оцениваются риски, доходность проектов, стратегические возможности, как для частных, так и для государственных инвесторов. В ходе написания данной работы были выявлены явные преимущества каждой модели, а также и основные проблемы, после чего предложены практические рекомендации по улучшению инвестиционного климата в области развития инфраструктуры здравоохранения для рассматриваемого региона. Целью данного исследования является сравнение инвестиционной привлекательности двух основных типов медицинских организаций: многопрофильных медицинских центров и специализированных медицинских учреждений.

Ключевые слова: здравоохранение, строительство, инвестиции, многопрофильные медицинские центры, узкоспециализированные учреждения.

ASSESSMENT OF THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE CONSTRUCTION OF MULTIDISCIPLINARY MEDICAL CENTERS AND HIGHLY SPECIALIZED INSTITUTIONS IN THE VORONEZH REGION

S. Yu. Nerozina^{1,2}, G. V. Sych², D. A. Chernyshov¹

Nerozina Svetlana Yurievna, ¹Voronezh State Technical University, PhD in Economics, Associate Professor of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management,

²Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko, PhD in Economics, Associate Professor of Health Management, E-mail: nerozina@cchgeu.ru

Sych Galina Vladimirovna, ²Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Healthcare Management, E-mail: sichgala@gmail.com

Chernyshov Daniil Alekseevich, ¹Voronezh State Technical University, student gr. bPGS-222, E-mail: dan24012004@yandex.ru

Abstract: this article examines the investment attractiveness of building multidisciplinary medical centers and specialized healthcare facilities in the Voronezh Region. Based on a comprehensive comparative analysis of demographic, economic, social, infrastructural and regulatory factors, this study evaluates the risks, profitability of projects, and strategic opportunities for both private and public investors. During the writing of this paper, the clear advantages of each model were identified, as well as the main problems, after which practical recommendations were proposed to improve the investment climate in the field of health infrastructure development for the region under consideration. The purpose of this study is to compare the investment attractiveness of two main types of medical organizations: multidisciplinary medical centers and specialized medical institutions.

Keywords: healthcare, construction, investments, multidisciplinary medical centers, highly specialized institutions.

Сфера здравоохранения в России претерпевает большие изменения, обусловленные такими национальными проектами, как «Здравоохранение» (старт 01.12.2019 г. – завершение 31.12.2024 г.) [1] и «Продолжительная и активная жизнь» (начался в 2025 г.) [2]. В них особое внимание уделяется модернизации, доступности и качеству оказания медицинской помощи населению. Можно сказать, что Воронежская область при количестве населения 2,3 млн. человек является стратегически важным регионом для развития здравоохранения. Расположение области в составе Центрального федерального округа, развитая транспортная инфраструктура и постоянно увеличивающийся спрос на высококачественное медицинское обслуживание, делают её достаточно привлекательным местом для вложения инвестиций в объекты здравоохранения.

Многопрофильные медицинские центры - это крупные организации, представляющие собой большой перечень услуг, включающий в себя диагностику, амбулаторное лечение, хирургическое вмешательство и реабилитацию, а вот специализированные, наоборот, направлены на определенные области медицины [3,4] (см. табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика многопрофильных и узкоспециализированных учреждений

Критерий	Многопрофильные медицинские центры	Узкоспециализированные учреждения
Масштаб инвестиций	Требуют значительных капитальных вложений на этапе строительства и оснащения. Необходимо предусмотреть помещения для различных отделений (терапевтического, хирургического, диагностического, реабилитационного и т.д.), закупить разноплановое оборудование и обеспечить штат специалистов разных профилей. Общая стоимость проекта может в 2-3 раза превышать затраты на создание узкопрофильного учреждения аналогичного масштаба.	Вложения, как правило, умеренные или высокие, но более предсказуемые и целенаправленные. Финансирование концентрируется на одном направлении (например, кардиологии, онкологии, ортопедии), что позволяет оптимизировать расходы: закупать специализированное оборудование, нанимать профильных специалистов и адаптировать помещения под конкретные задачи. Экономия достигается за счёт отсутствия необходимости дублировать инфраструктуру для других направлений.
Риски [5]	Более высокая степень риска из-за сложности управления многопрофильными процессами. Зависимость от стабильности работы всех отделений: сбой в одном может повлиять на функционирование всего центра. Подвержены регуляторным изменениям сразу по нескольким направлениям медицины. Чувствительны к колебаниям спроса на разные виды услуг и кадровым дефицитам в отдельных специальностях.	Риски ниже и более управляемы благодаря узкой специализации. Учреждение меньше зависит от изменений в смежных областях медицины. Однако существует риск резкого снижения спроса на конкретное направление (например, из-за изменения стандартов лечения или страховых программ). Высокая зависимость от квалификации и наличия узких специалистов.
Доходность и источники финансирования	Доход формируется за счёт широкого спектра услуг, что обеспечивает стабильный поток пациентов. Возможность комбинировать платные и бесплатные (по ОМС) услуги. Высокая пропускная способность и возможность предлагать комплексные программы (check-up, реабилитация) повышают выручку. Однако маржинальность отдельных услуг может быть невысокой.	Высокая маржинальность услуг в востребованных направлениях (ЭКО, кардиохирургия, нейрохирургия, онкологическая диагностика). Возможность устанавливать премиальные цены за счёт уникальности и качества услуг. Часто ориентированы на целевую аудиторию с высокой платёжеспособностью или на корпоративные контракты. Меньшая зависимость от ОМС, но выше доля платных услуг.
Государственная поддержка	Часто включаются в региональные программы модернизации здравоохранения как ключевые объекты инфраструктуры. Могут получать целевое финансирование на строительство, переоснащение, участие в нацпроектах. Участвуют в программах ГЧП с долгосрочными гарантиями загрузки.	Могут претендовать на целевое финансирование в рамках профильных программ (например, борьба с онкологическими заболеваниями, развитие кардиологической помощи). Поддержка может включать гранты на закупку высокотехнологичного оборудования, субсидии на обучение персонала. Участие в ГЧП возможно, но чаще ограничено рамками конкретного направления.

Продолжение табл. 1

Рынок услуг и целевая аудитория	Ориентированы на широкий круг пациентов: от первичной диагностики до сложных вмешательств. Подходят для крупных городов и агломераций с высокой плотностью населения. Способны обеспечить преемственность лечения - от консультации до реабилитации. Привлекательны для пациентов, ценящих удобство «одного окна».	Целевая аудитория – пациенты с конкретными заболеваниями или потребностями (например, бесплодие, заболевания опорно-двигательного аппарата, онкологические патологии). Эффективны в регионах с дефицитом таких услуг или как центры передового опыта. Могут привлекать пациентов из соседних регионов за счёт узкой экспертизы.
Операционные расходы	Высокие постоянные затраты: содержание большого штата, обслуживание разнообразного оборудования, поддержание инфраструктуры нескольких отделений. Значительные расходы на логистику, документооборот и ИТ-системы для интеграции данных разных профилей.	Более низкие операционные расходы за счёт оптимизации процессов. Узкая специализация позволяет сократить штат, минимизировать дублирование функций и снизить затраты на обучение персонала. Расходы на оборудование и расходные материалы предсказуемы и привязаны к основному направлению.
Сроки окупаемости	Длительные сроки окупаемости (5-7 лет и более) из-за высоких начальных инвестиций и необходимости набирать клиентскую базу по всем направлениям. Зависит от локации, конкуренции и эффективности маркетинга.	Более короткие сроки окупаемости (3-5 лет) при условии востребованности специализации. Быстрая загрузка возможна за счёт фокуса на высокомаржинальных услугах и чёткого позиционирования на рынке.
Кадровые потребности	Требуют привлечения широкого круга специалистов: терапевтов, хирургов, диагностов, реабилитологов и т.д. Необходимы управленцы с опытом координации многопрофильной работы. Высокие затраты на обучение и удержание персонала.	Фокус на специалистах конкретного профиля (кардиологи, онкологи, ортопеды и т.д.). Проще формировать команду с глубокой экспертизой. Возможность привлекать ведущих экспертов в узкой области повышает репутацию учреждения.
Гибкость и адаптация	Менее гибкие из-за сложной структуры. Изменения в одном отделении могут затрагивать другие процессы. Переориентация на новые направления требует значительных ресурсов.	Высокая гибкость: легче внедрять новые технологии и методики в рамках специализации, оперативно реагировать на изменения спроса и стандартов лечения. Возможность быстрого масштабирования успешных практик.

Демографические и социально-экономические особенности Воронежской области глобально оказывают влияние на спрос медицинских услуг. Несмотря на то, что данный регион с таким большим количеством жителей (после проведенного анализа численности населения), но можно констатировать такой факт, что все же есть небольшое сокращение численности из-за миграционного оттока людей, старения демографической структуры и специальной военной операции. Касаемо возрастающего числа пожилых граждан увеличивается спрос на гериатрическую помощь, сердечно-сосудистые услуги и программы по реабилитации.

Урбанизация еще больше формирует потребность в здравоохранении, потому что около 70% населения проживают в городах, в результате чего спрос на медицинские услуги сосредоточен в городе Воронеже и крупных населенных пунктах. Такая концентрация в

городах создает благоприятные условия для создания крупных многопрофильных центров, способных обслуживать широкий круг пациентов. В то же время распространенность хронических заболеваний, особенно сердечно-сосудистых, онкологических и респираторных, порождает высокий спрос на специализированные, высокотехнологичные медицинские вмешательства [6]. Эти факторы в совокупности создают двойную возможность: многопрофильные центры могут удовлетворять потребности в общей и профилактической помощи, в то время как специализированные учреждения могут оказывать помощь районам с высоким бременем заболеваний, предлагая передовые методы лечения.

Инвесторы, вкладывающие средства в инфраструктуру здравоохранения Воронежской области, получают выгоду от благоприятной нормативно-правовой и финансовой среды. Правительство региона реализовало Государственную программу «Развитие здравоохранения», в рамках которой в 2025 году было выделено около 42,5 млрд. руб. на новое строительство, обновление оборудования и модернизацию объектов [7]. Эта программа включает механизмы совместного финансирования государственно-частного партнерства (далее ГЧП), что облегчает выход частных компаний на рынок.

Инициативы на национальном уровне еще больше укрепляют региональные усилия. Такие программы, как национальный проект «Продолжительная и активная жизнь», обеспечивают дополнительное финансирование на покупку современного и новейшего медицинского оборудования, систем телемедицины и цифровой инфраструктуры здравоохранения [8]. Эти федеральные ресурсы дополняют местные инвестиции и помогают снизить финансовую нагрузку на частных застройщиков [9].

В регионе на законодательном уровне поддерживаются механизмы ГЧП, позволяющие заключать концессионные соглашения, договоры аренды с инвестиционными обязательствами и создавать совместные предприятия между государственными органами и частными фирмами. Для того чтобы упростить административные процедуры для инвесторов, связанные с подбором земельных участков и упрощением взаимодействия с контролирующими органами, региональные инвестиционные агентства оказывают большую помощь инвесторам при этом. Они предоставляют дополнительные стимулы по снижению налоговых ставок, субсидий на выплату процентов по кредитам, а также льготные условия по договорам земельного пользования и аренды земельного участка. Такие меры значительно улучшают соотношения рисков и доходов от проектов в сфере здравоохранения и стимулируют приток частного капитала.

Многопрофильные центры требуют значительных первоначальных капиталовложений, в связи с их широкими потребностями в инфраструктуре, разнообразном медицинском оборудовании и большом количестве высококомпетентного персонала. Однако, они извлекают выгоду от широкой базы пациентов и множества источников дохода по различным направлениям их обслуживания. Их способность оказывать комплексную медицинскую помощь - от первичных консультаций до сложных операций и реабилитации - повышает лояльность пациентов, и может привести к стабильному доходу в будущем [10].

В отличие от этого, специализированным медицинским учреждениям зачастую требуются большие первоначальные вложения, при этом концентрируя ресурсы на более узком спектре услуг, пользующихся повышенным спросом. Такая политика позволяет повысить эффективность работы, оптимизировать рабочие процессы и подобрать целевой персонал, что может повлиять на снижение текущих расходов. Специализированные центры также выигрывают от более высокой рентабельности в определенных областях медицины, особенно в онкологии, ортопедической хирургии и вспомогательных репродуктивных технологиях, где пациенты очень часто готовы платить большие деньги за качественное лечение.

Динамика рынка в Воронежской области свидетельствует о том, что обе модели могут успешно работать, но при разных условиях. Многопрофильные центры лучше всего

расположены в густонаселенных городских районах, где широкий спектр услуг пользуется постоянным спросом. Специализированные же учреждения, с другой стороны, могут добиться успеха, либо заполнив пробелы в недостаточно обслуживаемых областях медицины, либо зарекомендовав себя как региональные справочные центры для комплексного лечения [11].

Оба типа учреждений сталкиваются с различными профилями рисков. Многопрофильные центры сталкиваются с более высокой сложностью в эксплуатации и большей подверженностью изменениям нормативных актов, затрагивающим множество направлений обслуживания. Работа многопрофильных медицинских центров сопряжена с необходимостью регулярно вкладывать средства в повышение квалификации сотрудников и модернизацию техники в разных отделениях. Поскольку все подразделения тесно связаны между собой, сбой в деятельности даже одного из них способен нарушить общий рабочий процесс и повысить уровень системных рисков.

Учреждения узкого профиля, несмотря на свою высокую специализацию, подвержены рискам, связанным с динамикой заболеваемости и изменениями в системе оплаты медицинских услуг. К примеру, если востребованность определённого направления падает либо корректируются условия страхования, это может привести к существенному снижению доходов. Зато благодаря более компактной структуре такие организации способны оперативнее перестраиваться и перераспределять ресурсы - в отличие от крупных многопрофильных центров.

И те, и другие типы медучреждений в Воронежской области сталкиваются с рядом общих трудностей:

- бюрократическими препятствиями;
- нестабильностью объёмов господдержки;
- конкуренцией с федеральными здравоохранительными проектами.

Значительная часть регионального бюджета формируется за счёт федеральных трансфертов, из-за чего возникают сложности с долгосрочным планированием. Ещё одна хроническая проблема - дефицит квалифицированных медиков, в особенности узких специалистов. Это напрямую сказывается и на продуктивности работы учреждений, и на уровне обслуживания пациентов [12].

Чтобы сделать сферу здравоохранения Воронежской области более привлекательной для инвесторов, имеет смысл реализовать несколько стратегических инициатив:

1. Развивать государственно-частное партнёрство. Это позволит активнее задействовать частный сектор, особенно в высокотехнологичных и узкоспециализированных направлениях медицины, требующих существенных капиталовложений.

2. Запустить целевые образовательные программы совместно с местными медицинскими вузами. Такой подход поможет восполнить кадровый дефицит и обеспечить постоянный приток компетентных специалистов.

3. Оптимизировать административные процедуры. Упрощение процессов выделения земельных участков, лицензирования и согласования строительства сократит сроки запуска новых проектов и снизит первоначальные барьеры для потенциальных инвесторов.

4. Предлагать готовые инвестиционные площадки. Создание территорий с уже подведённой инфраструктурой (инженерные сети, транспортная доступность) сделает вложения более привлекательными для частного капитала.

5. Запустить региональный инвестиционный портал в сфере здравоохранения. Единая онлайн-платформа с прозрачной информацией о спросе на услуги, источниках финансирования и действующих нормативах повысит доверие инвесторов и ускорит принятие управленческих решений.

Привлекательность инвестиций в медицинские учреждения Воронежской области определяется целым комплексом факторов: демографической ситуацией, законодательными

условиями, экономической обстановкой и операционными рисками. Многопрофильные центры выигрывают за счёт широкой клиентской базы и диверсификации доходов, тогда как специализированные организации могут достигать более высокой рентабельности, фокусируясь на наиболее востребованных медицинских направлениях.

Оптимальным решением видится сбалансированное сочетание обеих моделей, подкреплённое: конструктивным взаимодействием государства и бизнеса; адресными мерами поддержки и целенаправленным развитием кадрового потенциала. Такой подход позволит не только повысить доступность и качество медицинской помощи в регионе, но и обеспечить устойчивую доходность для инвесторов.

Список литературы

1. Национальный проект «Здравоохранение» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://национальныепроекты.рф/projects/zdravookhranenie/>, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 20.05.2026).
2. Национальный проект «Продолжительная и активная жизнь» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <http://government.ru/rugovclassifier/917/about/>, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 20.05.2026).
3. Багдасарян, Д. Г. Факторы формирования конкурентной среды многопрофильных медицинских центров на рынке медицинских услуг / Д. Г. Багдасарян // Актуальные проблемы экономики в условиях глобальных вызовов : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Белгород, 16–19 марта 2021 года. Том Часть 1. – Белгород: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 2021. – С. 81-90.
4. Специализированные центры лечения как новый этап развития специализированной медицинской помощи детям в Москве / И. М. Османов, И. Н. Захарова, С. Н. Борзакова [и др.] // Труды Научно-исследовательского института организации здравоохранения и медицинского менеджмента : Сборник научных трудов. – Москва : Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента, 2024. – С. 230-237.
5. Нерозина, С. Ю. Риски и стратегии управления медицинской коммерческой недвижимостью в условиях региональной экономики / С. Ю. Нерозина, А. В. Лушникова, В. В. Сидельников // Строительство и недвижимость. – 2026. – № 2(23). – С. 96-104.
6. Чайкина, Н. Н. К вопросу о влиянии факторов риска на развитие сердечно-сосудистых заболеваний / Н. Н. Чайкина, Г. В. Сыч, Н. Н. Анучина [и др.] // Актуальные проблемы управления здоровьем населения : Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Нижний Новгород, 13 февраля 2025 года. – Нижний Новгород: Приволжский исследовательский медицинский университет, 2025. – С. 27-32.
7. Более 42,5 млрд. руб. потратят в Воронежской области по программе здравоохранения [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://chr.rbc.ru/chr/freenews/678dec049a794716d7a16ffd>, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 11.05.2026).
8. Цуркан, А. А. Телемедицинское консультирование: практика применения и точки роста / А. А. Цуркан, Н. Е. Нехаенко, О. В. Судаков, Г. В. Сыч // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2025. – Т. 24, № 1. – С. 103-112.
9. Нерозина, С. Ю. Синергетические экосистемы: роль комплексного развития территорий в создании кластеров биомедицинских инноваций на стыке строительства, экономики и здравоохранения / С. Ю. Нерозина, А. В. Лушникова, А. А. Осипов // Строительство и недвижимость. – 2026. – № 1(22). – С. 131-138.

10. Нерозина, С. Ю. Минимизация инвестиционных затрат и выбор оптимальных источников финансирования для строительства частного медицинского центра / С. Ю. Нерозина, С. И. Ушаков, М. В. Пшеничникова, П. А. Яковлева // Строительство и недвижимость. – 2026. – № 1(22). – С. 139-144.

11. Анализ рынка медицинских услуг в Воронежской области в 2019-2023 гг. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL:, прогноз на 2024-2028 гг. <https://marketing.rbc.ru/research/27510/>, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 11.05.2026).

12. Нерозина, С. Ю. Анализ системы управления качеством и безопасностью медицинской деятельности в здравоохранении / С. Ю. Нерозина, А. А. Донских, А. В. Лушникова // Актуальные проблемы управления здоровьем населения : Тематический сборник научных трудов по результатам Девятой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Нижний Новгород, 12 февраля 2026 года. – Нижний Новгород: Приволжский исследовательский медицинский университет, 2026. – С. 79-86.

List of references

1. National project "Healthcare" [Electronic resource]: Available at: URL: <https://национальныепроекты.Russian Federation/projects/zdravookhranenie/>, Title. From the screen. - Yaz. Rus. (date of access: 05/20/2026).

2. National project "Long and active life" [Electronic resource]: Access mode: URL: <http://government.ru/rugovclassifier/917/about/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 05/20/2026).

3. Baghdasaryan, D. G. Factors of the formation of a competitive environment of multidisciplinary medical centers in the medical services market / D. G. Baghdasaryan // Actual problems of economics in the context of global challenges : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. In 2 parts, Belgorod, March 16-19, 2021. Volume Part 1. Belgorod: Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, an autonomous Non-profit Organization of Higher Education, 2021, pp. 81-90.

4. Specialized treatment centers as a new stage in the development of specialized medical care for children in Moscow / I. M. Osmanov, I. N. Zakharova, S. N. Borzakova [et al.] // Proceedings of the Scientific Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management : Collection of scientific papers. Moscow : Scientific Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management, 2024, pp. 230-237.

5. Nerozina, S. Y. Risks and strategies of management of medical commercial real estate in the regional economy / S. Y. Nerozina, A.V. Lushnikova, V. V. Sidelnikov // Construction and real estate. – 2026. – № 2(23). – Pp. 96-104.

6. Chaikina, N. N. On the issue of the influence of risk factors on the development of cardiovascular diseases / N. N. Chaikina, G. V. Sych, N. N. Anuchina [et al.] // Actual problems of public health management : Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation Nizhny Novgorod, February 13, 2025. Nizhny Novgorod: Volga Region Research Medical University, 2025, pp. 27-32.

7. More than 42.5 billion rubles will be spent in the Voronezh region under the healthcare program [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://chr.rbc.ru/chr/freenews/678dec049a794716d7a16ffd>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 05/11/2026).

8. Turkan, A. A. Telemedicine consulting: application practice and growth points / A. A. Turkan, N. E. Nekhaenko, O. V. Sudakov, G. V. Sych // System analysis and management in biomedical systems. – 2025. – Vol. 24, No. 1. – pp. 103-112.

9. Nerozina, S. Y. Synergetic ecosystems: the role of integrated territorial development in creating clusters of biomedical innovations at the junction of construction, economics and

healthcare / S. Y. Nerozina, A.V. Lushnikova, A. A. Osipov // Construction and Real estate. – 2026. – № 1(22). – Pp. 131-138.

10. Nerozina, S. Y. Minimizing investment costs and choosing optimal sources of financing for the construction of a private medical center / S. Y. Nerozina, S. I. Ushakov, M. V. Pshenichnikova, P. A. Yakovleva // Construction and real estate. – 2026. – № 1(22). – Pp. 139-144.

11. Analysis of the medical services market in the Voronezh region in 2019-2023 [Electronic resource]: Available at URL; forecast for 2024-2028. [https://marketing.rbc.ru/research/27510 /](https://marketing.rbc.ru/research/27510/), Title. From the screen. - In Russian (accessed: 05/11/2026).

12. Nerozina, S. Y. Analysis of the quality management system and safety of medical activities in healthcare / S. Y. Nerozina, A. A. Donskikh, A.V. Lushnikova // Actual problems of public health management : A thematic collection of scientific papers based on the results of the Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Nizhny Novgorod, February 12, 2026. Nizhny Novgorod: Volga Region Research Medical University, 2026, pp. 79-86.

Научное издание

СТРОИТЕЛЬСТВО И НЕДВИЖИМОСТЬ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выпуск № 4 (25), 2026

Дата выхода в свет: 01.08.2026.

Объем данных 16,7 Мб