



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

ISSN 2949-3749 (Online)

СТРОИТЕЛЬСТВО И НЕДВИЖИМОСТЬ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

70



95

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Выпуск № 2 (23), 2026

ISSN 2949-3749 (Online)

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

СТРОИТЕЛЬСТВО И НЕДВИЖИМОСТЬ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



Выпуск № 2 (23), 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

- Степанова В. И., Мальцев Б. А.** 6
Мониторинг соблюдения строительных норм и правил размещения зон
кладбищ при планировке и застройке сельских поселений с помощью
данных дистанционного зондирования
- Строганова Л. А., Мирошникова А. О.** 14
Трансформация транзитных пешеходных коммуникаций в пространства
социальной интеграции в среде современной жилой застройки

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Арзуманов Арб. А., Столярова Т. А., Болотников Д. И.** 19
Перспективы использования подземного пространства для развития городской
инфраструктуры
- Гойкалов А. Н., Быц М. Д., Горшенин Д. А.** 26
Анализ архитектурного формирования малоэтажных жилых гражданских
зданий с применением деревянных конструкций
- Казаков Д. А., Горловой Д. Ю., Кубышкин О. Е.** 35
Организация строительства большепролётных покрытий спортивных
сооружений: сравнительный анализ технологий монтажа металлических ферм
и вантовых систем
- Казаков Д. А., Гришин М. А., Дробышев М. А.** 42
Особенности организации строительства некапитальных объектов со сложной
геометрией на примере павильона «АТОМ» на ВДНХ
- Казаков Д. А., Русанов В. А.** 48
Беспилотные летательные аппараты как средство мониторинга в
строительстве
- Понявина Н. А., Комаров Н. С., Минакова Е. А.** 54
Сравнительный анализ методов самовосстановления бетона для повышения
долговечности железобетонных конструкций
- Сергеева А. Ю., Воронин И. С., Мясичев Р. Ю., Сергеев Ю. Д.** 62
Актуальность применения БПЛА при проведении строительно-технической
экспертизы
- Сергеева А. Ю., Куликов А. Н., Куликова О. В.** 69
Обеспечение надежности жилых зданий в условиях длительной эксплуатации

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Косовцева И. А., Полякова А. В.** 75
Критерии энергоэффективности в системе оценки инвестиционной привлекательности проектов жизненного цикла объектов коммерческой недвижимости
- Столярова Т. А., Арзуманов Арм. А., Туковский А. А.** 80
Обзор классификации девелопмента по типу конечного продукта на примере объектов города Воронежа

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

- Горбанева Е. П., Нерозина С. Ю., Яковлева П. А., Пшеничникова М. В.** 87
Особенности взаимодействия участников банковского проектного финансирования в разрезе оценки потребностей инвестиционно-строительного проекта
- Нерозина С. Ю., Лушникова А. В., Сидельников В. В.** 96
Риски и стратегии управления медицинской коммерческой недвижимостью в условиях региональной экономики

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

УДК 711:718.528

МОНИТОРИНГ СОБЛЮДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОН КЛАДБИЩ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ И ЗАСТРОЙКЕ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. И. Степанова, Б. А. Мальцев

Степанова Вера Игоревна, *руководитель картографической группы института биологического приборостроения с опытным производством РАН - обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, E-mail: agroecology@inbox.ru*

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

Аннотация: мониторинговые исследования с помощью данных дистанционного зондирования выявили несоблюдение строительных норм и правил при планировке и застройке жилой зоны в сельских поселениях в отношении размещения кладбищ на примере п. Ровеньки Ровеньского района Белгородской области. В результате исследования, были проанализированы все отменённые (ранее действующие) и настоящие (действующие) нормы и правила в отношении размещения кладбищ в границах сельского населённого пункта. С помощью космических снимков и разновременных карт, удалось сопоставить развитие п. Ровеньки в отношении расширения его границ, а также в реальном времени, используя космический снимок 2026 года с высоким разрешением, определить расстояния от частных домов до границы зоны кладбища. Исследования показали, что отступы являются критическими, без соблюдения санитарно-защитной зоны на карте градостроительного зонирования правил землепользования и застройки п. Ровеньки.

Ключевые слова: планировка сельских поселений, строительные нормы и правила, планировка кладбищ, селитебная зона, дистанционное зондирование.

MONITORING COMPLIANCE WITH BUILDING CODES AND REGULATIONS FOR PLACEMENT OF CEMETERY ZONES DURING PLANNING AND DEVELOPMENT OF RURAL SETTLEMENTS USING REMOTE SENSING DATA

V. I. Stepanova, B. A. Maltsev

Stepanova Vera Igorevna, *head of the cartographic group of the Institute of Biological Instrumentation with pilot production of the Russian Academy of Sciences - a separate unit of the Federal Research Center of the PCBI RAS, E-mail: agroecology@inbox.ru*

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

Abstract: monitoring studies using remote sensing data revealed non-compliance with construction standards and rules when planning and developing a residential area in rural

settlements in relation to the placement of cemeteries on the example of the village of Rovenki, Rovensky District, Belgorod Region. As a result of the study, all canceled (previously valid) and present (current) norms and rules regarding the placement of cemeteries within the boundaries of a rural settlement were analyzed. Using space images and maps of different times, it was possible to compare the development of Rovenki settlement in relation to the expansion of its borders, as well as in real time, using a high-resolution space image of 2026, to determine the distances from private houses to the border of the cemetery zone. Studies have shown that the indents are critical, without observing the sanitary protection zone on the urban zoning map of the land use and development rules of Rovenki.

Keywords: planning of rural settlements, construction norms and rules, planning of cemeteries, residential area, remote sensing.

Согласно действующему законодательству в отношении размещения, расширения и реконструкции кладбищ необходимо использовать ряд строительных норм и правил. По положению СанПиН 2.1.2882-11 «Гигиенические требования к размещению, устройству и содержанию кладбищ, зданий и сооружений похоронного назначения» участок, отводимый под кладбище, должен иметь уклон в сторону, противоположную населенному пункту, открытых водоемов, а также при использовании населением грунтовых вод для хозяйственно-питьевых и бытовых целей [1, 2].

Кладбища с погребением путем предания тела умершего земле размещают на расстоянии от жилых, общественных зданий, спортивно-оздоровительных и санаторно-курортных зон в соответствии с санитарными правилами по санитарно-защитным зонам, которая зависит от площади кладбищ до 10 га - 100 метров; 10-12 га - 300 метров, 20-40 га - 500 метров, более 40 га - 1000 м [3].

В СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» в п.5.1. говорится, что в санитарно-защитной зоне не допускается размещать: жилую застройку, ландшафтно-рекреационные зоны, зоны отдыха, территории садоводческих товариществ и коттеджной застройки, дачных и садово-огородных участков, а также другие территории с нормируемыми показателями качества среды обитания; спортивные сооружения, детские площадки, образовательные и детские учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования. По объектам похоронного назначения выделяют классы опасности, и соответственно им устанавливается санитарно-защитная зона (см. табл.1).

Таблица 1

Классы опасности и размеры санитарно-защитных зон кладбищ

Объекты похоронного назначения	Класс опасности	Размер санитарно-защитной зоны, м
Крематории	I	1000
Кладбища площадью от 20-40 га	II	500
Кладбища площадью от 10-20 га	III	300
Кладбища площадью менее 10 га	IV	100
Закрытые кладбища (мемориальные комплексы)	V	50

Если, рассматривать законодательство действующее [5, 6], и которое уже утратило силу, тем не менее, оно являлось актуальным в более ранние исторические периоды, можно отметить, что также, как и в ныне действующем законодательстве, категорически запрещалось размещать кладбища на территории селитебной (жилой) зоны, и обязывали

размещать на внеселитебной территории не ближе 300 метров от жилой застройки, и площадь кладбища рекомендовали устанавливать исходя из расчёта 10-12 га на 100000 жителей [7-9].

Алевцева Е. А., также отмечает проблему установления санитарно-защитных зон кладбищ в настоящее время и рекомендует проводить анализ сведений, содержащихся в ЕГРН (Единый государственный реестр недвижимости) о санитарно-защитных зонах кладбищ для защиты жилых домов, источников водоснабжения и других уязвимых объектов от вредного воздействия, расположенных в непосредственной близости от кладбища [10].

Судебная практика подтверждает, что выявляются нарушения и привлекаются к ответственности должностные лица, обязанные следить за соблюдением норм, правил и требований при проектировании правил землепользования и застройки определённого сельского поселения, включая зоны с особыми условиями использования, к которым и относятся размещение кладбищ определённого класса опасности (дело № 2-56/2024 (2-743/2023)) [11].

Объектом исследования послужили кладбища в границах посёлка Ровеньки Белгородской области, расположенные не в соответствии с нормами и правилами планировки и застройки сельских поселений, а также без соблюдения санитарно-эпидемиологических требований.

Городское поселение «Посёлок Ровеньки» является административный центр Ровенького района Белгородской области, расположен на крайнем юго-востоке области, на реке Айдар, притоке Северского Донца, в 280 км от Белгорода и в 65 км от железнодорожной станции Россошь. Численность населения посёлка Ровеньки составляет 11 770 человек по состоянию на 01.01.2026 год.

По топографическим картам можно представить рельеф местности (рис. 1), характерный для посёлка Ровеньки. Расположены Ровеньки в низине в надпойменной и пойменной (затопляемой) левых и правых части берегов реки Айдар и ее притоков, особенно сильно это явление проявляется в период весеннего половодья, когда затопляет огороды, подвалы, и даже дома. Также, наблюдаются периоды, когда поднимается уровень грунтовых вод.

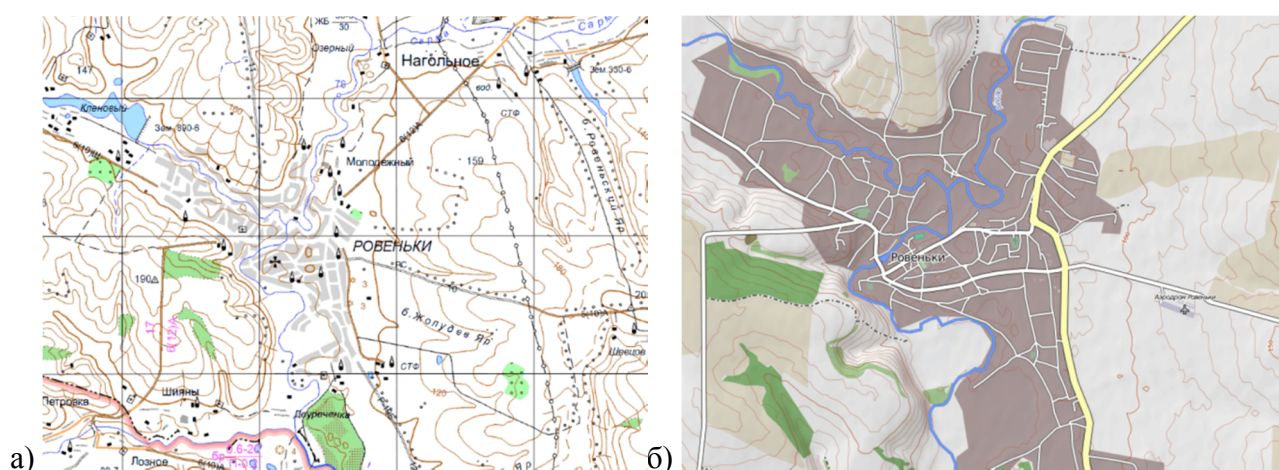


Рис. 1. Фрагменты топографических карт с расположением п. Ровеньки по отношению к рельефу местности: а) топографическая карта М-37-78-Б начала 2000 г.; б) современная топографическая карта проекта OpenStreetMaps

На карте градостроительного зонирования посёлка Ровеньки, чётко видны территориальные зоны с видом разрешённого использования, так например, в зону специального назначения входит зона кладбищ СО-1 (рис. 2). На территории п. Ровеньки

таких зон, существующих в настоящее время четыре, и все эти кладбища действуют без соблюдения норм и правил застройки и санитарно-эпидемиологических требований.

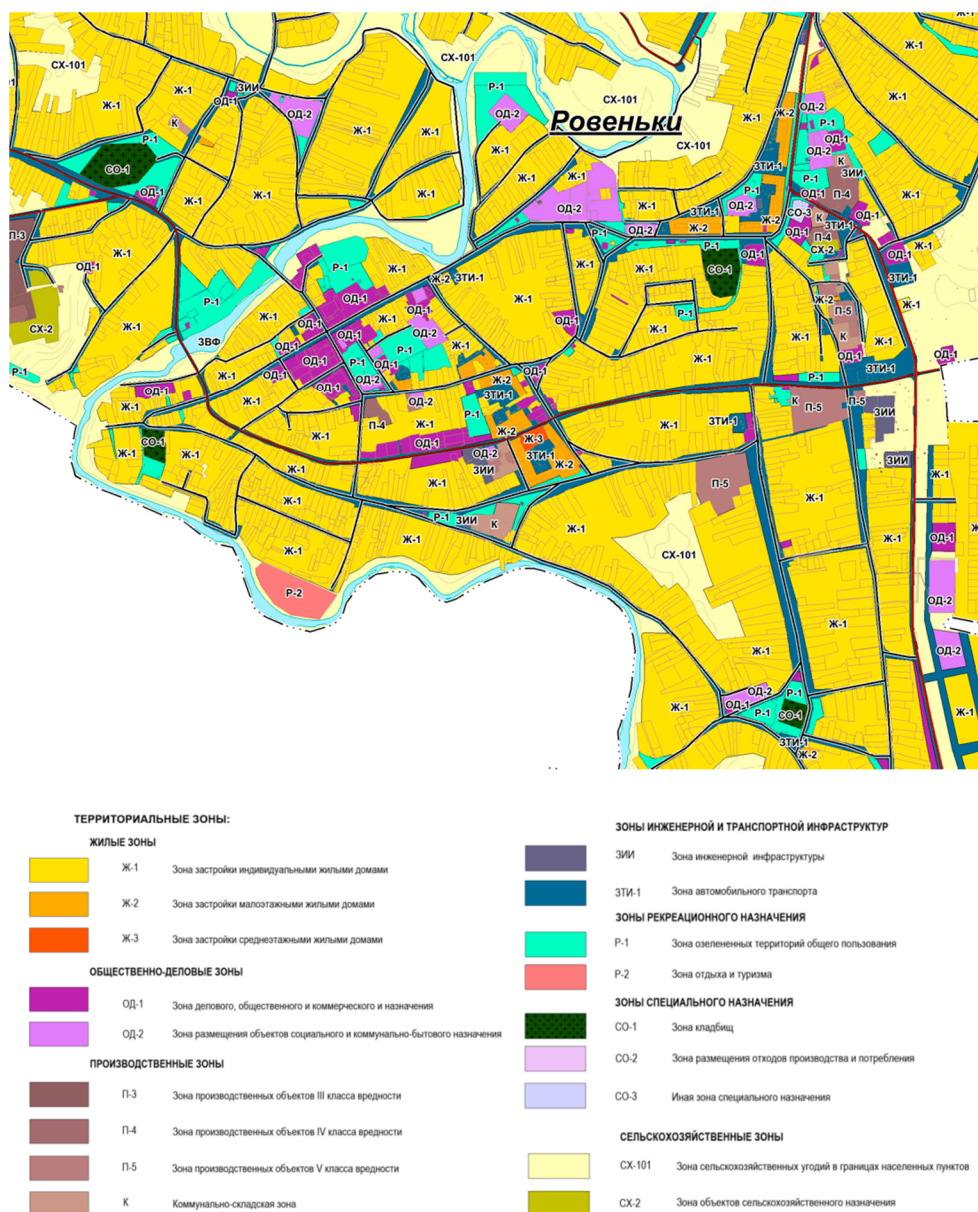
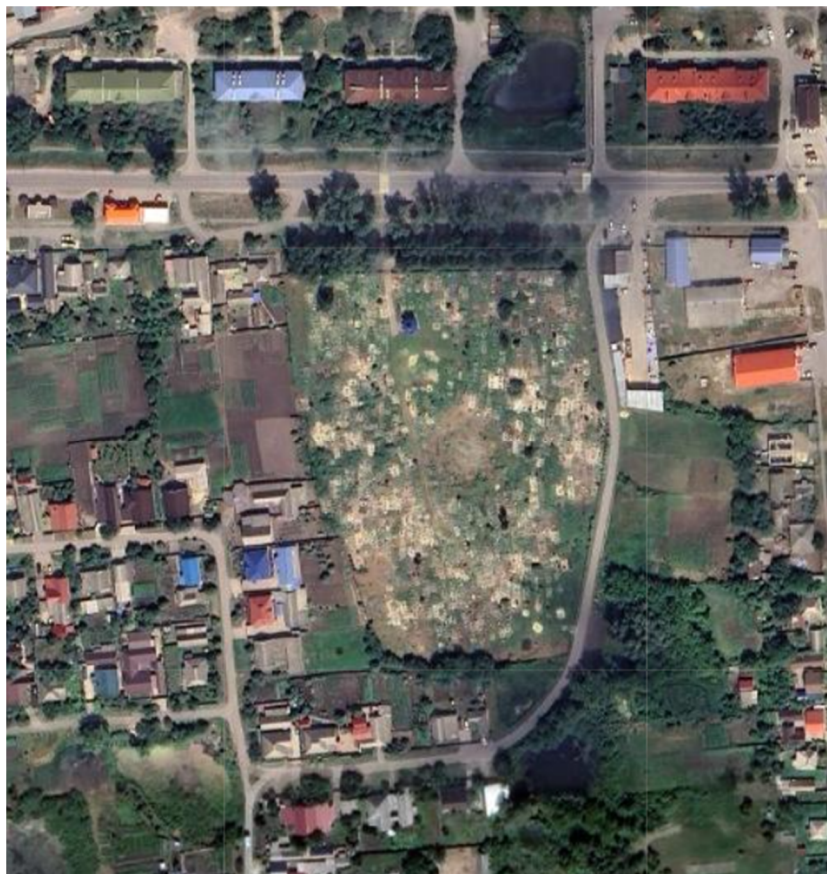


Рис. 2. Фрагмент карты градостроительного зонирования п. Ровеньки от 2021 г. (данные документов территориального планирования - правил землепользования и застройки официального сайта администрации «посёлок Ровеньки»)

С использованием данных дистанционного зондирования японского спутника The Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) на космическом снимке высокого разрешения в реальном времени (рис. 3), производились наблюдения и расчёты кратчайших расстояний от домов (объектов капитального строительства), расположенные в жилой зоне, до зоны специального назначения (зона кладбищ), а также от приусадебных участков этих домов до зоны кладбищ. В результате мониторинговых исследований, было выявлено: кладбище, расположенное по адресу ул. М. Горького, под кадастровым номером 31:24:0905047:286 общей площадью 23155 м² не имеет санитарно-защитной зоны. И, дома малоэтажной застройки зоны Ж-2 имеют расстояние от фундамента жилого дома (31:24:0905032:182) до зоны кладбища всего 79 м, детский сад зоны размещения объектов социального назначения

ОД-2 до зоны кладбища - 129 м, жилые дома зоны застройки индивидуальными жилыми домами Ж-1 по ул. Плякина имеют расстояния от домов до зоны кладбища 9 м (31:24:0905047:84), 14 м (31:24:0905047:294), 23 м (31:24:0905047:25), 32 м (31:24:0905067), 41 м (31:24:0905047:137), 44 м (31:24:0905047:43), 24 м (31:24:0905047:470), 18 м (31:24:0905047:2), а приусадебные участки соответствующих домов непосредственно примыкают к зоне кладбища.



а)



б)



в)

Рис. 3. Космический снимок зоны кладбища и прилегающие территории п. Ровеньки: а) зона кладбища и жилая зона без санитарно-защитной зоны; б) приусадебный участок и жилой дом по ул. М. Горького, д.28; в) приусадебные участки и жилые дома по ул. Плякина д. 36, д. 34, д. 32 (сверху вниз) (составлено авторами по данным дистанционного зондирования с использованием космического снимка GOSAT)

Аналогичная картина, имеется в зоне кладбищ по ул. Первомайская под кадастровым номером 31:24:0305059:143 общей площадью 8830 м², ул. Докучаева (31:24:0905013:149) площадью 35875 м² и по ул. Гагарина (31:24:0905039:405) общей площадью 9745 м² (рис. 4).



Рис. 4. Размещение кладбищ на территории п. Ровеньки: а) кладбище по ул. М.Горького под кадастровым номером 31:24:0905047:286; б) кладбище по ул. Гагарина (31:24:0905039:405) в) кладбище по ул. Первомайская (31:24:0305059:143); г) кладбище по ул. Докучаева (31:24:0905013:149) (составлено авторами по данным Публичной кадастровой карты)

В заключении, можно отметить, что несоблюдение санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований при размещении объектов определённых классов опасности, в частности кладбищ, несут последствия для населения в виде определённых групп заболеваний, а также оказывает психологическое давление. Санитарно-защитная зона для всех кладбищ на территории п. Ровеньки составляет 100 метров (IV класс опасности). Согласно, Федеральному закону «О погребении и похоронном деле», рекомендуется перенести зону кладбищ за пределы границ населённого пункта «посёлок Ровеньки», а на месте кладбищ через 20 лет необходимо провести рекультивацию данной территории и использовать её под зону зелёных насаждений.

Список литературы

1. СанПиН 2.1.2882-11 «Гигиенические требования к размещению, устройству и содержанию кладбищ, зданий и сооружений похоронного назначения» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12089475/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 19.03.2026).
2. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/12115118/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 19.03.2026).
3. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/400289764/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 20.03.2026).
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 20.03.2026).
5. СП 476.1325800.2020 «Территории городских и сельских поселений. Правила планировки, застройки и благоустройства жилых микрорайонов» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/74653230/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 21.03.2026).
6. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/406508041/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 21.03.2026).
7. СанПиН 2.1.1279-03 «Гигиенические требования к размещению, устройству и содержанию кладбищ, зданий и сооружений похоронного назначения» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/4179182/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 22.03.2026).
8. СНиП II-60-75 - глава СНиП «Планировка и застройка городов, посёлков и сельских населённых пунктов». Утверждена постановлением Госстроя СССР от 11 сентября 1975 г. №147 [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/2323973/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 22.03.2026).
9. СН 41-58 «Правила и нормы планировки и застройки городов (утверждённые Госстроем СССР от 01.12.1958 г.)» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/70863304/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 22.03.2026).
10. Алевцева, Е. А. Проблема установления санитарно-защитных зон кладбищ на примере Талицкого городского округа / Е. А. Алевцева, И. Н. Кустышева // Вестник магистратуры. 2025. №3-3 (162). [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-ustanovleniya-sanitarno-zaschitnyh-zon-kladbischna-primeretalitskogo-gorodskogo-okruga/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 22.02.2026).
11. Решение Целинского районного суда Ростовской области по гражданскому делу № 2-56/2024. Официальный сайт Судебные и нормативные акты РФ [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://sudact.ru/regular/doc/CFF45sf4qZYv/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 21.03.2026).
12. Федеральный закон от 12.01.1996 №8-ФЗ «О погребении и похоронном деле» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://base.garant.ru/105870/>, Загл. С экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 21.03.2026).

List of references

1. SanPiN 2.1.2882-11 "Hygienic requirements for the placement, arrangement and maintenance of cemeteries, buildings and structures for funeral purposes" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12089475/>, Title. From the screen. - In Russian (date of reference: 03/19/2026).
2. Federal Law No. 52-FZ of 30.03.1999 "On sanitary and Epidemiological welfare of the population" [Electronic resource]: Available at URL: <https://base.garant.ru/12115118/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 03/19/2026).
3. SanPiN 2.1.3684-21 "Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply to the population, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial and public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/400289764/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 03/20/2026).
4. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other facilities" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/>, Title. From the screen. - Yaz. rus. (date of reference: 03/20/2026).
5. SP 476.1325800.2020 "Territories of urban and rural settlements. Rules of planning, building and landscaping of residential neighborhoods" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/74653230/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 03/21/2026).
6. SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans" [Electronic resource]: Available at URL: <https://base.garant.ru/406508041/>, Title. From the screen. - Yaz. rus. (date of reference: 03/21/2026).
7. SanPiN 2.1.1279-03 "Hygienic requirements for the placement, arrangement and maintenance of cemeteries, buildings and structures for funeral purposes" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/4179182/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 03/22/2026).
8. SNiP II-60-75 - chapter of the SNiP "Planning and building of cities, towns and rural settlements". Approved by Resolution No. 147 of the USSR State Construction Committee dated September 11, 1975 [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/2323973/>, Title. From the screen. - Yaz. rus. (date of reference: 03/22/2026).
9. CH 41-58 "Rules and regulations of urban planning and development (approved by the USSR State Construction Committee on 12/01/1958)" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/70863304/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 03/22/2026).
10. Alevtseva, E. A. The problem of establishing sanitary protection zones of cemeteries on the example of the Talitsky urban district / E. A. Alevtseva, I. N. Kustysheva // Bulletin of the Magistracy. 2025. №3-3 (162). [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-ustanovleniya-sanitarno-zaschitnyh-zon-kladbishch-na-primere-talitskogo-gorodskogo-okruga/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 02/22/2026).
11. The decision of the Tselinsky District Court of the Rostov region in the civil case No. 2-56/2024. The official website of Judicial and regulatory acts of the Russian Federation [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://sudact.ru/regular/doc/CFF45sf4qZYv/>, Title. From the screen. - Yaz. rus. (date of reference: 03/21/2026).
12. Federal Law No. 8-FZ dated 12.01.1996 "On Burial and Funeral business" [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://base.garant.ru/105870/>, Title. From the screen. - In Russian (accessed: 03/21/2026).

УДК: 711.58:712.25:316.334.5

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТРАНЗИТНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ПРОСТРАНСТВА СОЦИАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ В СРЕДЕ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Л. А. Строганова, А. О. Мирошникова

Строганова Людмила Алексеевна, Воронежский государственный технический университет доцент кафедры дизайна, E-mail: lu.stroganova@gmail.com
Мирошникова Анна Олеговна, Воронежский государственный технический университет, студент гр. бДАС-211, E-mail: Annamirosnikova01457@gmail.com

Аннотация: исследование данной статьи посвящено трансформации пешеходных связей в жилой застройке: от утилитарных транзитных путей к полноценным общественным пространствам. Вместо монофункционального транзита обосновывается модель «гибкой» среды, которая подстраивается под жителей. В статье систематизированы практические методы работы с пространством: от цветочного зонирования до модуляции трафика. Особое внимание уделено созданию «зеленых кабинетов» и внедрению адаптивных малых архитектурных форм как инструментов психологического комфорта, превращающих случайные перемещения в осознанное социальное взаимодействие. На основе анализа психологии восприятия сформулированы рекомендации по обустройству зон для отдыха, что напрямую влияет на социальную устойчивость и привлекательность современной городской среды. Внедрение данных решений превращает утилитарные перемещения в осознанное взаимодействие человека с окружающей средой.

Ключевые слова: дизайн архитектурной среды, пешеходная логистика, социальная коммуникация, общественные пространства, малые архитектурные формы.

TRANSFORMATION OF TRANSIT PEDESTRIAN COMMUNICATIONS INTO SPACES OF SOCIAL INTEGRATION WITHIN MODERN RESIDENTIAL ENVIRONMENTS

L. A. Stroganova, A. O. Miroshnikova

Stroganova Lyudmila Alekseevna, Voronezh State Technical University, Associate Professor of the Department of Design, E-mail: lu.stroganova@gmail.com
Miroshnikova Anna Olegovna, Voronezh State Technical University, student of group bDAS-211, E-mail: Annamirosnikova01457@gmail.com

Abstract: the research of this article is devoted to the transformation of pedestrian connections in residential buildings: from utilitarian transit routes to full-fledged public spaces. Instead of monofunctional transit, a model of a "flexible" environment is being developed that adapts to residents. The article systematizes practical methods of working with space: from floral zoning to traffic modulation. Special attention is paid to the creation of "green cabinets" and the introduction of adaptive small architectural forms as tools of psychological comfort, turning random movements into conscious social interaction. Based on the analysis of the psychology of perception, recommendations on the arrangement of recreation areas are formulated, which directly affects the social stability and attractiveness of the modern urban environment. The implementation of these

solutions transforms utilitarian movements into conscious human interaction with the environment.

Keywords: architectural environment design, pedestrian logistics, social communication, public spaces, small architectural forms.

В современной градостроительной практике наблюдается отчетливая тенденция к пересмотру морфологических характеристик жилой среды: осуществляется переход от микрорайонной системы к квартальной застройке, ориентированной на создание антропоцентричных пространств [1]. Однако, несмотря на трансформацию планировочной структуры, методические подходы к проектированию пешеходных путей зачастую сохраняют инерционный характер, ограничиваясь решением сугубо инженерно-технических задач. В рамках традиционного проектирования пешеходные связи трактуются как монофункциональные оси, предназначенные для оптимизации временных затрат при перемещении субъекта между функциональными узлами (жилье - транспорт - обслуживание). Подобная утилитарная парадигма приводит к возникновению в структуре квартала функционально деградирующих зон, исключающих возможность длительного пребывания человека в открытом пространстве.

В условиях высокой степени урбанизации обостряется проблема социальной атомизации и дефицита локальных взаимодействий. Традиционный «линейный транзит», характеризующийся отсутствием визуальных акцентов, формирует состояние «туннельного восприятия», при котором пешеход стремится к максимально быстрому преодолению пространства [2]. В терминах архитектуры такие территории классифицируются как «не-места» - деперсонифицированные транзитные коридоры, лишенные качественных средовых характеристик и не способствующие формированию чувства сопричастности к территории.

Преодоление указанных негативных тенденций требует трансформации пешеходных коммуникаций в пространства социальной интеграции. С позиции дизайна архитектурной среды это предполагает переход к проектированию полифункциональных связей, обладающих выраженным коммуникативным потенциалом [3, 4]. Средовое решение должно не только обеспечивать беспрепятственное движение, но и выступать катализатором «необязательных» и социальных видов деятельности. Путем внедрения методов геометрической модуляции трафика, тактильно дифференцированных покрытий и адаптивных малых архитектурных форм создаются условия для изменения поведенческих сценариев - перехода от непрерывного транзита к кратковременным остановкам и социальной интеракции. Таким образом, дизайн архитектурной среды становится инструментом преодоления социальной стагнации, преобразуя анонимные потоки прохожих в структурированное добрососедское сообщество.

Научный аппарат работы опирается на концепцию «гуманного города» Я. Гейла и теорию пространственного синтаксиса. В рамках средового подхода пешеходный путь рассматривается как сложная семиотическая система. Трансформация транзита предполагает изменение статуса объекта: из «не-места» в полноценное общественное пространство

Целью данного исследования является научное обоснование и разработка комплексной методики трансформации транзитных пешеходных путей в полифункциональную систему общественных пространств, обеспечивающую условия для социальной интеграции жителей в условиях современной жилой застройки.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1. провести сравнительный анализ транзитной и коммуникационной моделей пешеходных связей;
2. выявить архитектурно-пространственные методы управления ритмом пешеходного движения;

3. разработать типологию средовых узлов на основе интеграции малых архитектурных форм;

4. обосновать принципы формирования психологически комфортной среды через ландшафтные и световые сценарии.

Трансформация пешеходного пути из утилитарного коридора в полноценное общественное место требует комплексного применения проектных методов, направленных на управление скоростью движения и качеством восприятия среды. В ходе исследования была выявлена ключевая зависимость между морфологией пути и интенсивностью социальных контактов, что позволило сформулировать комплексную модель пространственной коммуникации (см. табл. 1) [4].

Таблица 1

Сравнительная характеристика функционально-планировочных моделей пешеходных связей

Параметр сравнения	Линейно-транзитная модель	Коммуникативно-интеграционная модель
Функциональная доминанта	Транспортно-пешеходная связность	Социальная интеракция и рекреация
Геометрия потока	Прямолинейная, детерминированная	Вариативная, пульсирующая
Средовые маркеры	Информационная избыточность (знаки)	Средовые аттракторы (МАФ, арт-объекты)
Психологическое восприятие	Состояние «туннельного зрения»	Созерцательность, вовлеченность
Социальный результат	Транзитный аноним	Активный субъект сообщества

Основополагающим методом трансформации является геометрическая модуляция трафика. Разрушение жесткой осевой перспективы путем внедрения S-образных кривых и локальных «карманов» (уширений) позволяет не только снизить физическую скорость перемещения, но и сформировать зоны визуальной изоляции. В таких зонах пешеход переключается из режима «транзита» в режим «наблюдения», что является необходимым условием для возникновения социального контакта [4].

Этот эффект усиливается инструментами тактильного урбанизма. Дифференциация материалов мощения (сочетание крупноформатных плит в зонах быстрого движения и мелкоформатного натурального камня или деревянного декинга в зонах отдыха) служит невербальным сигналом к смене поведенческого сценария. При этом малые архитектурные формы (МАФ) перестают играть роль декоративных элементов, становясь структурными единицами среды [5]. Интеграция подиумов, амфитеатров и «коворкинг-модулей» непосредственно в структуру пешеходного пути создает точки притяжения, способные трансформировать случайный поток прохожих в организованное сообщество (см. табл. 2).

Таблица 2
Функциональная типология коммуникативных узлов на основе МАФ

Тип узла	Средовое решение	Социальный сценарий
Узел кратковременного контакта	Комбинированные опоры освещения с интегрированными прислонными скамьями	Случайная встреча, ожидание
Коворкинг-модуль	Столбы с антивандальными розетками, навесы, индивидуальные ячейки	Работа вне дома, обучение, хобби
Коллективный хаб	Амфитеатры, круговые скамьи вокруг деревьев-солитеров	Групповое обсуждение, дворовые праздники

Важную роль в обеспечении психофизиологического комфорта играет создание «зеленых кабинетов» [5]. Использование принципа многоярусного ландшафтного проектирования позволяет разделить потоки, не возводя глухих барьеров. Рекомендуемая структура включает три яруса (рис. 1):

1. Нижний ярус (0.0-0.5 м): травянистые многолетники, обозначающие границы зон «замедления» без ограничения обзора.
2. Средний ярус (0.5-1.5 м): кустарниковые группы, блокирующие прямой шум и создающие визуальную завесу для сидящего человека.
3. Верхний ярус (2.0-4.0 м): светопрозрачные кроны деревьев, формирующие естественный навес («потолок» пространства), способствующий чувству защищенности.

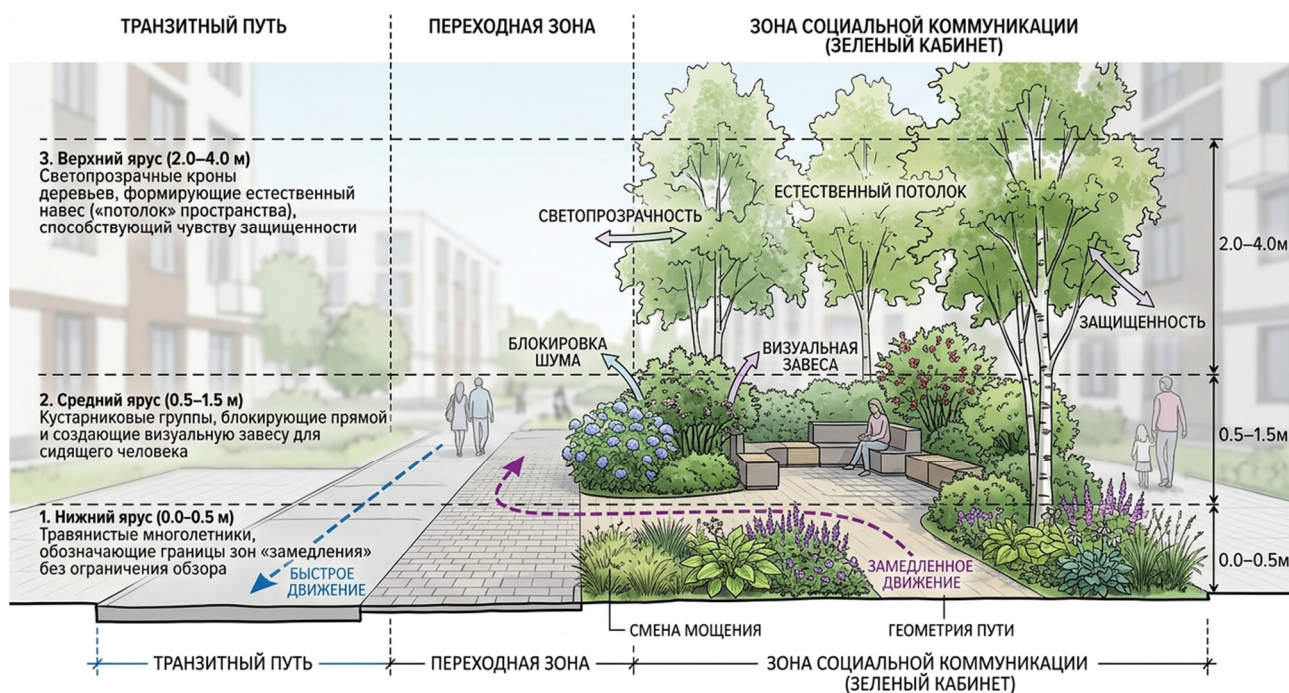


Рис. 1. Принцип многоярусного ландшафтного проектирования

Дополняет методику светотехническая семантика. Использование теплого спектра (2700-3000 К) и акцентной подсветки архитектурных акцентов в зонах коммуникации, в противовес нейтральному свету транзитных магистралей, формирует атмосферу защищенности и визуального интереса в вечернее время. Совокупность данных методов позволяет проектировать среду, которая активно стимулирует социальное взаимодействие.

Традиционный утилитарный подход к проектированию пешеходных путей в жилой застройке ведет к социальной фрагментации. Реализация цели исследования показала, что трансформация этих связей в коммуникативные пространства - необходимое условие устойчивого развития города.

В ходе решения задач было доказано, что проектирование должно базироваться на методах «пространственного замедления»: геометрической модуляции траекторий, тактильной дифференциации покрытий и внедрении полифункциональных МАФ.

Эффективность трансформации напрямую зависит от создания условий психологического комфорта, достигаемого за счет многоярусного озеленения и сценарного светового дизайна, что позволяет значительно продлить время пребывания жителей в общественном пространстве.

Разработанная методика является универсальным инструментом, применимым как при проектировании новых объектов, так и при реновации существующих кварталов.

Список литературы

1. Крашенинников, А. В. Междисциплинарная модель городской среды: учебное пособие / А. В. Крашенинников. – Москва: Архитектура-С, 2020. – 202 с. – ISBN 978-5-9647-0331-0.
2. Линч, К. Совершенная форма в градостроительстве / К. Линч; пер. с англ. В. Глазычева. – Москва: Стройиздат, 1986. – 264 с.
3. Whyte, W. H. The Social Life of Small Urban Spaces / W. H. Whyte. – Washington, D.C.: Conservation Foundation, 1980. – 125 p.
4. Гейл, Я. Города для людей / Я. Гейл; пер. с англ. А. Токарева. – Москва: Альпина Паблшер, 2012. — 276 с.
5. Александер, К. Язык шаблонов. Города. Здания. Строительство: пер. с англ. / К. Александер, С. Исикава, М. Силверстайн. – Москва: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2014. – 1096 с.

List of references

1. Krasheninnikov, A. V. Interdisciplinary Model of the Urban Environment: tutorial / A. V. Krasheninnikov. – Moscow: Architecture-S, 2020. – 202 p. – ISBN 978-5-9647-0331-0.
2. Lynch, K. Good City Form / K. Lynch. – Cambridge, MA: MIT Press, 1984. – 528 p. (Russian edition: Moscow: Stroyizdat, 1986. – 264 p.).
3. Whyte, W. H. The Social Life of Small Urban Spaces / W. H. Whyte. – Washington, D.C.: Conservation Foundation, 1980. – 125 p.
4. Gehl, J. Cities for People / J. Gehl. – Washington, D.C.: Island Press, 2010. – 280 p. (Russian edition: Moscow: Alpina Publisher, 2012. – 276 p.).
5. Alexander, C. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction / C. Alexander, S. Ishikawa, M. Silverstein. – New York: Oxford University Press, 1977. – 1171 p. (Russian edition: Moscow: Artemy Lebedev Studio Publishing House, 2014. – 1096 p.).

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 622.22.272:622.016

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Арб. А. Арзуманов, Т. А. Столярова, Д. И. Болотников

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

Болотников Дмитрий Игоревич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СПС-211, E-mail: dimanxiiix@gmail.com

Аннотация: в статье рассмотрена проблема недостаточности городского пространства в условиях быстрого развития урбанизации. Целью работы стало выявление потенциала и недостатков подземного градостроительства для оптимизации пространства. Произведен сравнительный анализ зарубежного и отечественного опыта использования подземного пространства (Хельсинки, Сингапур, Москва), оценка жизненного цикла объектов и нормативно-правовой анализ. Дополнительно проведена оценка экономической эффективности инфраструктурных решений. Выявлено, что ключевыми препятствиями развития являются фрагментарность планирования и несовершенство законодательной базы. Установлено, что подземное строительство позволяет высвободить до 0,8 га наземной площади на 1 га застройки и снизить энергопотребление на 15–25%. Сформулированы рекомендации по внедрению 3D-кадастра и комплексному зонированию недр. Реализация предложенных мер способствует повышению устойчивости городской инфраструктуры и улучшению экологических показателей мегаполисов.

Ключевые слова: подземная урбанистика, архитектурное проектирование, оптимизация городского пространства.

PROSPECTS FOR USING UNDERGROUND SPACE FOR URBAN INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

Arb. A. Arzumanov, T. A. Stolyarova, D. I. Bolotnikov

Arzumanov Arben Andreevich, 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: arben1@yandex.ru

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

Bolotnikov Dmitrii Igorevich, *Voronezh State Technical University, student gr. SPS-211*, E-mail:
dimanxiiix@gmail.com

Abstract: the article discusses the problem of insufficient urban space in the context of rapid urbanization. The aim of the study is to identify the potential and drawbacks of underground urban planning for space optimization. A comparative analysis of foreign and domestic experience in using underground space (Helsinki, Singapore, Moscow) is conducted, as well as a life cycle assessment and legal analysis. Additionally, the economic efficiency of infrastructure solutions is evaluated. It is revealed that the key obstacles to development are the fragmented nature of planning and the imperfect legal framework. It has been established that underground construction can free up up to 0.8 hectares of land area per 1 hectare of development and reduce energy consumption by 15–25%. Recommendations have been formulated for the implementation of 3D cadastral data and comprehensive subsoil zoning. The implementation of these measures can help improve the sustainability of urban infrastructure and environmental performance in megacities.

Keywords: underground urbanism, architectural design, and optimization of urban space.

В связи с активной урбанизацией городской среды возрастает необходимость оптимизации городского пространства. В условиях острого дефицита свободных земель традиционные способы горизонтального расширения городов оказываются неэффективными, в связи с этим становится актуальным вопрос о трансформации городской среды с помощью новых решений.

Требуется определить перспективные направления эксплуатации подземного пространства их эффективность, риски и экологические факторы. Для этого следует решить следующие задачи:

1. изучить фундаментальные теоретические положения и международную практику освоения подземных территорий в контексте современного урбанизма;
2. проанализировать современное состояние применения подземных территорий в городских условиях;
3. выявить экономические и экологические препятствия развития подземной инфраструктуры;
4. сформулировать рекомендации по оптимизации нормативно-правовой базы и стратегическому планированию комплексного освоения недр с целью повышения эффективности городской среды.

Был применен системный подход, который рассматривает подземное пространство как неотъемлемую часть городской системы, тесно связанную с поверхностной инфраструктурой, экологией и социально-экономическими процессами.

Рассмотрим работы российских и зарубежных авторов, которые фокусируются на подземной урбанистике и ставят перед собой задачу оптимизировать использование городского пространства. В действующем законодательстве [1] устанавливаются правовые основы территориального планирования, однако нормативы планировки застройки [2] преимущественно ориентированы на надземное строительство. В. Л. Беляев в монографии формирует классификацию подземной инфраструктуры, выделяя транспортную, инженерную и социальную функции, и акцентирует внимание на комплексном освоении для вертикальной интенсификации городской среды [3]. В другом исследовании тот же автор указывает на высокие инвестиционные риски без введения концепции «объемного земельного участка» и разработки трехмерного кадастра [4]. М. Г. Зерцалов подчеркивает влияние рельефа, геологии и климата на конструктивные параметры выработок, выделяя

такие факторы, как назначение объектов, плотность застройки, грузопотоки и вентиляцию [5]. В. И. Осипов акцентирует внимание на геологических рисках при строительстве в плотной городской среде, отмечая необходимость усовершенствования мониторинга условий с целью минимизации рисков проседания оснований [6].

Зарубежный опыт представлен работами по анализу стратегического планирования. Е. В. Демидова описывает опыт подземного строительства в Хельсинки, подтверждая эффективность использования скальных пород для долговечных сооружений [7]. И. Вяхахо и Е. В. Демидова рассматривают подземный генеральный план Хельсинки как инструмент устойчивого развития, предлагая альтернативы для российских городов [8]. Р. Стерлинг анализирует эколого-экономические проблемы мегаполисов, отмечая дефицит нормативов и давая рекомендации по зональному регулированию для повышения устойчивости [9].

В вышеперечисленных исследованиях уделено значительное внимание теоретической части подземной урбанистики, рассмотрены ее перспективы и способы развития. Однако в меньшей степени обосновываются причины отказа от систематического применения на практике. Таким образом, в данной статье следует рассмотреть, что именно не позволяет застройщикам реализовать эту концепцию более качественно.

Изучая российские, зарубежные нормативные акты и практический опыт, можно выявить основные препятствия для подземного строительства. Был проведен сравнительный анализ подходов к освоению подземного пространства за рубежом и в России (Хельсинки, Сингапур, Токио, Москва, Санкт-Петербург). Особую ценность представляют следующие параметры: глубина планирования, законодательное регулирование, функции. Кроме этого, появляется возможность классифицировать типы построек, данная классификация представлена в таблице 1. Метод концептуального моделирования позволил разработать схему интеграции подземных объектов в существующую городскую застройку.

Таблица 1

Разделение подземных пространств по их функциональному назначению в городской среде

Функциональный кластер	Типы сооружений	Примеры реализации
Транспортный	Метрополитен, автодорожные тоннели, подземные паркинги, логистические хабы	Москва (Третий пересадочный контур), Хельсинки (Пакрила) [5, 10]
Инженерный	Коллекторы, энергоцентры, системы водоотведения, хранилища отходов	Париж (Les Egouts), Сингапур (Deep Tunnel) [5, 11]
Социально-коммерческий	ТРЦ, пешеходные связи, спортивные объекты,	Токио (Underground City), Санкт-Петербург (Галереи) [7, 12]
Ресурсный	Геотермальные станции, хранилища данных (ЦОД), архивы	Хельсинки (Подземный бассейн, архивы) [7, 9]

Анализируя данные, представленные в таблице 1, можно выявить доминирование транспортного кластера в Российской Федерации, в то время как социально-коммерческий и ресурсный секторы находятся на начальных этапах своего становления.

Примеры использования подземных пространств по их функциональному назначению наглядно представлены на рисунке 1.



1 - Москва (Третий пересадочный контур) - Транспортный функционал
 2 - Париж (Les Egouts) - Инженерный функционал
 3 - Токио (Underground City) - Социально-коммерческий функционал
 4 - Хельсинки (подземная университетская библиотека) - Ресурсный функционал

Рис. 1. Примеры использования подземных пространств по их функциональному назначению

Основным показателем для анализа зарубежного опыта послужило наличие стратегического документа, эквивалентного по своему уровню «Генеральному плану», регулирующего вопросы освоения недр.

Сопоставление моделей управления развитием подземного пространства для таких городов как Хельсинки, Сингапур и Москва представлено в таблице 2 [4, 7, 10, 11, 12].

Таблица 2

Сопоставление моделей управления развитием подземного пространства: Российская Федерация в сравнении с мировыми аналогами

Критерий сравнения	Хельсинки (Финляндия)	Сингапур	Москва (РФ)
Наличие подземного генплана	Есть (Underground Master Plan)	Есть (Master Plan 2019)	Фрагментарно (в составе Генплана)
Правовой статус недр	Четкое разграничение прав собственности	Государственный контроль, льготные условия	Сложная процедура согласования, пробелы в ГК РФ
3D-кадастр	Внедрен (полная инвентаризация)	Внедряется (JTC)	Пилотные проекты
Принцип использования	Двойное назначение (гражданское + ГО)	Максимальная плотность и эффективность	Преимущественно транспорт и паркинги

Анализ результатов показывает, что на отсутствие скоординированного подземного градостроительного планирования в российских населенных пунктах влияет точечное строительство. Это, в свою очередь, осложняет последующее объединение возведенных объектов в целостную инфраструктуру.

С опорой на исследования Р. Стерлинга и Е. В. Демидовой проводился анализ взаимосвязи между результативностью подземного строительства и его глубиной, а также назначенными функциями. Ключевыми показателями эффективности следует рассмотреть:

1. Освобождение территории: 1 гектар подземного строительства способен высвободить до 0.8 гектара ценной наземной площади, пригодной для создания зеленых зон.

2. Снижение энергопотребления: для заглубленных объектов отмечается сокращение затрат на отопление и охлаждение на уровне 15–25%.

3. Долговечность: не требуется капитальный ремонт в течение 100 лет [10].

4. Снижение нагрузки на экологию: уменьшение шума на 20–30 дБ и выбросов углекислого газа на 15–20% в случае изоляции под землей отдельных видов сооружений [13].

Также существуют риски для подземного строительства, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3

Риски подземного строительства

Категория риска	Риск	Уточнение/Последствие
Геологические	Неоднородность грунтов и наличие водоносных горизонтов	Нестабильность условий строительства
	Риск проседания оснований существующих зданий	Деформация существующих объектов
	Сейсмическая активность	Актуально для соответствующих регионов
Экономические	Высокая стоимость строительства	В 2–3 раза выше надземного
	Длительные сроки окупаемости проектов	Замедленный возврат инвестиций
	Неопределенность правового статуса недр	Юридические и бюрократические барьеры
Технические	Сложность обеспечения вентиляции и естественного освещения	Необходимость использования сложных инженерных систем
	Проблемы эвакуации при чрезвычайных ситуациях	Повышенные требования к безопасности
	Ограничения по глубине заложения инженерных сетей	Технологические ограничения

Анализируя вышесказанное, становится понятно, что основным препятствием становятся ограничения правовой системы, так как это означает высокие риски для инвесторов. В дополнение, необходимо сказать, что требуется комплексный подход для продуктивного освоения подземного пространства.

Потребность в подземном строительстве, возникающая в условиях роста города и недостатка земель, особенно актуальна в условиях плотной застройки. В данных условиях только современные материалы и технологии могут обеспечить безопасность строительства, но для этого необходимы инструменты более качественного мониторинга геологических условий.

Таким образом, использование подземного пространства для развития городской инфраструктуры имеет значительный потенциал. Однако раскрытие этого потенциала требует перехода от точечного строительства к комплексному освоению подземной среды, совершенствования нормативно-правовой базы и внедрения 3D-кадастра [14].

Список литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) // Собрание законодательства РФ. – 2005. – № 1 (часть 1). – Ст. 16. – С. 58–61.
2. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – Введ. 2017-03-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 112 с.
3. Беляев, В. Л. Основы подземного градоустройства: монография / В. Л. Беляев // М. : Издательство МГСУ, – 2012. – 267 с.
4. Беляев, В. Л. Правовое регулирование использования подземного пространства в градостроительстве России / В. Л. Беляев // Право и экономика, – 2013. – № 5. – С. 45–53.
5. Зерцалов, М. Г. Использование подземного пространства: учебник / М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов, В. Е. Меркин // М. : Издательство АСВ, – 2015. – 416 с.
6. Осипов, В. И. Геологические риски при строительстве в плотной застройке / В. И. Осипов // Инженерная геология, – 2014. – № 6. – С. 5–12.
7. Демидова, Е. В. Опыт подземного строительства в городе Хельсинки / Е. В. Демидова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН, – 2015. – № 1. – С. 9–14.
8. Вяхахо, И. Подземный генеральный план Хельсинки: уроки для российских городов / И. Вяхахо, Е. В. Демидова // Архитектура и градостроительство, – 2017. – № 3. – С. 78–89.
9. Sterling, R. L. Sustainability issues for underground space in urban areas / R. L. Sterling, H. Admiraal, N. Bobylev, H. Parker // Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning, – 2012. – Vol. 165, Issue 4. – P. 241–254.
10. Vähäaho, I. Underground space planning in Helsinki. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL:<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2014.05.005>, Загл. С экрана. – Яз. Англ. (дата обращения: 17.03.2026).
11. Silvennoinen, H. A semantic web approach to land use regulations in urban planning: The OntoZoning ontology of zones, land uses and programmes for Singapore. Journal of Urban Management [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2023.02.002>, Загл. С экрана. – Яз. Англ. (дата обращения: 17.03.2026).
12. Голубев, Г. Е. Подземная урбанистика и город: учебное пособие / под ред. Г.Е. Голубев // М.: МИКХиС, – 2005. – 124 с.
13. Косовцева, И. А. Умные технологии экологического строительства / И. А. Косовцева, А. А. Арзуманов, А. С. Панина, А. Д. Данкер // Научный журнал «Строительство и недвижимость», Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2024. – № 1(14). – С. 164–168.
14. 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.

List of references

1. Urban Development Code of the Russian Federation of 29.12.2004 No. 190-FZ (as amended on 25.12.2023) // Collected Legislation of the Russian Federation. – 2005. – No. 1 (Part 1). – Art. 16. – Pp. 58–61.

2. SP 42.13330.2016. Urban Development. Planning and Development of Urban and Rural Settlements: updated version of SNIIP 2.07.01-89*. – Introduced 2017-03-01. – Moscow: Standartinform, 2017. – 112 p.
3. Belyaev, V. L. Fundamentals of Underground Urban Planning: Monograph / V. L. Belyaev // Moscow: MGSU Publishing House, 2012. 267 p.
4. Belyaev, V. L. Legal Regulation of the Use of Underground Space in Urban Development in Russia / V. L. Belyaev // Law and Economics, 2013. No. 5. pp. 45–53.
5. Zertsalov, M. G. Use of Underground Space: Textbook / M. G. Zertsalov, D. S. Konyukhov, V. E. Merkin // Moscow: ASV Publishing House, 2015. 416 p.
6. Osipov, V. I. Geological risks during construction in densely populated areas / V. I. Osipov // Engineering Geology, - 2014. - No. 6. - Pp. 5-12.
7. Demidova, E. V. Experience of underground construction in the city of Helsinki / E. V. Demidova // Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN, - 2015. - No. 1. - Pp. 9-14.
8. Vyakhaakho, I. Underground master plan of Helsinki: lessons for Russian cities / I. Vyakhaakho, E. V. Demidova // Architecture and urban planning, - 2017. - No. 3. - Pp. 78-89.
9. Sterling, R. L. Sustainability issues for underground space in urban areas / R. L. Sterling, H. Admiraal, N. Bobylev, H. Parker // Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning, – 2012. – Vol. 165, Issue 4. – P. 241–254.
10. Vähäaho, I. Underground space planning in Helsinki. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2014.05.005>, Title. From the screen. – Language. English (date of access: 17.03.2026).
11. Silvennoinen, H. A semantic web approach to land use regulations in urban planning: The OntoZoning ontology of zones, land uses, and programs for Singapore. Journal of Urban Management [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2023.02.002>, Title. From the screen. – Language. English (date of access: 17.03.2026).
12. Golubev, G. E. Underground urbanism and the city: a tutorial / edited by G. E. Golubev // Moscow: MIKhIS, – 2005. – 124 p.
13. Kosovtseva, I. A. Smart Technologies for Green Construction / I. A. Kosovtseva, A. A. Arzumanov, A. S. Panina, A. D. Danker // Scientific Journal "Construction and Real Estate", Voronezh State Technical University. - Voronezh, 2024. - No. 1 (14). - P. 164-168.
14. Arzumanov, A. A. Influence of Development 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). - P. 7-13.

УДК 694.1

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Н. Гойкалов, М. Д. Быц, Д. А. Горшенин

Гойкалов Андрей Николаевич, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений им. Н. В. Троицкого, E-mail: goikalov78@mail.ru

Быц Михаил Дмитриевич, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. МИПЗ-252, E-mail: legospy13@gmail.com

Горшенин Даниил Александрович, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мДСД-251, E-mail: gorshenindaniil95@gmail.com

Аннотация: в условиях глобального перехода к принципам устойчивого развития особую актуальность приобретает поиск строительных материалов и технологий, минимизирующих антропогенную нагрузку на окружающую среду. Деревянное строительство рассматривается как одно из перспективных направлений решения экологических и ресурсных проблем современности. Данная статья посвящена анализу классификации и применения деревянных конструкций в малоэтажном домостроении. Особое внимание уделяется функциональному разделению элементов на несущие и самонесущие, а также материалам их изготовления - от массивной до инженерной древесины (клееной и ламинированной). На основе сравнительного анализа существующих конструктивных решений авторами обосновывается вывод о том, что оптимальной системой для малоэтажного строительства является комбинация ПКБ-панелей (перекрестно-клееных или подобных им) со стоечно-ригельными элементами из ЛШД и клееного бруса. Доказано, что данная система обеспечивает высокие показатели пространственной жесткости, пожарной безопасности (за счет эффекта обугливания), энергоэффективности и звукоизоляции. Делается вывод о том, что применение данной технологии является перспективным направлением для массового малоэтажного строительства в РФ, способствуя решению экономических задач и снижению воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: деревянные конструкции, малоэтажное строительство, ПКБ-панель, ПКП, КБ

ANALYSIS OF THE ARCHITECTURAL FORMATION OF LOW-Rise RESIDENTIAL CIVIL BUILDINGS USING WOODEN STRUCTURES

A. N. Goikalov, M. D. Byts, D. A. Gorshenin

Goykalov Andrey Nikolaevich, Voronezh State Technical University, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Building and Structure Design named after N. V. Troitsky, E-mail: goikalov78@mail.ru

Byts Mikhail Dmitrievich, Voronezh State Technical University, Master's degree student, mIPZ-252, E-mail: legospy13@gmail.com

Gorshenin Daniil Alexandrovich, Voronezh State Technical University, Master's degree student mDSD-251, E-mail: gorshenindaniil95@gmail.com

Abstract: industrial redevelopment is a key tool for transforming the urban environment in the Russian Federation. Former industrial zones are considered a strategic reserve for urban development. This article provides a systematic review of domestic management and legal redevelopment methods, including administrative and market mechanisms for integrated territorial development. It examines the process of recreating and revitalizing urban space, or revitalization, and unlocking new potential in old territories and buildings. Revitalization utilizes a comprehensive approach to preserve the distinctiveness, authenticity, identity, and historical resources of the urban environment, taking into account two approaches: top-down and bottom-up. An algorithm for revitalizing industrial facilities is also discussed.

Keywords: redevelopment, industrial areas, revitalization, top-down, bottom-up, algorithm.

В современном мире архитектура и строительство все больше ориентируются на принципы устойчивого развития, где ключевую роль играет выбор материалов, способствующих минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Деревянное строительство выделяется как одно из наиболее перспективных направлений, особенно в контексте глобальных вызовов, связанных с изменением климата и истощением ресурсов. Актуальность исследования деревянных конструкций для малоэтажных зданий обусловлена несколькими ключевыми параметрами.

Во-первых, экологические аспекты. Древесина является возобновляемым ресурсом, который в процессе роста поглощает углекислый газ, тем самым снижая углеродный след зданий. Производство деревянных конструкций требует значительно меньше энергии по сравнению с бетоном или сталью - в среднем в 5-8 раз меньше. Кроме того, деревянные здания способствуют созданию здорового микроклимата внутри помещений благодаря естественной регуляции влажности и отсутствию вредных эмиссий. Есть решения по переработке древесины, использованных отходов, но при этом есть проблема реализации решений, поскольку многие технологии переработки остаются на стадии пилотных проектов из-за недостатка инфраструктуры и инвестиций. В России, где лесные ресурсы составляют около 20% мировых запасов, это особенно актуально, так как позволяет использовать отходы лесозаготовок для производства конструкций, снижая объемы мусора и способствуя циркулярной экономике [1].

Во-вторых, экономические факторы. Деревянное строительство характеризуется относительно низкой стоимостью материалов и высокой скоростью монтажа, что снижает общие затраты на проект. Например, сборка малоэтажного дома из prefabricated деревянных панелей может занять всего 1-2 недели, в то время как традиционные методы требуют месяцев. В условиях экономической нестабильности и роста цен на энергоносители деревянные конструкции позволяют оптимизировать расходы на отопление и обслуживание. Согласно данным, в 2025 году доля деревянного строительства в России достигает около 18-20% от общего объема жилищного строительства, с тенденцией к росту до 25% к 2028 году [2]. Это отражает тенденции в РФ, где наблюдается переход к индустриальному домостроению, включая использование панелей из перекрестного клееного бруса (ПКБ) и клееного бруса (КБ), что стимулирует местную экономику за счет снижения импорта и создания рабочих мест в лесопромышленных регионах.

В-третьих, теплотехнические преимущества. Древесина обладает отличными теплоизоляционными свойствами: ее теплопроводность в 5-10 раз ниже, чем у кирпича или бетона. Это обеспечивает высокую энергоэффективность зданий, снижая потери тепла зимой и перегрев летом. Воздухопроницаемость деревянных конструкций позволяет естественную вентиляцию, предотвращая образование плесени и улучшая качество воздуха. В малоэтажных зданиях это особенно важно, так как позволяет достигать стандартов пассивных домов без дополнительных систем.

Актуальность деревянного строительства особенно высока для таежных регионов России, таких как Красноярский край. Тайга характеризуется суровым климатом с низкими температурами (до -50°C зимой) и обильными осадками, но обилие лесных ресурсов делает древесину доступным материалом. В Красноярске, где планируется строительство, деревянные дома идеально адаптированы: они выдерживают морозы благодаря низкой тепловой инерции и способности к естественной изоляции. Тенденции в РФ показывают рост деревянного домостроения в Сибири, где оно составляет до 40% ИЖС, благодаря развитию технологий переработки отходов и prefab-модулей. Границы реализации определяются климатическими зонами: в России выделяют 4 района (от субтропического до арктического), и деревянное строительство эффективно в зонах 2–3 (средняя полоса и Сибирь), где требуется учет морозостойкости и защиты от влаги. В арктических зонах (зона 1) ограничения связаны с вечной мерзлотой, но с использованием инженерной древесины возможно расширение. В целом, тенденции в РФ на 2025 год включают рост prefab-технологий, интеграцию с возобновляемой энергетикой и фокус на многоэтажные деревянные дома, что делает это направление стратегическим для регионов вроде Красноярска [3].

Современный рынок деревянного строительства в России предлагает широкий спектр элементов, которые классифицируются по их функциональной роли в конструкции здания. Эти элементы производятся из различных видов древесины - от массивной до инженерной (клееной, ламинированной). Классификация помогает понять, как они интегрируются в малоэтажные проекты, обеспечивая прочность, устойчивость и энергоэффективность. Ниже элементы разбиты на группы: несущие и самонесущие. Несущие элементы принимают основные нагрузки (вертикальные, горизонтальные, ветровые), передавая их на фундамент, в то время как самонесущие несут только собственный вес и нагрузки от отделки, не участвуя в общей жесткости каркаса.

В деревянном строительстве элементы зданий классифицируются по их функциональной роли, где несущие элементы формируют основу каркаса и принимают основные нагрузки, а самонесущие выполняют вспомогательные функции, такие как ограждение и отделка. Ниже приведено подробное описание каждого типа, включая материал, принцип производства и области применения. Эти элементы широко используются в малоэтажном строительстве в России, особенно в таежных регионах вроде Красноярского края, где доступность древесины сочетается с необходимостью учета сурового климата. На рынке РФ преобладают материалы из хвойных пород (сосна, ель), подвергнутые сушке и антисептической обработке для повышения долговечности [4,5].

Ниже приведена таблица 1 с описанием несущих и самонесущих элементов.

Таблица 1

Классификация элементов зданий несущих и самонесущих элементов

Наименование/характер работы	Сечение	Характеристики/состав
Несущие элементы		
<p>Стойки и колонны: вертикальные опоры для перекрытий и крыш в каркасах.</p>	<p>Квадратное или прямоугольное, от 100x100 мм до 300x300 мм, длина до 12 м.</p>	<p>Из массивной древесины (брус из сосны или ели), клееного бруса (КБ) или ламинированной шпонированной древесины (ЛШД). Для массивных -распил стволов на брусья с последующей сушкой в камерах для снижения влажности до 12–15%. Для клееных -ламели (тонкие доски) сушат, сортируют по дефектам, склеивают под прессом с использованием водостойких клеев (фенолформальдегидных или полиуретановых) для устранения естественных пороков древесины и повышения прочности на сжатие. Процесс включает калибровку и обработку антисептиками. В Красноярске они используются в таунхаусах для выдерживания снеговых нагрузок до 300 кг/м², часто в комбинации с металлическими креплениями для сейсмостойкости [6].</p>
<p>Балки и ригели: горизонтальные несущие в перекрытиях и связях каркаса.</p>	<p>От 100x200 мм, длина до 10–15 м.</p>	<p>Из клееного бруса (КБ), ЛШД или массивной древесины для меньших пролетов. Материал -хвойные породы. Ламели или шпон сушат до 8–12% влажности, ориентируют вдоль волокон для максимальной прочности на изгиб, склеивают под высоким давлением (до 10 бар) в прессах. Для ЛШД -тонкий шпон (1–4 мм) пропитывают клеем и прессуют в однонаправленные плиты. Процесс автоматизирован на заводах, с контролем качества ультразвуком для выявления пустот. Применяются в жилых домах для пролетов 5–8 м, в спортивных залах или гостиницах для распределения нагрузок, особенно в регионах с высокой влажностью, где стабильность размеров критична.</p>

Продолжение табл. 1

<p>Перекрытия-клееные панели (ПКП): несущие стены, перекрытия и диафрагмы в модульных зданиях.</p>	<p>Толщина 60–300 мм, размер панели до 3x12 м.</p>	<p>Из многослойных досок хвойных пород (3–9 слоев). Доски сушат, калибруют, укладывают перпендикулярно друг другу для создания ортогональной структуры, склеивают под прессом с использованием экологических клеев. Процесс включает фрезеровку отверстий для коммуникаций на ЧПУ-станках, что обеспечивает точность до 1 мм. Производство заводское, с сертификацией по ГОСТ для огнестойкости. В России - в многоквартирных домах до 4 этажей (например, в Вологде), за рубежом - в школах и офисах. Идеальны для быстрого монтажа в таежных зонах, где обеспечивают жесткость против ветра и снега [7].</p>
<p>Стропильные системы (стропила и фермы): в крышных конструкциях для выдерживания снеговых и ветровых нагрузок.</p>	<p>Из бруса, досок или ЛШД, часто комбинированные с металлическими пластинами. Материал - сосна или лиственница для долговечности.</p>	<p>Для стропил -распил и сушка досок, сборка в фермы с использованием гвоздевых пластин или клея. Фермы производят на конвейере: элементы фиксируют в шаблонах, прессуют и усиливают. Автоматизация позволяет создавать сложные формы для скатных крыш. В Красноярске - в индивидуальных домах, где фермы позволяют большие пролеты без опор, интегрируясь с утеплителями для энергоэффективности.</p>
<p>Диафрагмы жесткости: для предотвращения горизонтальных деформаций в многоэтажных деревянных зданиях.</p>	<p>Из ПКП-панелей, фанеры или каркасных модулей с обшивкой ориентированно-стружечной плитой (ОСП).</p>	<p>Панели собирают из слоев древесины или стружечных плит, склеенных и прессованных для создания монолитной структуры. ОСП - стружку ориентируют в слоях, пропитывают смолами и прессуют при высокой температуре. Процесс включает ламинацию для водостойкости. Применяются в сейсмоопасных районах России, усиливая каркас в школах и жилых комплексах.</p>

Продолжение табл. 1

Самонесущие элементы		
Стены и перегородки: внутренние перегородки и внешние ограждения в каркасных домах.	Толщина 100-250 мм.	Из структурно-изолированных панелей (СИП: ОСП с пенополистиролом внутри) или каркасных модулей с утеплителем (минеральная вата, эковата). Каркас из досок заполняют утеплителем, обшивают ОСП или гипсокартоном, склеивают или крепят гвоздями. Производство модульное на заводах: автоматизированная сборка с вакуумной прессовкой для герметичности. Для разделения помещений в квартирах, обеспечивая звуко- и теплоизоляцию в холодных регионах.
Облицовочные панели: для фасадной и внутренней отделки.	Из вагонки, блок-хауса или имитации бруса из массивной древесины (сосна, кедр).	Доски сушат, профилируют на фрезерных станках для создания шипов и пазов, обрабатывают защитными составами (лаки, антисептики). Процесс включает калибровку для точного соединения. В таежных зонах - для защиты от влаги и создания эстетичного вида, часто в комбинации с вентиляционными зазорами.
Перекрытия заполнения: заполнение между несущими балками в межэтажных перекрытиях.	Из досок, фанеры или легких панелей с шумоизоляцией (древесноволокнистые плиты - ДВП).	Доски или плиты прессуют из волокон или стружки с добавлением связующих (смолы), сушат и режут на размеры. Для ДВП - древесину размалывают, смешивают с парафином и прессуют горячим методом. Используются в офисах и домах для снижения шума, особенно в многоэтажных деревянных строениях.
Рамы дверей и окон: в оконных и дверных проемах для обеспечения герметичности.	Из клееного бруса или профилированного дерева с уплотнителями.	Брус склеивают из ламелей, фрезеруют пазы для стекла и фурнитуры, обрабатывают для влагостойкости. Автоматизированное производство с CNC для точности. В России - в энергоэффективных домах с двойным остеклением для сурового климата [8].

Продолжение табл. 1

Лестничные марши: для внутренних лестниц в малоэтажных домах и школах.	Из массивного бруса или досок для ступеней и тетив.	Элементы распиливают, сушат, собирают с клеевыми или механическими соединениями, шлифуют для безопасности. Процесс включает проектирование для эргономики. Обеспечивая доступ между этажами без влияния на несущую структуру.
--	---	---

Для иллюстрации применения элементов проведен обзор двух примеров: одного в РФ и одного за рубежом (см. табл. 2). Эти проекты демонстрируют интеграцию несущих и самонесущих элементов в реальные объекты. Требования к проектам учитывают местные нормативы, экологические стандарты и функциональные нужды.

Таблица 2

Примеры применения элементов в отечественном и зарубежном опыте

Название	Конструктивное решение	Использованные материалы	Реализация проектных решений
Отечественный опыт			
ЖК «Соколики» (Россия, Вологодская область)	Четырехэтажные многоквартирные дома на основе ПКБ-панелей; каркасная система с диафрагмами жесткости; энергоэффективный дизайн с закрытой территорией.	Перекрёстно-клееная древесина (ПКБ-панели); клееный брус для стоек; утеплители и огнезащитные покрытия.	Проект реализован в 2023 году как первые в России деревянные многоквартирные дома до 4 этажей; монтаж с использованием СТО для ПКБ; включает 64 квартиры, двор без машин, панорамные окна; высокая энергоэффективность и экологичность достигнуты за счет деревянного каркаса и изоляции.
Зарубежный опыт			
Финско-русская школа (Хельсинки, Финляндия)	Двухэтажное здание в форме L из многослойных клееных панелей; углеродно-нейтральная конструкция с солнечными батареями и автоматизацией.	Многослойные клееные деревянные панели; дерево для каркаса, интерьера, мебели и пола; инженерная древесина для жесткости.	Самая большая деревянная школа в Финляндии; реализовано с отсылкой к традициям (финской и русской); компактная форма обеспечивает видимость; интеграция дерева во все элементы для экологии; построено с учетом энергоэффективности и автоматизированного управления.

Эти примеры показывают, как деревянные элементы адаптируются к разным климатам: в России - к холодным зонам, за рубежом - к умеренным, с акцентом на устойчивость [9].

На основе обзора существующих конструктивных решений из дерева для малоэтажных зданий можно заключить, что наилучшей системой является ПКБ-панельная, дополненная стоечно-ригельными элементами из ЛШД и клееного бруса (КБ). Это решение обеспечивает пространственную жесткость, высокую пожарную безопасность за счет обугливания, энергоэффективность с низкими потерями тепла, быстрый монтаж (1-2 недели), отличную звукоизоляцию, гибкость в планировках, долговечность (до 100 лет) и экологичность. В контексте РФ, особенно в таежных регионах вроде Красноярска, оно идеально, учитывая доступность материалов и тенденции к росту деревянного строительства. Ограничения, такие как стоимость и необходимость техники, компенсируются экономией на эксплуатации и вкладом в устойчивость. Таким образом, ПКБ-система представляет перспективу для массового малоэтажного строительства, способствуя решению экологических и экономических задач [10].

Список литературы

1. Перспективные направления в строительстве деревянных малоэтажных зданий [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-napravleniya-v-stroitelstve-derevyannyh-maloetazhnyh-zdaniy>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).
2. Исследование конструкций и материалов из дерева при строительстве малоэтажных зданий [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-konstruktsiy-i-materialov-iz-dereva-pri-stroitelstve-maloetazhnyh-zdaniy>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).
3. Технологии возведения малоэтажных зданий из дерева [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50130620>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).
4. Конструкции деревянных зданий [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46672541>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).
5. Золотухин, С. Н. Опыт строительства малоэтажных энергоэффективных зданий / С. Н. Золотухин, А. Н. Гойкалов, Т. Куджику // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции "Высокие технологии в экологии". - 2012.- № 1.- С. 169-172.
6. RU40349U1 - Строительный профилированный брус [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://patents.google.com/patent/RU40349U1/ru>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).
7. Способ изготовления клееных деревянных конструкций [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.freepatent.ru/patents/2339506>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).
8. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. – Утв. приказом МЧС России от 24.04.2013 № 288 (ред. 27.06.2023). – 146 с.
9. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. – Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства российской федерации (2017). – 105 с.

10. Способ строительства деревянного здания Российский патент [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://patenton.ru/patent/RU2721989C1>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 24.12.2025).

List of references

1. Promising directions in the construction of wooden low-rise buildings [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-napravleniya-v-stroitelstve-derevyannyh-maloetazhnyh-zdaniy>, Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of access: 12/24/2025).

2. Research of structures and materials made of wood in the construction of low-rise buildings [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-konstruktsiy-i-materialov-iz-dereva-pri-stroitelstve-maloetazhnyh-zdaniy>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/24/2025).

3. Technologies for the construction of low-rise buildings made of wood [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50130620>, Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of reference: 12/24/2025).

4. Constructions of wooden buildings [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46672541>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/24/2025).

5. Zolotukhin, S. N. Experience in the construction of low-rise energy-efficient buildings / S. N. Zolotukhin, A. N. Goikalov, T. Kudzhiku // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Materials of the interregional scientific and practical conference "High technologies in ecology". - 2012.- No. 1.- pp. 169-172.

6. RU40349U1 - Profiled construction timber [Electronic resource]: Available at URL: <https://patents.google.com/patent/RU40349U1/ru>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/24/2025).

7. Method of manufacturing glued wooden structures [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.freepatent.ru/patents/2339506>, Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of reference: 12/24/2025).

8. SP 4.13130.2013 Fire protection systems. Limiting the spread of fire at protection facilities. Requirements for spatial planning and design solutions. – Approved by the order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 04/24/2013 No. 288 (as amended on 06/27/2023). - 146 p

9. SP 64.13330.2017 Wooden structures. – Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (2017). -105 p.

10. Method of construction of a wooden building Russian patent [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://patenton.ru/patent/RU2721989C1>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/24/2025).

УДК 69:005.6 (075.8)

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ ПОКРЫТИЙ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ И ВАНТОВЫХ СИСТЕМ

Д. А. Казаков, Д. Ю. Горловой, О. Е. Кубышкин

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

Горловой Дмитрий Юрьевич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВЗ-211, E-mail: dmitry.gorlovoj@yandex.ru

Кубышкин Олег Евгеньевич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВЗ-211, E-mail: olegkubyshkin3@gmail.com

Аннотация: в условиях ограниченности территорий под застройку в крупных городах Российской Федерации особую актуальность приобретает выбор оптимальной технологии монтажа большепролётных покрытий спортивных сооружений. В статье проводится сравнительный анализ технологий монтажа двух типов несущих конструкций: металлических ферм (пролёты до 60 м) и вантовых систем (60-120 м). Рассматриваются требования СП 48.13330.2019 «Организация строительства» и СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» к организации монтажных процессов в условиях стеснённой городской застройки. Приведены примеры реализованных объектов - ледовый дворец Воронежа (металлические фермы) и стадион «Волгоград Арена» (вантовая система). Показаны преимущества различных технологий по критериям трудоёмкости, продолжительности монтажа, потребности в площади складирования и требованиям к строительной технике.

Ключевые слова: большепролётные покрытия, организация строительства, технологии монтажа, металлические фермы, вантовые конструкции.

ORGANIZATION OF CONSTRUCTION OF LONG-SPAN ROOFS OF SPORTS FACILITIES: COMPARATIVE ANALYSIS OF ERECTION TECHNOLOGIES FOR METAL TRUSSES AND CABLE SYSTEMS

D. A. Kazakov, D. Yu. Gorlovoi, O. E. Kubyshkin

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

Gorlovoi Dmitry Yurievich, Voronezh State Technical University, student of gr. SVZ-211, E-mail: dmitry.gorlovoj@yandex.ru

Kubyshkin Oleg Evgenievich, Voronezh State Technical University, student of gr. SVZ-211, E-mail: olegkubyshkin3@gmail.com

Abstract: in conditions of limited territories for development in large cities of the Russian Federation, the choice of optimal erection technology for long-span roofs of sports facilities becomes particularly relevant. The article provides a comparative analysis of erection technologies for two types of load-bearing structures: metal trusses (spans up to

60 m) and cable systems (60-120 m). Requirements of SP 48.13330.2019 "Construction Organization" and SP 16.13330.2017 "Steel Structures" for organization of erection processes in conditions of constrained urban development are considered. Examples of implemented facilities are given - Voronezh ice palace (metal trusses) and Volgograd Arena stadium (cable system). The advantages of various technologies are shown in terms of labor intensity, erection duration, storage area requirements and construction equipment demands.

Keywords: long-span roofs, construction organization, erection technologies, metal trusses, cable structures.

Спортивные сооружения, возведенные в крупнейших городах России, сталкиваются с рядом существенных ограничений, оказывающих прямое воздействие на выбор конструкций с большими пролётами. Основными препятствиями выступают высокая плотность жилой застройки, отсутствие свободных земельных участков для организации временного строительного комплекса, а также необходимость учёта особенностей регионального климата при проведении монтажных мероприятий [1]. Особенно остро данные факторы проявляются при проектировании перекрытий длиной свыше 60 метров, где применение стандартных решений на базе стальных фермы связано с крупными расходами на устройство рабочей территории.

Традиционный способ монтажа металлических ферм предполагает выделение площадей от 800 до 1000 м² под хранение деталей и использование кранов грузоподъёмностью 25-50 тонн [2]. В условиях урбанизированной среды такие условия порой невозможно реализовать, из-за чего возрастает длительность строительства и общая стоимость проекта. В качестве альтернативы применяются вантовые системы, позволяющие сузить требования к площадям под складирование до 250-350 м² и значительно снизить зависимость от тяжелой подъёмной техники благодаря использованию гидродомкратов для натяжения анкерных тросов [3].

Критически важную роль играет и погодноклиматическая характеристика района строительства. Зимние температуры в центральных и южных областях страны могут достигать -25 °С, что усложняет проведение сварочных работ на открытом воздухе и вынуждает применять специальные методики защиты и термообработки [4].

Задача исследования - провести сравнительный анализ технологий монтажа стальных ферм и вантовых систем для покрытий с большими пролётами на спортивных объектах с целью определения наиболее рациональных решений при строительстве в условиях плотной городской среды и дефицита площадей для размещения строительной инфраструктуры.

Фермы из металла с пролётами до 60 м представляют собой классическое решение для спортивных сооружений небольшой и средней вместимости. Указанный тип конструкций применяется в строительной практике на протяжении десятилетий и характеризуется отработанной технологией установки. В соответствии с требованиями свода Правил 48.13330.2019 «Организация строительства», процесс монтажа включает следующие основные операции [5]:

1. Транспортировка укрупнённых блоков ферм на стройплощадку автомобильным транспортом. Перевозка осуществляется специализированными низкорамными тралями с учётом габаритных характеристик перевозимых элементов.

2. Строповка и подъём блоков крановой техникой грузоподъёмностью 25-50 т. Для установки ферм пролётом 60 м применяются автомобильные краны типа КС-55713 или их аналоги.

3. Установка блоков на опорные колонны и их временная фиксация распорками. Временное закрепление необходимо для обеспечения устойчивости конструкции до завершения монтажа всех связей.

4. Соединение стыков высокопрочными болтами или сваркой в проектное положение. Выбор типа соединения определяется проектными решениями и условиями производства работ.

5. Монтаж горизонтальных и вертикальных связей для обеспечения пространственной жёсткости покрытия.

6. Укладка профилированного настила и устройство кровельного покрытия. Схема организации рабочего места при монтаже представлена на рисунке 1.

Основным ограничением данной технологии выступает потребность в организации площадок для складирования размером 800-1000 м² для размещения укрупнённых блоков ферм перед установкой [6]. В условиях плотной городской застройки выделение таких площадей нередко становится проблематичным и требует дополнительных согласований с органами местного самоуправления.

Ещё одним ограничением выступает влияние низких температур на производство работ. При температурах ниже -15° С возникает необходимость предварительного подогрева свариваемых элементов до температуры 150-200°С, что приводит к увеличению трудоёмкости работ на 15-20% и требует применения специального оборудования [7].

Длительность монтажа покрытия пролётом 60 м составляет 45-60 суток при работе одной монтажной бригады численностью 8-10 человек и использовании двух кранов грузоподъёмностью 32 т. Трудоёмкость работ составляет 18-22 чел.- смены на 100 м² покрытия.

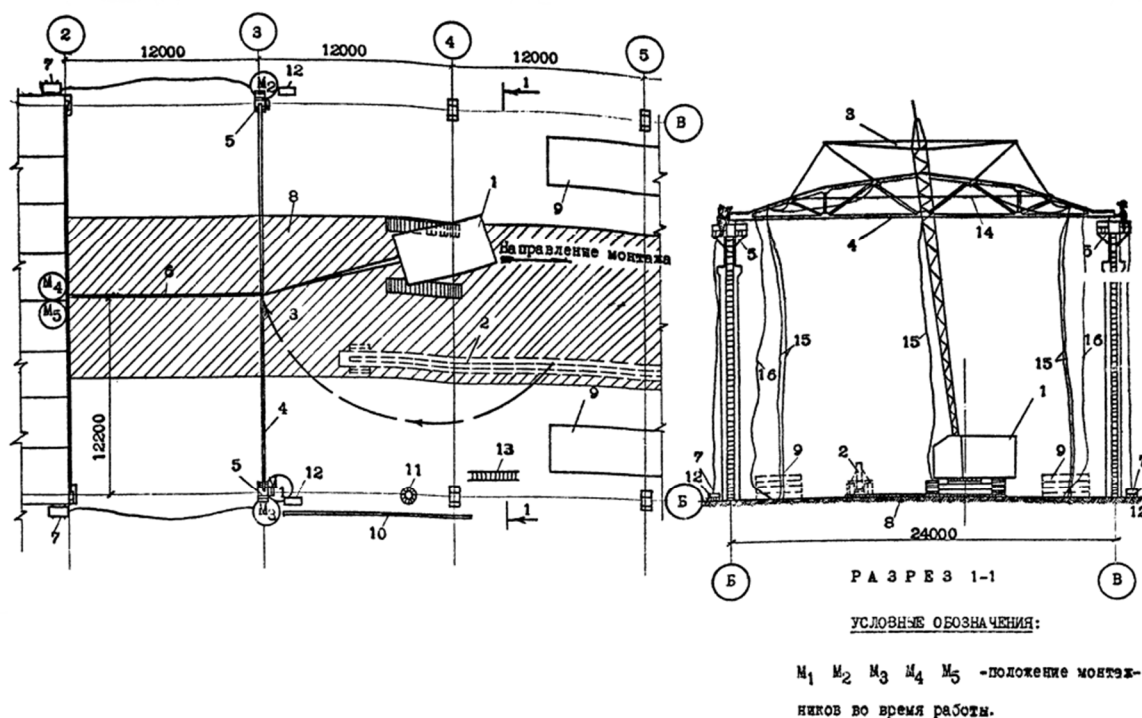


Рис. 1. Схема организации рабочего места при монтаже стропильных ферм:
 1 - монтажный кран; 2 - фермовоз; 3 - траверса ЦНИИОМТП; 4 - монтируемая ферма; 5 - монтажная площадка с лестницей; 6 - временная распорка; 7 - сварочный аппарат; 8 - бетонная подготовка; 9 - склад плит покрытия; 10 - место складирования инвентарной распорки; 11 - место складирования растяжек и расстроповочных тросов; 12 - ящик с металлическими подкладками; 13 - приставная лестниц длиной 3,4 м; 14 - страховочный трос; 15 - расстроповочный трос; 16 - оттяжка.

В качестве примера реализации можно привести Ледовый дворец спорта «Юбилейный» г. Воронежа (Центральный федеральный округ, введён в эксплуатацию в 1986 г.). Покрытие выполнено из металлических ферм пролётом 60 метров с шагом 6 метров. Монтаж покрытия выполнен за 52 суток бригадой из 9 человек с применением двух кранов грузоподъёмностью 32 тонн. Площадь складирования составила 950 м². Особенностью строительства явилась необходимость ведения работ в стеснённых условиях Центрального района города, что потребовало дополнительных мероприятий по организации движения транспорта и обеспечению безопасности [8].

Альтернативным решением для перекрытия больших пролётов, позволяющим преодолеть ограничения металлоёмкости и габаритов, являются вантовые системы. Вантовые системы с пролётами 60-120 метров находят применение при возведении крупных спортивных сооружений, требующих свободных внутренних пространств без промежуточных опор. Указанный тип конструкций получил широкое распространение в современном строительстве благодаря возможности перекрытия больших пролётов при минимальной материалоёмкости несущих элементов [9].

Процесс монтажа вантовых систем включает следующие основные операции:

1. Устройство опорного контура из металлических конструкций. Опорный контур выполняется из стальных колонн и ригелей, служащих точками крепления вант.
2. Установка анкерных устройств для крепления вант. Анкерные устройства монтируются в проектное положение с высокой точностью (допуск не более 5 мм).
3. Последовательное натяжение вант гидравлическими домкратами с контролем усилий тензометрическими датчиками. Натяжение выполняется поэтапно для обеспечения равномерного распределения усилий.
4. Монтаж профилированного настила или металлической обшивки по вантовой системе.

Ключевым этапом является натяжение вант, которое выполняется поэтапно с контролем геометрии покрытия. Применяются гидравлические домкраты грузоподъёмностью 100-200 тонн с системой автоматического контроля усилий. Контроль усилий осуществляется с помощью тензометрических датчиков, установленных на каждой ванте [10].

Преимуществом технологии является минимальная потребность в площади складирования (250-350 м²) и отсутствие необходимости в применении кранов грузоподъёмностью свыше 40 тонн. Натяжение вант выполняется гидравлическими домкратами непосредственно на проектной отметке, что исключает необходимость подъёма тяжёлых конструкций на высоту.

Дополнительным преимуществом является меньшая чувствительность технологии к низким температурам. Основные операции (натяжение вант) не требуют сварки на открытом воздухе, что позволяет вести работы при температурах до -25°С без дополнительных мероприятий по подогреву элементов.

Продолжительность монтажа вантовой системы пролётом 85 м составляет 28–35 суток. Трудоёмкость составляет 12-15 чел.- смен на 100 м² покрытия.

В качестве примера реализации можно привести стадион «Волгоград Арена» (рис. 2) г. Волгограда (Южный федеральный округ, построен к Чемпионату мира по футболу 2018 г.).



Рис. 2. Стадион «Волгоград Арена» - вантовая система покрытия трибун [8]

Вантовая система покрытия трибун имеет пролёт 85 метров. Монтаж выполнен за 32 суток бригадой из 12 человек с применением гидравлических домкратов грузоподъёмностью 150 тонн и системы автоматического контроля усилий. Площадь складирования составила 300 м². Особенностью строительства явилась возможность выполнения работ в условиях стеснённой застройки на набережной реки Волги без применения сверхтяжёлых кранов [8].

Анализ сравнительных характеристик (см. табл. 1) показывает, что вантовые системы демонстрируют преимущества по большему числу параметров.

Таблица 1

Сравнительные характеристики технологий монтажа большепролётных покрытий

Параметр	Металлические фермы	Вантовые системы
Максимальный пролёт, м.	До 60	60-120
Продолжительность монтажа (пролёт 60-75 м), сут.	45-60	28-35
Трудоёмкость, чел.- смен/100 м ²	18-22	12-15
Требуемая грузоподъёмность кранов, т	25-50	25-40*
Площадь складирования, м ²	800-1000	250-350
Влияние низких температур (ниже -15°С)	Требуется подогрев для сварки (+15-20% трудоёмкости)	Минимальное (натяжение вант без сварки)
Применимость в стеснённых условиях застройки	Ограничена	Высокая
* - для монтажа опорного контура; натяжение вант выполняется гидравлическими домкратами		

Для оценки эффективности применения обеих технологий на практике - более уместно будет рассматривать показатели существующих объектов (см. табл. 2).

Таблица 2

Технико-экономические показатели реализованных объектов

Объект	Тип конструкции	Пролёт, м.	Продолжительность монтажа, сут.	Трудоёмкость, чел.-смен/100 м ²	Площадь складирования, м ²	Условия площадки
Ледовый дворец Воронежа (ЦФО)	Металлические фермы	60	52	20,5	950	Стеснённая застройка (Центральный район)
Стадион «Волгоград Арена» (ЮФО)	Вантовая система	85	32	13,2	300	Стеснённая застройка (набережная р. Волги)

Анализ представленных данных показывает, что применение вантовых систем в условиях стеснённой городской застройки позволяет сократить общий цикл работ на 30-45% по сравнению с металлическими фермами при сопоставимых пролётах. Это возможно главным образом только тогда, когда мы не учитываем значительное число складских площадей для проведения укрупнительной сборки. В том числе снижая объем сварочных работ и прочих операций на площадке. Тем самым нивелируя характерные недостатки монтажа металлических ферм.

Если рассмотреть этот вопрос подробнее, необходимость в площадках складирования в случае вантовых систем падает на 60-70% от расчетных значений для монтажа металлических ферм. Что значительно упрощает производство работ в условиях городской застройки и ограниченного пространства.

Тем самым выделим проблематику рационального выбора технологии монтажа покрытий для большепролетных зданий и сооружений в городских и стесненных условиях:

1. При пролете зданий и сооружений до 60 метров и наличии достаточного пространства для складских помещений (более 800 м²) - рационально и целесообразно будет принять технологию монтажа металлических ферм. Но зачастую таких комфортных условий складирования в городской застройке не встречается.

2. При пролете зданий и сооружений от 60 до 120 метров, а также в условиях ограниченной территории для строительной площадки и складских площадей. Более рациональным решением будет выбор вантовой системы, которая позволит снизить потребности в площади складирования и общую трудоемкость работ при монтаже на 30-40%. Не менее важно учитывать и то, что для натяжения тросов по технологии вантовых систем используются гидравлические домкраты - без применения дорогостоящих и тяжелых кранов.

Практика выбора способа возведения спортивных сооружений в первую очередь основывается на условиях существующей строительной площадки. А не только исходя из пролета планируемого сооружения, тем самым обеспечивая рациональный выбор технологии монтажа при производстве работ.

Полезные рекомендации для рационального подбора способа монтажа покрытий большепролетных зданий и сооружений. Должны основываться и учитывать целую совокупность факторов: доступ к строительной площадке, размеры строительной площадки, климат региона строительства, требования по срокам возведения проекта, величину пролета

здания или сооружения и материальную обеспеченность специальной техникой у подрядчика.

Список литературы

1. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учеб. пособие / Л. Г. Дикман. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 528 с.
2. Васильев, А. А. Металлические конструкции: учебник для вузов / А. А. Васильев. – М.: Изд-во АСВ, 2020. – 416 с.
3. Петров, С. В. Технология монтажа вантовых покрытий спортивных сооружений / С. В. Петров, И. К. Сидоров // Изв. вузов. Строительство. – 2023. – № 4. – С. 45–58.
4. Гусев, А. И. Вантовые конструкции в современном строительстве / А. И. Гусев, С. В. Кузнецов. – СПб.: Стройиздат, 2021. – 312 с.
5. Ледовый дворец спорта «Юбилейный» г. Воронежа. Офиц. сайт администрации г. Воронежа [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://voronezh-city.ru/sport/ledovyuy-dvoretz>, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 12.03.2026).
6. Стадион «Волгоград Арена». Офиц. сайт ФК «Ротор» [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://fcrotor.ru/arena>, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 12.03.2026).
7. Müller, B. Construction Logistics for Long-Span Roof Systems / B. Müller, R. Schmidt // Structural Engineering International. – 2022. – Vol. 32, No. 3. – P. 312–325.
8. Kazakov, D. A. Optimization of Construction Organization for Long-Span Roof Structures / D. A. Kazakov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2024. – Vol. 1234. – P. 012045.

List of references

1. Dikman, L. G. Organization of Construction Production: textbook / L. G. Dikman. – Moscow: ASV Publishing House, 2002. – 528 p.
2. Vasilyev, A. A. Metal Structures: textbook for universities / A. A. Vasilyev. – Moscow: ASV Publishing House, 2020. – 416 p.
3. Petrov, S. V. Technology of Erection of Cable Roof Systems for Sports Facilities / S. V. Petrov, I. K. Sidorov // Izv. vuzov. Construction. – 2023. – No. 4. – P. 45–58.
4. Gusev, A. I. Cable Structures in Modern Construction / A. I. Gusev, S. V. Kuznetsov. – St. Petersburg: Stroyizdat, 2021. – 312 p.
5. Ice Sports Palace "Jubilee" in Voronezh. Ofic. Voronezh City Administration website [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://voronezh-city.ru/sport/ledovyuy-dvoretz>, Title. From the screen. - Yaz. Rus. (date of access: 03/12/2026).
6. Volgograd Arena Stadium. Ofic. FC Rotor website [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://fcrotor.ru/arena>, Title. From the screen. - Yaz. Rus. (date of access: 03/12/2026).
7. Müller, B. Construction Logistics for Long-Span Roof Systems / B. Müller, R. Schmidt // Structural Engineering International. – 2022. – Vol. 32, No. 3. – P. 312–325.
8. Kazakov, D. A. Optimization of Construction Organization for Long-Span Roof Structures / D. A. Kazakov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2024. – Vol. 1234. – P. 012045.

УДК 69.055: 69.001.6

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕКАПИТАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПАВИЛЬОНА «АТОМ» НА ВДНХ

Д. А. Казаков, М. А. Гришин, М. А. Дробышев

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

Гришин Максим Александрович, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВЗ-211, E-mail: grishin666crew@mail.ru

Дробышев Максим Александрович, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВЗ-211, E-mail: maks.drobyshev.2003@mail.ru

Аннотация: статья посвящена анализу строительства павильона «Атом» - современного музея атомной энергетики на территории ВДНХ в Москве. Объект является редким примером крупного некапитального здания со сложной параметрической геометрией, которое пришлось реализовывать в жёстких условиях из-за охранного статуса территории. В статье рассматривается согласование проекта на территории объекта культурного наследия федерального значения, и какие сложности пришлось преодолеть, так как существующие нормы не всегда напрямую описывают подобные случаи. Отдельно описываются проблемы нормативного регулирования некапитального строительства и те пробелы, которые до сих пор есть в действующих ГОСТах и сводах правил, а также конструктивные решения, благодаря которым здание всё-таки удалось отнести к некапитальным сооружениям, хотя это потребовало достаточно точной инженерной проработки. Отдельно рассмотрено применение BIM-технологий, параметрического проектирования и 3D-сканирования, которые в этом случае были неотъемлемой частью возведения, чтобы обеспечить точность возведения сложных криволинейных конструкций и воплотить проектную модель в здание. Как и рассмотрена невозможность использования крупной техники и осуществления свободных поставок.

Ключевые слова: организация строительства, некапитальное строительство, параметрическая архитектура, BIM-технологии, криволинейные конструкции.

FEATURES OF ORGANIZATION OF CONSTRUCTION OF NON-CAPITAL OBJECTS WITH COMPLEX GEOMETRY ON THE EXAMPLE OF THE «АТОМ» PAVILION AT VDNKH

D. A. Kazakov, M. A. Grishin, M. A. Drobyshev

Kazakov Dmitry Aleksandrovich, 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: k_di@list.ru

Grishin Maxim Aleksandrovich, Voronezh State Technical University, student gr. SVZ-211, E-mail: grishin666crew@mail.ru

Drobyshev Maxim Aleksandrovich, Voronezh State Technical University, student gr. SVZ-211, E-mail: maks.drobyshev.2003@mail.ru

Abstract: the article is devoted to the analysis of the features of the organization of construction of the «Atom» pavilion - a modern museum of nuclear energy, erected on the territory of VDNKh in Moscow. This object is a unique example of non-capital construction with complex parametric geometry, implemented under strict restrictions due to the protected status of the territory. The article examines the following key aspects: the procedure for approving the project on the territory of a cultural heritage site of federal significance; problems of regulatory regulation of non-capital construction and existing gaps in current GOSTs and codes of practice; structural solutions ensuring compliance with requirements for non-capital structures; organization of the construction site under the prohibition of heavy crane equipment; logistics of delivery of materials and structures to the territory of an operating park; alternative methods of steel structure installation; application of digital technologies (BIM, parametric design, 3D scanning) to ensure accuracy of erection of curvilinear structures.

Keywords: construction organization, non-capital construction, parametric architecture, BIM technologies, curvilinear structures, construction logistics.

В современной архитектуре всё чаще появляются здания со сложными криволинейными формами, и их реализация требует уже других подходов к организации строительства. Особенно сложно работать на территориях с охранным статусом - там действуют серьезные ограничения на производство работ и ошибки недопустимы, поэтому необходимо действовать очень аккуратно и точно. К таким случаям как раз относится павильон «АТОМ» на ВДНХ (рис. 1), где сошлось сразу несколько факторов: параметрическая архитектура со сложной геометрией, расположение на территории объекта культурного наследия федерального значения и достаточно жёсткие ограничения по строительству и логистике. При этом здание довольно крупное - общая площадь около 25 000 м², высота примерно 32 метра, а само строительство велось с 2018 по 2023 год [1].



Рис. 1. Павильон «Атом» ВДНХ

Цель этой статьи - рассмотреть конкретные организационные и технические решения, которые позволили построить павильон в довольно жёстких условиях. ВДНХ - объект культурного наследия федерального значения и находится в предварительном списке Всемирного наследия ЮНЕСКО и этот факт накладывает множество ограничений.

Например:

- нельзя вести капитальное строительство;

- высота новых зданий строго ограничена;
- сохранение исторических визуальных осей и панорам

Кроме того, на площадке нельзя использовать тяжёлую строительную технику, а вибрация и шум контролируются очень строго из-за того, что парк продолжает свою работу.

Согласование проекта павильона «АТОМ» проходило в несколько этапов и заняло более двух лет. Процедура включала разработку и согласование концепции с администрацией ВДНХ, проведение историко-культурной экспертизы, получение заключения Департамента культурного наследия города Москвы (Мосгорнаследие), согласование с Министерством культуры РФ, общественные обсуждения проекта.

Ключевым условием получения разрешения стал отказ от капитального строительства. Павильон должен был быть спроектирован как некапитальное сооружение - без заглублённого фундамента, с возможностью демонтажа без ущерба территории. Дополнительно были установлены ограничения на использование строительной техники: запрещены башенные краны, тяжёлые гусеничные краны и техника с высоким давлением на грунт. Это обусловлено необходимостью защиты подземных коммуникаций и фундаментов близлежащих исторических павильонов.

Согласно статье 1 Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ, некапитальные строения - это строения, сооружения, которые не имеют прочной связи с землёй и конструктивные характеристики которых позволяют осуществить их перемещение и (или) демонтаж и последующую сборку без несоразмерного ущерба назначению и без изменения основных характеристик. Признаками некапитального объекта являются отсутствие заглублённого фундамента, сборно-разборная конструкция, возможность перемещения без разрушения.

Действующие строительные нормативы (СП, ГОСТ) разработаны для капитального строительства и не содержат специальных требований к некапитальным объектам большой площади и сложной конструкции. В частности, в нормативной базе отсутствуют:

- требования к фундаментам некапитальных объектов площадью более 1500 м²;
- методики расчёта конструкций, не имеющих прочной связи с землёй;
- специальные нормы пожарной безопасности для крупных некапитальных сооружений;
- неурегулированность вопросов эксплуатации.

ГОСТ Р 58033-2017 «Здания и сооружения. Словарь» даёт определение некапитальным сооружениям, однако не содержит технических требований к ним.

Для преодоления нормативных пробелов на проекте павильона «Атом» были разработаны специальные технические условия (СТУ). Применялись нормы для капитальных объектов по аналогии с дополнительным обоснованием расчётами. Проводились дополнительные экспертизы, в том числе независимые проверки расчётных моделей.

Статус некапитального объекта предопределил выбор конструктивных решений, направленных на минимизацию воздействия на ландшафт и обеспечение возможности полной разборки здания. Вместо традиционного заглублённого фундамента применена поверхностная железобетонная плита, опирающаяся на подготовленное основание. Такая система распределительных балок исключает точечные нагрузки, сохраняя целостность исторического грунта территории. Основной несущий каркас выполнен из стальных конструкций: отказ от монолитного железобетона обусловлен требованием мобильности, поэтому все соединения выполнены на болтах. Это техническое решение в сочетании с использованием пространственных ферм позволило реализовать сложную криволинейную геометрию павильона. Завершает облик светопрозрачный фасад, состоящий из индивидуальных стеклянных панелей. Каждая из них изготовлена на основе параметрической модели и обладает уникальной формой, соответствующей общему архитектурному замыслу.

Строительная площадка на территории ВДНХ имела следующие ограничения [3]:

- запрет на установку башенных кранов;
- максимальная грузоподъёмность мобильных кранов -80 тонн;
- ограничение давления на грунт - не более 0,6 МПа;
- запрет на работу с повышенным шумом в дневное время (парк работает для посетителей);
- минимальная площадь для складирования материалов.

Отсутствие тяжёлой крановой техники потребовало разработки альтернативных методов монтажа. Максимальное количество операций было перенесено в заводские условия, где стальные конструкции проходили укрупнительную сборку, контрольную подгонку элементов и окраску, после чего поставлялись на площадку в виде готовых укрупнённых блоков. Элементы, превышающие грузоподъёмность доступных кранов, разделялись на части массой до 15-20 тонн с последующей сборкой на проектной отметке [4]. Запрет на использование башенных кранов потребовал формирования альтернативной системы монтажа, включающей несколько взаимодополняющих решений. Основные подъёмно-монтажные операции выполнялись автомобильными кранами грузоподъёмностью 50-80 тонн, установленными на аутригерах с распределительными плитами для снижения давления на грунт. Для элементов, масса которых превышала возможности мобильных кранов, применялись гидравлические домкратные системы, обеспечивавшие поэтапный подъём конструкций на проектную отметку. Работы на высоте, связанные с установкой фасадных панелей и доборных элементов, выполнялись с помощью телескопических подъёмников и автовышек. Таким образом, комбинация этих трёх типов оборудования позволила полностью заменить башенные краны и обеспечить монтаж конструкций массой до 80 тонн на высоте до 32 метров.

По доставке материалов на территорию ВДНХ тоже были свои ограничения. Грузовой транспорт мог заезжать только в нерабочее время, с 23:00 до 6:00, чтобы не мешать посетителям парка. Для этого нужно было согласовать всё с Государственной инспекцией безопасности дорожного движения и администрацией ВДНХ - без этого движение просто не прошло бы. Из-за исторической планировки и наличия уже существующей застройки конструкции длиннее 12 м приходилось вести по специально разработанным маршрутам [5]. На объекте не было складских площадей, поэтому использовалась схема «монтаж с колёс» - элементы сразу доставляли к месту установки и поднимали в проектное положение [6], распределительный узел находился в районе Ростокино, где собирали конструкции от заводов и комплектовали суточные партии, и строго по графику отправляли на объект.

Сложная геометрия павильона и жёсткие ограничения строительной площадки обусловили необходимость широкого применения цифровых технологий (рис. 2) [7]. BIM-моделирование - единая информационная модель объекта с уровнем детализации LOD 400, включающим точные размеры, материалы и данные для изготовления элементов, использовалась для координации проектировщиков, производителей конструкций и строителей; все коллизии выявлялись и устранялись до начала монтажа. Параметрическое проектирование: криволинейная геометрия павильона спроектирована с применением параметрического проектирования в программной среде Rhinoceros с расширением Grasshopper - специализированных инструментов для создания сложных архитектурных форм, где изменение одного параметра автоматически пересчитывает всю модель.

На основе готовой параметрической модели формировались цифровые файлы с точными координатами каждого уникального элемента каркаса и фасада, которые передавались напрямую из проектной среды на станки с числовым программным управлением (ЧПУ) заводов-изготовителей, что исключало ручной перенос размеров и обеспечивало изготовление более 2 000 индивидуальных панелей с миллиметровой точностью. Помимо геометрического моделирования, на проекте применялось так называемое 4D-планирование - метод, при котором трёхмерная информационная модель здания дополняется четвёртым измерением - временем. Каждому элементу конструкции в

ВМ-модели присваивался конкретный срок изготовления, доставки и монтажа, что позволяло визуализировать ход строительства в хронологической последовательности, заблаговременно выявлять конфликты в графике работ и координировать ночную логистику с монтажными операциями.

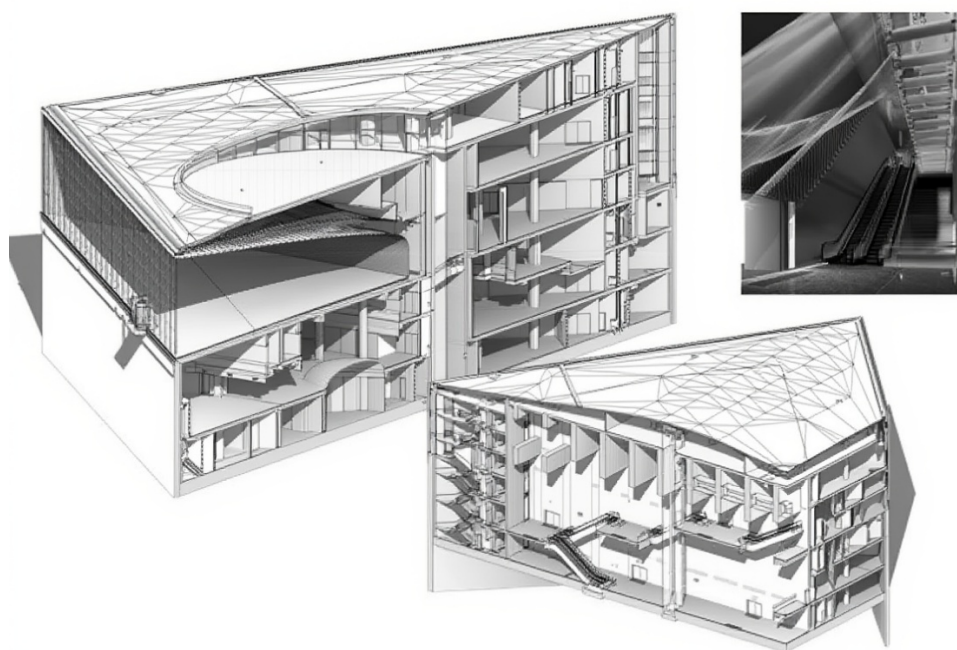


Рис. 2. Архитектурная модель павильона

Павильон «АТОМ» был открыт в ноябре 2023 года. Основные технические показатели: общая площадь -25 000 м²; высота -32 м; масса стальных конструкций - около 4 500 тонн; количество уникальных фасадных панелей - более 2 000 единиц.

Строительство павильона «АТОМ» показало, что даже архитектурно сложный объект можно реализовать в условиях строгих охранных ограничений, если с самого начала подстраивать конструктивные решения под требования некапитального строительства, по возможности изготавливать элементы на заводе и активно использовать цифровые технологии на всех этапах - от проектирования до монтажа. При этом в работе стало ясно, что с нормативной базой всё не так просто: действующие правила в сфере некапитального строительства в основном рассчитаны на более простые объекты и почти не учитывают крупные сооружения со сложной геометрией, из-за чего возникает неопределённость и многие вопросы приходится решать отдельно. В результате для каждого такого объекта фактически приходится разрабатывать специальные технические требования, то есть каждый раз проект во многом рассматривается как уникальный случай.

Список литературы

1. Музей «АТОМ» на ВДНХ [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://atom.museum>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 10.03.2026).
2. Требования к производству работ на территории ВДНХ: методические рекомендации / Администрация ВДНХ. - Москва: ВДНХ, 2019. -24 с.
3. Шапиро, Г. И. Особенности проектирования фундаментов некапитальных сооружений / Г. И. Шапиро // Основания, фундаменты и механика грунтов. -2021. -№ 3. -С. 18-23.
4. Лебедев, В. М. Монтаж строительных конструкций: учебное пособие / В. М. Лебедев. - Москва: ИНФРА-М, 2021. -312 с.

5. Организация перевозок крупногабаритных грузов в городских условиях: методические указания / Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. - Москва: МАДИ, 2018. - 48 с.
6. Аникин, Б. А. Логистика в строительстве: учебник / Б. А. Аникин. - Москва: Проспект, 2022. -408 с.
7. Волков, А. А. BIM-технологии в строительстве: практическое руководство / А. А. Волков. - Москва: Издательство АСВ, 2021. -224 с.

List of references

1. ATOM Museum at VDNKH [Electronic resource]: Available at: URL: <https://atom.museum> , Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of reference: 03/10/2026).
2. Requirements for the production of works on the territory of VDNH: methodological recommendations / Administration of VDNH. - Moscow: VDNKh, 2019. -24 p.
3. Shapiro, G. I. Features of designing foundations of non-capital structures / G. I. Shapiro // Foundations, foundations and soil mechanics. -2021. -No. 3. -pp. 18-23.
4. Lebedev, V. M. Installation of building structures: a textbook / V. M. Lebedev. Moscow: INFRA-M, 2021. 312 p.
5. Organization of transportation of bulky goods in urban conditions: methodological guidelines / Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. Moscow: MADI Publ., 2018. 48 p.
6. Anikin, B. A. Logistics in construction : textbook / B. A. Anikin. - Moscow: Prospekt, 2022. -408 p.
7. Volkov, A. A. BIM technologies in construction: a practical guide / A. A. Volkov. - Moscow: DIA Publishing House, 2021. -224 p.

УДК 69.05: 528.48

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Д. А. Казаков, В. А. Русанов

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

Русанов Валерий Андреевич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. СВЗ-211, E-mail: walerawarwar@yandex.ru

Аннотация: в статье были рассмотрены возможности и особенности применения, а также достоинства и недостатки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при осуществлении авторского надзора строительных площадок и объектов капитального строительства. Перечислены факторы, накладывающие определенные ограничения на работу БПЛА и оказывающие влияние на качество результатов осуществления надзорной деятельности. Рассмотрены особенности, достоинства и недостатки систем стабилизации, навигации, лазерного и тепловизионного сканирования, которыми могут оснащаться БПЛА. Особое внимание уделено анализу таких показателей эффективности применения БПЛА в рамках организации дистанционного мониторинга при строительстве, как скорость выполнения работ, качество собираемой информации и точность измерений. В результате проведенного исследования сформированы выводы о проблемах и перспективах применения БПЛА в строительной отрасли в качестве инструмента строительного контроля.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, строительный контроль, строительный мониторинг, строительство зданий и сооружений.

UNMANNED AERIAL AS A MONITORING TOOL IN CONSTRUCTION

D. A. Kazakov, V. A. Rusanov

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

Rusanov Valery Andreevich, Voronezh State Technical University, student gr. SVZ-211, E-mail: walerawarwar@yandex.ru

Abstract: this article examines the capabilities and application features, as well as the advantages and disadvantages, of unmanned aerial vehicles (UAVs) in construction site supervision and capital construction projects. Factors that impose certain limitations on UAV operation and affect the quality of supervision results are listed. The features, advantages, and disadvantages of stabilization, navigation, laser, and thermal imaging systems that UAVs can be equipped with are discussed. Particular attention is paid to analyzing the effectiveness of UAVs in remote construction monitoring, including work completion speed, data quality, and measurement accuracy. The study provides conclusions regarding the challenges and prospects for using UAVs in the construction industry as a construction supervision tool.

Keywords: unmanned aerial vehicles, construction control, construction monitoring, construction of buildings and structures.

В настоящее время высокая скорость развития технологий, а также тенденция на их внедрение в различные отрасли производства с целью повышения автоматизации процессов, снижения трудозатрат и повышения безопасности производства работ не только в России, но и в мире позволяют применять новые приспособления, инструменты и механизмы в одной из самых консервативных отраслей – строительстве.

Данные обстоятельства позволяют специалистам развивать идею дистанционного мониторинга, а именно: отслеживание хода производства работ, выявление визуальных дефектов зданий и сооружений, ведение аэросъемки с последующей обработкой полученной информации, а также ряд других работ с возможностью покрытия больших площадей в рамках надзорной деятельности.

Одним из наиболее распространенных приспособлений для осуществления дистанционного мониторинга являются беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА).

Несмотря на то, что появление БПЛА приходится на начало XX века, а попытки их активного внедрения в процессы строительного производства принимаются только несколько последних десятилетий, проблема быстрого и качественного получения и обработки информации на строительных объектах на сегодняшний день остается актуальной.

Целью данной статьи является анализ эффективности и возможностей применения БПЛА в настоящих условиях строительного производства.

В таблице 1 приведена классификация основных видов БПЛА по виду конструкции.

Таблица 1

Классификация БПЛА по виду конструкции

Наименование	Особенность
Вертолетного типа (однороторные)	Высокая удельная грузоподъемность, способны осуществлять вертикальный взлет и посадку
Мультикоптерного типа (многороторные)	Высокая маневренность, удобство управления, относительно небольшой вес
Самолетного типа (с конструкцией неподвижного крыла)	Высокая продолжительность и дальность работы, высокая скорость движения, повышенная устойчивость к влиянию ветра
Гибридного типа	Обладают преимуществами самолетного и мультикоптерного типов

Наибольшую распространенность получили БПЛА мультикоптерного и самолетного типа [1]. Мультикоптерные БПЛА чаще имеют преимущество в размерах, массе, маневренности и осуществлении взлета и посадки по сравнению с БПЛА самолетного типа, но при этом их недостатками являются меньшее время и дальность работы, а также скорость передвижения.

Таким образом, при различных условиях осуществления мониторинга за ходом строительства эффективнее применять разные типы БПЛА: при работе в ограниченных пространствах, на небольших объектах более предпочтительно использовать БПЛА роторного типа; при работах с линейно-протяженными объектами, при необходимости покрытия больших площадей – самолетного типа.

Эффективность выполнения поставленной задачи зависит от оснащенности дополнительным оборудованием.

Одной из важнейших систем беспилотных летательных аппаратов для качественного выполнения, поставленных перед ними задач является система стабилизации положения в пространстве.

Данная технология основывается на взаимной работе полетного микроконтроллера и датчиков, передающих информацию с гироскопов, акселерометров, барометра, а также системы навигации. После получения и обработки данных от датчиков микроконтроллер отдает команды на управление скоростью вращения пропеллеров с возможностью многократного ее изменения в одну секунду, регулируя таким образом положение БПЛА в пространстве. Однако данная система не позволяет полностью нивелировать воздействие ветра, порывы которого способны приводить к образованию дефектов собираемой информации.

К таким дефектам относятся:

- искажение или ограничение поля зрения датчиков видения БПЛА (камер, сканеров LiDAR, тепловизоров);
- отсутствие четкости изображения, смазанность, шум на получаемых снимках.

Кроме того, сильный ветер и его порывы способны вызывать отклонения движения БПЛА от заданной траектории. Такое влияние может приводить к значительному повышению погрешности измерений, что критично для задач, связанных с проведением контрольно-измерительных работ.

При работе с БПЛА крайне важно наличие на их борту систем позиционирования ГНСС (Глобальная навигационная спутниковая система) или RTK (Real time kinematic - «Кинематика реального времени») для обеспечения следования маршруту, стабилизации и безопасности полета, привязки снимков к географическим координатам. Данные системы навигации обладают погрешностью в определении позиции БПЛА: погрешность для ГНСС может достигать нескольких метров, для RTK – нескольких десятков сантиметров.

Для задач по выявлению соответствия объемов выполненных работ заявленным, отслеживании хода строительства на каждом этапе, выявления визуальных дефектов, осуществления контроля за безопасностью осуществления работ, складирования конструкций и материалов и прочих задач в рамках фото- и видеофиксации в качестве подвешенного оборудования необходима также установка камеры высокого разрешения.

В тех случаях, когда объект необходимо обследовать на наличие дефектов, в том числе скрытых, связанных с теплопотерями и энергоэффективностью, БПЛА возможно оборудовать тепловизионными системами.

Современное направление повышения цифровизации строительной отрасли затрагивают не только непосредственный процесс производства работ, но также и работы, связанные с проектированием. В этой связи широкое распространение получила технология BIM-моделирования, которая является цифровой базой данных и подразумевает работу с трехмерной моделью здания или сооружения.

Одним из инструментов сбора данных о геометрии объекта служит технология лазерного сканирования LiDAR. Схема работы данной технологии заключена в расчете расстояния между источником и объектом посредством обработки времени от отправления лазерного импульса источником до объекта и получения источником отраженного от объекта импульса.

Результатом производства работ по лазерному сканированию является облако точек, которое представляет собой совокупность множества точек, обладающих собственными координатами в трехмерной системе координат. В одну секунду LiDAR способен выпускать миллионы импульсов, что обеспечивает высокую плотность создаваемого облака точек.

Системы лазерного сканирования подразделяются на статические и мобильные. БПЛА, снабженные оборудованием, которое поддерживает данную технологию, относятся к системам мобильного типа.

Качество информации, получаемой с помощью технологии LiDAR, сильно зависит от погодных условий. Осадки, туман, дымка, пыль способны отражать импульсы, вследствие чего оборудование может получить неверную информацию. Статические системы, ввиду своей неподвижности, позволяют более продолжительно сканировать одну точку, исключая таким образом некоторое влияние погодных условий и составляя более достоверное облако точек со значительно меньшей погрешностью для последующего моделирования.

Погрешность получаемых данных лазерного сканирования с БПЛА может достигать нескольких сантиметров, в то время как использование статических систем лазерного сканирования позволяет добиться точности в несколько миллиметров.

Рассмотрим эффективность проведения дистанционного мониторинга технического состояния зданий и сооружений с применением БПЛА при обследовании промышленных дымовых труб высотой от 20 метров на объект наличия дефектов и повреждений. Оценивать эффективность будем по таким параметрам, как скорость выполнения работ, качество и точность собираемой информации.

В таблице 2 указана возможность выполнения работ по обследованию промышленных труб методом дистанционного мониторинга с применением БПЛА.

Таблица 2

Соответствие перечню выполняемых работ по обследованию технического состояния промышленных труб

Наименование работы, осуществляемой стандартными методами	Метод дистанционного мониторинга с применением БПЛА
Наружный осмотр конструктивных элементов	Да
Тепловизионное обследование	Да
Определение прочности и состояния материалов неразрушающими методами, отбор образцов	Нет
Определение крена и осадки трубы	Да
Исследование изменений характеристик грунтов	Нет

Первоначально визуальный осмотр, согласно стандартной методике, выполняют с использованием оптических приборов без непосредственного подъема на высоту. Затем осмотр конструктивных элементов с целью выявления видимых дефектов и повреждений осуществляют с подъемом на ходовую лестницу и светофорные площадки или с подъемных приспособлений, а также рядом расположенных зданий или сооружений. В качестве инструмента, фиксирующего внешние дефекты и повреждения, используется ручной фотоаппарат или видеокамера. При необходимости выполнения тепловизионного контроля работы по его производству также выполняются на начальном этапе обследования. Общая продолжительность перечисленных этапов может достигать 5 рабочих дней при необходимости монтажа подъемных приспособлений [2].

В свою очередь, применение БПЛА, оснащенного камерой высокого разрешения и тепловизионным оборудованием, подразумевает несколько автономных вылетов по запрограммированной траектории, каждый из которых длится до 3 часов [3]. Качество собираемой информации о дефектах и повреждениях в виде фотографий и тепловых снимков относительно труднодоступных мест в данном случае превосходит стандартные методы визуального осмотра из-за возможности ведения съемки прямым ракурсом без привязки к положению. При необходимости осуществления визуального контроля технического состояния отдельных участков объекта имеется возможность непосредственного управления БПЛА его оператором.

Измерение крена и осадки промышленной дымовой трубы выполняется стандартными геодезическими методами с использованием теодолитов, нивелиров или тахеометров. Данный способ имеет крайне высокую точность при высокой трудоемкости и

длительности выполнения работ [4]. Применение БПЛА предлагает использовать технологию лазерного сканирования для данных задач, повышая, таким образом скорость производства работ, но понижая при этом точность измерительных работ [5]

В таблице 3 приведено сравнение показателей эффективности выполнения ряда работ стандартными методами и методом дистанционного мониторинга с применением БПЛА.

Таблица 3

Сравнение показателей эффективности методов выполнения работ при обследовании промышленных дымовых труб

Показатель	Метод выполнения работ	
	Стандартные методы	Метод дистанционного мониторинга с применением БПЛА
<i>Фиксация дефектов и повреждений, тепловизионная съемка</i>		
Скорость выполнения работ	До 5 рабочих дней	До 1 рабочего дня
Качество собираемой информации	Стандартное	Соответствующее или выше стандартного
<i>Измерение крена</i>		
Скорость выполнения работ	До 6 часов	До 1 часа
Точность измерений	1 – 3 мм	30 – 50 мм
<i>Измерение осадки</i>		
Скорость выполнения работ	До 1 рабочего дня	До 2 часов
Точность измерений	0,5 – 1 мм	20 – 30 мм

Сравнивая показатели эффективности, можно сделать некоторые выводы о возможностях применения БПЛА как средства дистанционного мониторинга: скорость выполнения работ по измерению осадки увеличилась в 4 раза, а по измерению крена – увеличилась в 6 раз; скорость выполнения начального этапа обследования, включающего фиксацию дефектов и повреждений, а также тепловизионной съемки, увеличилась в 5 раз.

Однако, рассматривая точность выполняемых измерений каждым из методов, показания измерений при использовании БПЛА оказываются значительно грубее: максимальная погрешность измерений при измерении крена увеличилась в 16,67 раз, а при определении осадки в целых 30 раз.

Использование БПЛА в строительстве как средство мониторинга в настоящее время эффективно показывает себя при выполнении работ, не требующих крайне высокой точности детализации – при необходимости обработки масштабных объектов и обширных территорий, быстром обнаружении визуальных дефектов, в том числе и на большой высоте, при необходимости мониторинга больших площадей.

К сожалению, на данный момент БПЛА, оборудованные современнейшими приборами, не имеют возможности собирать для обрабатывания детализированную информацию уровня стационарных инструментов, однако их применение позволяет сократить сроки работ в несколько раз.

С настоящей тенденцией развития техники и информационных технологий в дальнейшем не исключена возможность разработки систем, позволяющих получить более высокие показатели качества и детализации получаемой информации с беспилотных летательных аппаратов.

В результате проведенного исследования был выполнен анализ эффективности применения БПЛА как средства мониторинга в строительной отрасли; рассмотрены

особенности их устройства и факторы окружающей среды, оказывающие влияние на эффективность сбора информации и ее качество и детализированность; выполнен сравнительный анализ скорости выполнения и точности измерений при обследовании стандартными методами и методом дистанционного мониторинга с применением БПЛА на примере обследования промышленных дымовых труб.

Список литературы

1. Промышленные БПЛА: сферы применения, типы, преимущества // Aeromotus [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: https://aeromotus.ru/promyshlennye-bpla/#elementor-toc_heading-anchor-7/, Загл. С экрана. - Яз. Рус. (дата обращения: 12.03.2026).
2. Красных, Б. А. Методические указания по обследованию дымовых и вентиляционных промышленных труб (РД 03-610-03) / Б. А. Красных, А. И. Субботин, Н. Д. Богатов, Г. П. Зуев, В. С. Котельников, А. И. Перепелицын, А. А. Шаталов // Москва: Открытое акционерное общество «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2008. - (Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр; вып.40). - 52 с.
3. Применение беспилотных технологий для технической диагностики промышленного оборудования: методы, преимущества и практическая реализация // Inner Инжиниринг [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://inner.su/articles/primenenie-bespilotnykh-tekhnologiy-dlya-tekhnicheskoy-dagnostiki-promyshlennogo-oborudovaniya-meto/#drone-tech/>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 16.03.2026).
4. Былин, И. П. Измерение крена дымовой трубы транспортабельной котельной установки / И. П. Былин, А. С. Сыч, В. Балык. // Вектор ГеоНаук. - 2018. - №4. - С. 36-41.
5. Астапов, А. М. Способ определения крена дымовой трубы с помощью беспилотной авиационной системы // Вестник СГУГиТ. - 2024. - №. 4. - С. 5-15.

List of references

1. Industrial UAVs: fields of application, types, advantages // Aeromotus [Electronic resource]: Access mode: URL: https://aeromotus.ru/promyshlennye-bpla/#elementor-toc_heading-anchor-7/, Title. From the screen. - Yaz. Rus. (date of access: 03/12/2026).
2. Krasnykh, B. A. Methodological guidelines for the inspection of smoke and ventilation industrial pipes (RD 03-610-03) / B. A. Krasnykh, A. I. Subbotin, N. D. Bogatov, G. P. Zuev, V. S. Kotelnikov, A. I. Perepelitsyn, A. A. Shatalov // Moscow: Open Joint Stock Company "Scientific and Technical Center on industrial safety", 2008. (Documents of intersectoral application on industrial safety and protection of mineral resources; issue 40). 52 p.
3. Application of unmanned technologies for technical diagnostics of industrial equipment: methods, advantages and practical implementation // Inner Engineering [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://inner.su/articles/primenenie-bespilotnykh-tekhnologiy-dlya-tekhnicheskoy-dagnostiki-promyshlennogo-oborudovaniya-meto/#drone-tech/>, Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of reference: 03/16/2026).
4. Bylin, I. P. Measuring the roll of the chimney of a transportable boiler plant / I. P. Bylin, A. S. Sych, V. Balyk. // Vector Geosciences, 2018, No. 4, pp. 36-41.
5. Astapov, A.M. A method for determining the roll of a chimney using an unmanned aircraft system // Herald of Google. - 2024. - №. 4. - Pp. 5-15.

УДК 691.32

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕТОНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Н. А. Понявина, Н. С. Комаров, Е. А. Минакова

Понявина Наталия Александровна, Воронежский государственный технический университет, и. о. декана строительного факультета, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: zueva-natasha@mail.ru

Комаров Никита Сергеевич, Воронежский государственный технический университет, студент гр. бПГС-221, E-mail: ns.komarov@mail.ru

Минакова Екатерина Анатольевна, Воронежский государственный технический университет, студент гр. бСТР-2311, E-mail: katya.minakova.0400@mail.ru

Аннотация: актуальность работы обусловлена необходимостью повышения эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций в условиях современных строительных нагрузок. Предметом исследования выступают технологии самовосстанавливающегося бетона, позволяющие автономно устранять микротрещины и предотвращать коррозию арматуры. Целью статьи является сравнительный анализ двух основных направлений создания таких материалов: биологического, базирующегося на использовании бактерий рода *Bacillus* для биоминерализации карбоната кальция, и химического, основанного на применении полимерных микрокапсул с силикатом натрия. В работе рассмотрены механизмы активации каждого метода, условия их эффективного функционирования, а также влияние на физико-механические свойства бетона. На основе сопоставления ключевых характеристик определены приоритетные области применения технологий. В заключении сформулированы перспективные направления дальнейших исследований, включая оптимизацию составов смесей, проведение натурных испытаний и разработку нормативной документации для внедрения разработок в реальную строительную практику.

Ключевые слова: самовосстанавливающийся бетон, железобетонные конструкции, долговечность, коррозия арматуры, бактериальный метод, биоминерализация, микрокапсулирование.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONCRETE SELF-HEALING METHODS TO ENHANCE THE DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

N. A. Ponyavina, N. S. Komarov, E. A. Minakova

Ponyavina Natalia Alexandrovna, Voronezh State Technical University, acting dean of the Faculty of Construction, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise, and Real Estate Management, E-mail: zueva-natasha@mail.ru

Komarov Nikita Sergeevich, Voronezh State Technical University, student gr. bPGS-221, E-mail: ns.komarov@mail.ru

Minakova Ekaterina Anatolyevna, *Voronezh State Technical University, student gr. bSTR-2311*,
E-mail: katya.minakova.0400@mail.ru

Abstract: the relevance of this work is determined by the necessity to enhance the operational reliability and durability of reinforced concrete structures under modern construction loads. The subject of the research is self-healing concrete technologies, which allow for autonomous repair of microcracks and prevention of rebar corrosion. The aim of the article is a comparative analysis of two main approaches to creating such materials: biological, based on the use of *Bacillus* bacteria for calcium carbonate biomineralization, and chemical, based on the application of polymer microcapsules containing sodium silicate. The paper examines the activation mechanisms of each method, the conditions for their effective functioning, and their impact on the physical and mechanical properties of concrete. Based on a comparison of key characteristics, priority areas for the application of these technologies are identified. In conclusion, promising directions for further research are formulated, including the optimization of mix compositions, the conduct of full-scale tests, and the development of regulatory documentation for the implementation of these developments into real construction practice.

Keywords: self-healing concrete, reinforced concrete structures, durability, corrosion of reinforcement, bacterial method, biomineralization, microencapsulation.

В современном строительстве одной из ключевых задач является повышение долговечности железобетонных конструкций. Деградация бетона, инициируемая образованием микротрещин и последующей коррозией арматуры, требует инновационных решений [1]. Перспективным ответом на этот вызов стали бетоны с функцией самовосстановления (self-healing concrete), способные автономно запечатывать дефекты и восстанавливать защитные свойства [5].

Принцип работы таких материалов основан на активации встроенных механизмов регенерации при возникновении трещины. Это позволяет не только восстановить целостность материала и частично его прочность, но и создать барьер для проникновения агрессивных сред к стальной арматуре [4]. В результате значительно увеличиваются межремонтные интервалы и снижаются затраты на весь жизненный цикл конструкции.

Современные исследования сходятся в два принципиально разных технологических направления:

1. Биологическое (биотехнологическое) направление. Его цель - наделить искусственный материал свойствами живой системы, способной к регенерации. В основе лежит использование жизнедеятельности специфических микроорганизмов, например, бактерий рода *Bacillus*.

2. Инженерно-технологическое (химическое) направление. Оно применяет принципы микроинкапсуляции, создавая в бетоне распределённую сеть микрокапсул или каналов с ремонтным агентом (например, полимером или силикатом), который высвобождается исключительно в ответ на повреждение.

В рамках биологического направления, в зависимости от вида микроорганизмов, можно выделить различные виды биобетона. Наиболее изученным примером является использование бактерий *Bacillus pasteurii*, отличающихся высокой живучестью [3]. Их механизм действия заключается в том, что при попадании влаги в трещину бактерии активируются и запускают процесс биоминерализации. В результате химической реакции между лактатом кальция и водой из среды бетонного раствора образуется карбонат кальция (известняк), который эффективно заполняет микродефекты (рис. 1).

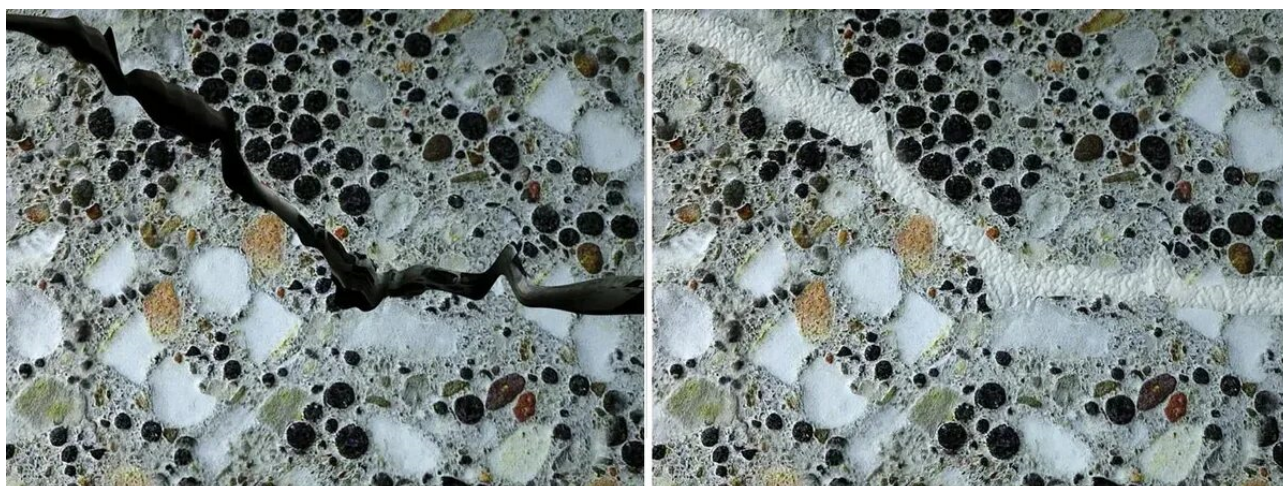


Рис. 1. Восстановление появившейся трещины при использовании бактериального метода восстановления [6]

Как известно, сейсмические воздействия создают критические нагрузки на здания, и хрупкость традиционного бетона может стать фактором риска. Одним из перспективных решений для повышения сейсмостойкости является биологическое укрепление грунтов с использованием бактерий *Bacillus pasteurii* [3].

Принцип данной технологии заключается в следующем: при введении бактериальной культуры во влажный грунт запускается процесс биоминерализации. В результате жизнедеятельности микроорганизмов происходит образование кристаллов карбоната кальция (CaCO_3).

Эти кристаллы выполняют функцию природного цементирующего агента: они заполняют поры между частицами песка и почвы, прочно связывая их между собой [3]. Таким образом, сыпучий грунт преобразуется в монолитную систему, по сути - аналог песчаника или биологического бетона. Этот процесс существенно увеличивает несущую способность и сдвиговую прочность основания.

Полимерные микрокапсулы в структуре бетона: микрокапсула представляет собой полимерную оболочку сферической или произвольной формы, содержащую заживляющий агент. В качестве такого агента часто используется силикат натрия (Na_2SiO_3), также известный как жидкое стекло (рис. 2).



Рис. 2. Полимерные микрокапсулы в структуре бетона [7]

На стадии приготовления раствора микрокапсулы вводятся в воду, после чего состав тщательно смешивается с цементом до однородного состояния. Дозировка капсул составляет 5% от массы цемента.

Из полученной цементной пасты формируются образцы-призмы размером 40×40×160 мм. После уплотнения образцы подвергаются стандартному влажностному твердению в воде.

Через 7 суток твердения призмы испытывают на сжатие, изгиб и ударное воздействие до появления контролируемой трещины. В момент растрескивания происходит разрушение микрокапсул, попавших в зону дефекта. Содержащееся в них вещество высвобождается и под действием капиллярных сил заполняет образовавшуюся полость (рис. 3) [1].

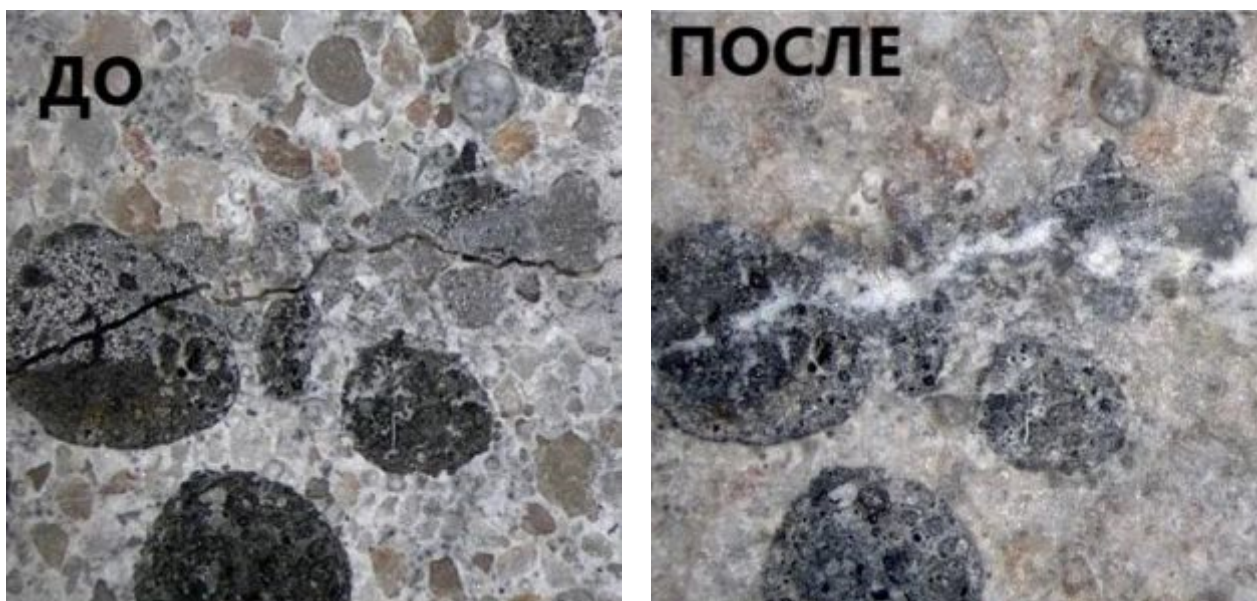


Рис. 3. Восстановление появившейся трещины при использовании микрокапсульного метода восстановления [8]

При возникновении трещины высвобождается из микрокапсул силикат натрия (Na_2SiO_3) вступает в химическую реакцию с гидроксидом кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) - постоянным компонентом затвердевшего бетона. В результате этой реакции образуется гель силикат кальция (CaSiO_3), который выполняет функцию связующего агента. Данный гель заполняет полость трещины и, постепенно твердея, обеспечивает её надёжную герметизацию.

Выбор между микрокапсульным и бактериальным методами является ключевым при проектировании самовосстанавливающихся бетонных конструкций. Эти технологии, решая одну задачу, принципиально различаются в механизме и условиях эффективного применения [4].

Сравнение по ключевым эксплуатационным критериям (см. табл. 1):

1. Характер восстановления: микрокапсулы обеспечивают преимущественно механическое склеивание стенок трещины. Полимерный герметик заполняет полость, создавая адгезионную связь. Это может приводить к восстановлению прочности на 100% и выше на локальном участке [2].

Бактерии осуществляют минеральное цементирование. Продукт их жизнедеятельности - карбонат кальция (CaCO_3) - является химически и структурно совместимым с бетоном, что обеспечивает долговечное заполнение пор и микропустот не только в трещине, но и вокруг неё.

2. Требования к условиям: микрокапсулы-система является одноразовой, срабатывающей при любом повреждении, достаточном для разрыва капсулы, независимо от того, является ли трещина опасной с точки зрения проницаемости. Ресурс ограничен количеством капсул в зоне растрескивания.

Бактерии-процесс зависит от внешних условий: наличие влаги, оптимальный температурный диапазон (обычно +10...+40 °C). Это делает систему более «избирательной» - активное залечивание происходит именно тогда, когда в трещину начинает проникать вода, то есть в момент реальной угрозы коррозии.

3. Влияние на коррозионную стойкость: микрокапсулы создают физический барьер для проникновения воды. Эффективность высокая, но зависит от полного заполнения и адгезии полимера.

Бактерии обеспечивают комбинированную защиту. Помимо физического заполнения, процесс биоминерализации потребляет кислород и повышает pH в зоне трещины за счёт образования карбоната кальция, создавая пассивирующую среду для арматуры, что является уникальным преимуществом.

4. Технологичность и влияние на свойства свежего и затвердевшего бетона: внедрение микрокапсул может негативно сказываться на начальной прочности и однородности бетонной смеси из-за создания слабых зон вокруг инкапсулированных частиц. Также существует проблема равномерного распределения и сохранения целостности капсул при интенсивном перемешивании и вибрировании [4].

Споры бактерий и носители (например, пористый керамзит) имеют меньший контраст свойств с цементным раствором. Основная сложность - обеспечение долгосрочной жизнеспособности спор в высокощелочной среде гидратирующегося цемента (pH >13) на протяжении многих лет.

Таблица 1

Сравнение по ключевым эксплуатационным критериям

Критерий	Микрокапсульный метод	Бактериальный метод
Основной агент	Химический полимер	Живые бактерии
Механизм действия	Механическое склеивание	Биоминерализация
Условия активации	Механическое разрушение капсулы	Наличие трещины, влаги и кислорода
Скорость "залечивания"	Высокая (часы-дни)	Низкая (недели-месяцы)
Максимальная ширина трещины	0.3-0.5 мм	0.5-0.8 мм
Влияние на коррозию	Физический барьер	Физический барьер + пассивация среды
Срок службы системы	Неограниченный (до разрушения капсул)	Ограниченный (жизнеспособность бактерий 10-50 лет)
Ключевой недостаток	Одноразовость системы, влияние на начальную прочность	Зависимость от внешних условий, сложность контроля жизнеспособности
Приоритетная сфера применения	Элементы, где важна скорость восстановления несущей способности; Статичные конструкции с прогнозируемыми нагрузками	Конструкции, подверженные влаге и агрессивным воздействиям (фундаменты, гидротехнические сооружения)

Проведенный анализ двух ведущих технологических направлений - микробиологического и микрокапсульного методов - демонстрирует их эффективность. Бактериальный подход обеспечивает долговременную биоинтерализацию и пассивацию среды, что критически важно для защиты от коррозии в условиях агрессивных сред. Метод с микрокапсулами предлагает быстрое и локализованное механическое восстановление, эффективное для оперативного сохранения несущей способности [1].

Таким образом, самовосстанавливающийся бетон утверждается в качестве ключевого элемента для создания устойчивой, экономичной и умной инфраструктуры будущего. Первоочередными задачами для научного и инженерного сообщества являются: оптимизация составов для улучшения совместимости и снижения себестоимости, проведение долгосрочных испытаний для сбора доказательной базы, а также активная разработка единых нормативных стандартов [5].

Список литературы

1. Низина, Т. А. Современное состояние научных исследований в области самовосстанавливающихся бетонов/ Т. А. Низина, А. О. Ковшов // Умные композиты в строительстве. 2024. №4. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-nauchnyh-issledovaniy-v-oblasti-samovosstanavlivayuschihsya-betonov>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 18.12.2025).
2. Акчурина, Т. К. Сравнительные характеристики составов биодобавок для получения цементных композитов с повышенной прочностью / Т. К. Акчурина, М. А. Гончарова, Е. С. Дергунова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2025. - Вып. 3(100). - С. 5-12.
 3. Золотухин, П. В. Бетон как искусственное биокосное вещество: бактериальные механизмы самовосстановления / П. В. Золотухин // Живые и биокосные системы. - 2024. - № 48. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://en.jbks.ru/authors/zolotukhin-p-v>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 18.12.2025).
 4. Кодзоев Мухамад-Басир Хаджимуратович, Исаченко Сергей Леонидович Самовосстанавливающийся бетон // Бюллетень науки и практики. 2018. №4. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samovosstanavlivayuschihsya-beton>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 18.12.2025).
 5. Токарев, А. С. Самовосстанавливающийся бетон / А. С. Токарев, П. А. Панин, В. С. Медведев // Наука, образование и культура. - 2021. - № 1 (56). [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samovosstanavlivayuschihsya-beton-1>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 18.12.2025).
 6. 19 программ для выживания в условиях изменения климата [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.popsci.com/design-to-outlast-climate-change/>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения 18.12.2025).
 7. Cuthbertson, A. WISE-CRACK: Self-healing concrete / A. Cuthbertson // The Engineer. - 2020. - [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.theengineer.co.uk/content/in-depth/wise-crack-self-healing-concrete> (дата обращения: 18.12.2025).
 8. Биотехнологии в современном строительстве: самовосстанавливающийся бетон [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://stroy-esp.ru/presscenter/articles/biotechnology/>, Загл. С экрана. – Яз. Рус. (дата обращения: 18.12.2025).

List of references

1. Nizina, T. A. The current state of scientific research in the field of self-healing concrete / T. A. Nizina, A. O. Kovshov // Smart composites in construction. 2024. No. 4. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-nauchnyh-issledovaniy-v-oblasti-samovosstanavlivayuschihsya-betonov>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/18/2025).
2. Akchurin, T. K. Comparative characteristics of bioadditive compositions for the production of cement composites with increased strength / T. K. Akchurin, M. A. Goncharova, E. S. Dergunova // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. - 2025. - Issue 3(100). - pp. 5-12.
3. Zolotukhin, P. V. Concrete as an artificial biokosny substance: bacterial self-healing mechanisms / P. V. Zolotukhin // Living and biokos systems. - 2024. - No. 48. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://en.jbks.ru/authors/zolotukhin-p-v>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/18/2025).
4. Kodzoev Mukhamad-Basir Khadzhimuratovich, Isachenko Sergey Leonidovich Self-healing concrete // Bulletin of Science and practice. 2018. No. 4. [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samovosstanavlivayuschihsya-beton>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/18/2025).

5. Tokarev, A. S. Self-healing concrete / A. S. Tokarev, P. A. Panin, V. S. Medvedev // Science, education and culture. - 2021. - № 1 (56). [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samovosstanavlivayuschiyasya-beton-1> , Title. From the screen. – Yaz. Rus. (date of access: 12/18/2025).

6. 19 programs for survival in the conditions of climate change [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.popsoci.com/design-to-outlast-climate-change/>, Title. From the screen. – In Russian (accessed 12/18/2025).

7. Cuthbertson, A. WISE-CRACK: Self-healing concrete / A. Cuthbertson // The Engineer. - 2020. - [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.theengineer.co.uk/content/in-depth/wise-crack-self-healing-concrete> (date of access: 12/18/2025).

8. Biotechnologies in modern construction: self-healing concrete [Electronic resource]: Available at URL: <https://stroy-esp.ru/presscenter/articles/biotechnology/>, Title. From the screen. – In Russian (accessed: 12/18/2025).

УДК 658.5: 624

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

А. Ю. Сергеева, И. С. Воронин, Р. Ю. Мясищев, 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

Воронин Игнат Сергеевич, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мСЭН-241, E-mail: voronin_is@mail.ru

Мясищев 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: при проведении строительно-технической экспертизы опытный эксперт смотрит на здание и сразу понимает, где есть риски. Он знает, что конструкция выдержит тот уровень нагрузки, на который она была рассчитана. Излишнее воздействие агрессивной среды нарушает баланс и отрицательно сказывается на сроках и качестве эксплуатации сооружения. Однако иногда, для того чтобы распознать реальный или потенциальный дефект до того, как он проявит себя, нужно четко и выверено рассмотреть конструкцию со всех сторон. Даже с тех сторон, к которым не позволяют подобраться возможности человека. В этом и кроется одна из ключевых проблем строительно-технической экспертизы. В данной статье рассматривается актуальность применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для поиска и выявления дефектов при строительстве, а также эксплуатации зданий и сооружений. Приведены основные преимущества применения беспилотных летательных комплексов в рамках строительной экспертизы, а также проанализированы возможные риски, связанные с их использованием.

Ключевые слова: строительно-техническая экспертиза, дрон-технологии, БПЛА, риски, материалы, дефекты.

THE RELEVANCE OF THE USE OF UAVS DURING CONSTRUCTION AND TECHNICAL EXPERTISE

A. Yu. Sergeeva, I. S. Voronin, 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 Organization, Expertise and Real Estate Management, E-mail: 933947@mail.ru

Voronin Ignat Sergeevich, Voronezh State Technical University, Master's student gr. mSEN-241, E-mail: voronin_is@mail.ru

Myasishchev Ruslan Yurievich, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, 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: when conducting a construction and technical expertise, an experienced expert looks at the building and immediately understands where the risks are. He knows that the structure will withstand the load level for which it was designed. Excessive exposure to an aggressive environment disrupts the balance and negatively affects the timing and quality of the facility's operation. However, sometimes, in order to recognize a real or potential defect before it manifests itself, it is necessary to clearly and accurately consider the design from all sides. Even from those sides that human capabilities do not allow us to get close to. This is one of the key problems of construction and technical expertise. This article examines the relevance of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for the search and detection of defects in construction, as well as the operation of buildings and structures. The main advantages of using unmanned aerial systems in the framework of construction expertise are presented, as well as the possible risks associated with their use are analyzed.

Key words: construction and technical expertise, drone technologies, UAVs, risks, materials, defects.

Строительно-техническая экспертиза - это анализ фактов, как явных, так и скрытых. Это система контроля состояния здания, способная прогнозировать пути дальнейшего функционирования сооружения, и позволяющая владельцу предотвратить нежелательные варианты [1, 2]. Однако время идет, и методы проведения судебной экспертизы развиваются и улучшаются, становясь более удобными и безопасными. Раньше способ был один: фиксировать дефекты самостоятельно, невзирая на риски. Залезать на высотные здания, протискиваться в труднодоступные для человека места, тратить огромное количество времени и ресурсов, чтобы заглянуть туда, куда не достает человеческий глаз. Это честный способ, но медленный и достаточно опасный (рис. 1).



Рис. 1. Проведение работ по выполнению строительно-технической экспертизы

А время в современном мире является крайне ценным ресурсом. В связи с этим, человек был вынужден искать решение. И смог найти его. Беспилотные летательные аппараты. Летящие камеры, которые могут забраться туда, куда не рискнет отправиться даже опытный эксперт (рис. 2). Они не боятся высоты, у них отсутствует «человеческий фактор», они находятся под полным контролем оператора в режиме реального времени. Применение БПЛА в экспертизе - это не вопрос будущего. Это вопрос настоящего, ведь будущее, где роботы помогают человеку, уже наступило. Руководитель может послать

эксперта на крышу, которая вот-вот сложится, и даже не догадываться об этом. А может послать железную птицу. Инструмент, который не ошибается, не устает и не боится рисков. Инструмент, фиксирующий факты и повинующийся эксперту, вне зависимости от обстоятельств. Актуальность этой работы заключается в простой вещи: риски в строительной сфере были всегда. И с ростом требований к функционалу и комфорту зданий будут повышаться. Вопрос лишь в том, насколько точно и своевременно человек сможет выявлять их и предотвращать [3]. Использование беспилотников позволяет сохранить самое важное в данном процессе - жизнь эксперта, а так же обеспечить получение данных, которые невозможно добыть, используя только методы вчерашнего дня. БПЛА по праву можно считать правильным инструментом для работы, сопряженной с такими рисками. А правильный инструмент, как известно, решает всё [4].



Рис. 2. Сферы применения БПЛА в строительстве

В качестве неоспоримых аргументов, которые можно добавить в копилку актуальности применения БПЛА при проведении строительной экспертизы можно внести:

1. Безопасность. Самое простое правило в технике безопасности: не идти туда, где есть угроза. Высотный дом, аварийная кровля, крошащийся парапет. Эксперту нужно осмотреть все это. Раньше он надевал страховку и надеялся, что страховочный карабин выдержит. Теперь он просто смотрит на экран (рис. 3).



Рис. 3. Применения БПЛА при производстве строительной-технической экспертиз

Беспилотник идет туда, куда его пошлет эксперт, не задумываясь о последствиях. Если беспилотник будет уничтожен, организация потеряет только деньги. Если пострадает экспертная группа, организация потеряет и деньги, и ценные кадры, и доверие сотрудников. Безопасность человека превышает стоимости любой аппаратуры.

2. Доступность. Человек смотрит на мир с позиции своих физических возможностей. Беспилотник смотрит на мир с высоты птичьего полета, ограничиваясь лишь своим функционалом, который контролирует человек. Есть вещи, которые могут быть скрыты от человеческого зора: трещина на стыке этажей, состояние аварийной крыши, разгерметизация шва на высоте двадцатого этажа. Чтобы это увидеть, человеку нужна страховка, специальные навыки и огромное количество времени. Беспилотнику нужен только сигнал. Он заглядывает туда, куда человек сможет добраться с трудом, и никогда не врет.

3. Объективность. Эксперт может устать, испугаться высоты, просмотреть микротрещину. Он может решить, что изменение цвета бетона - лишь игра тени, а не признак серьезной угрозы. Беспилотник не испытывает таких трудностей. У него есть камера, тепловизор, прибор ночного видения, лазерный сканер. Он фиксирует картинку такой, какая она есть, в режиме реального времени. По завершению изучения объекта эксперт получает весь материал и имеет возможность изучить его кадр за кадром, без лишней суеты, в комфортной для себя обстановке. Эксперт видит запечатленную камерой правду, а не то, что ему могло показаться.

4. Скорость. Здание не спрашивает, когда ему рухнуть. Оно рушится без предупреждения. Эксперту нужно успеть до того, как это случится, или сразу после, чтобы собрать улики. Беспилотник способен изучить объект за минуты. То, на что раньше уходило как минимум день - установка страховки, согласование, подъем, спуск, перекур - теперь делается за один вылет. Время - это не только деньги, но и возможность предотвратить угрозу до того, как она начнет реализовываться.

5. Системность. Иногда дом не падает сразу. Трещина растет по миллиметру в месяц. Бетон сыреет. Для фиксации изменений этих дефектов необходима системность мониторинга [5]. Беспилотник можно запускать раз в неделю, раз в месяц. Столько, сколько потребуется. Он будет фиксировать динамику, затратив лишь минимум ресурсов. При таком подходе эксперт сможет в режиме реального времени контролировать состояние здания, вне зависимости от обстоятельств.

Таковы основные плюсы применения БПЛА в строительной экспертизе. Дрон - инструмент, который позволяет не рисковать, не тратить лишних ресурсов и видеть факты. А в экспертизе, как и в любом серьезном деле, факты - это ключевой аргумент.

Тем не менее, несмотря на все достоинства, технология применения БПЛА имеет и подводные камни. В эту группу можно отнести следующие риски:

1. Техническая неисправность. У каждого винта есть ресурс, у каждого аккумулятора - предел циклов зарядки. В самый ответственный момент, когда аппарат висит над объектом, мотор может просто остановиться. Не потому, что он плохой. Потому что его ресурс исчерпал себя. В ту же секунду высокотехнологический аппарат превращается в кусок пластика и металла, летящий вниз по законам гравитации. Хорошо, если он упадет на землю и не заденет ничего ценного. В противном случае экспертиза закончится, так и не начавшись.

2. Погодные условия. Оператор рассчитывает траекторию, ставит конкретные цели. А природа решает, что настал момент для проливного дождя с грозой и сильным ветром. Беспилотник при такой погоде может отклониться на метр, на два, врезаться в стену, потерять управление. В таких условиях эксперт попадает в зависимость от обстоятельств, неподвластных ему.

3. Время полета. У эксперта есть ограниченное количество времени, продиктованное емкостью аккумулятора. Он должен уложиться в это время, несмотря на размеры объекта и

сложность задания. Если не рассчитать время и ресурс заряда, эксперт рискует не справиться с заданием. Индикатор заряда дрона, в данном случае, является самой настоящей валютой, которая буквально тает на глазах. Такой ресурс необходимо использовать с умом.

4. Человеческий фактор. Дроном управляет человек. Он может не выспаться, устать или просто отвлечься на секунду. Этой секунды хватит, чтобы беспилотник влетел в стекло, в стену, в прохожего. И это не говоря уже о самой цели применения беспилотника. Беспилотник фиксирует данные в пределах, указанных человеком. Неправильно подобранная траектория или же невнимательность оператора могут свести результативность экспертизы к нулю. Подобная ошибка может стоить дороже, чем сам аппарат.

5. Юридическая сторона вопроса. Рядом с объектом исследования может оказаться частная собственность, режимная зона, аэропорт за сорок километров, о котором оператор даже не знал. Разметки этой территории так же может не быть. В случае если собственнику не понравится нарушение границ его объекта, экспертной организации может быть предъявлена претензия в судебном порядке. При таком варианте развития событий экспертное учреждение может понести убытки.

6. Неполнота данных. Беспилотник покажет трещину на стене. Он покажет, где облупилась краска. При помощи тепловизора дрон увидит теплопотери. Но он не сможет установить аппаратуру или же воспользоваться сложными инструментами. Беспилотник не сможет взять образцы для анализа. Дрон может показать идеальную картинку снаружи стен и пропустить угрозу внутри материала. Техника не заменяет руки. Она только помогает им.

7. Финансовые риски. Несмотря на активное развитие технологии, хороший беспилотник по-прежнему имеет высокую стоимость. Если он разобьется - это не просто потеря инструмента. Это потеря финансов и времени, потеря данных, потеря возможности сделать работу вовремя. А клиенты не любят ждать. Так же стоит отметить, что БПЛА – не самая простая в использовании аппаратура. Обучение сотрудника тоже стоит денег.

Риски есть всегда. В любом деле. Главное уметь распознавать их заранее и держать на контроле [6]. Были перечислены как преимущества технологии БПЛА, так и ее потенциальные минусы. Правда современных реалий в том, что мир не становится проще. Здания растут вверх. Конструкции усложняются. Требования к комфорту и функционалу сооружений повышаются. Одновременно с этим, люди, которые их строят, всё чаще экономят на материале, потому что хотят заработать больше. Дефекты конструкций появляются там, где их никто не ждет [7]. Ставки выросли. Ввиду этого, можно с уверенностью утверждать, что за словом эксперта стоят миллионы рублей, репутация строительных компаний и человеческие жизни. Ошибаться нельзя. Пропустить деталь нельзя. В такой ситуации эксперт должен быть вооружен самым современным арсеналом высокотехнологического оборудования. И дроны входят в этот список. Актуальность беспилотников заключается не в том, что это модно. Не в том, что так требует руководитель или заказчик. Актуальность заключается в том, что дрон позволяет сделать то, что раньше было невозможно. Благодаря этим машинам эксперт может получить максимум информации с минимумом рисков. Безусловно, дрон не является панацеей. Но статистика не врет: машина рискует меньше, чем люди. Поэтому если экспертные организации хотят делать свое дело хорошо, они примут этот инструмент. Не потому, что он идеален. А потому, что он лучше, чем то, что было до него. Он открывает человеку взор там, где это было недоступно. В этом и есть актуальность БПЛА. Конструкции стареют, люди ошибаются. И задача эксперта в такой ситуации - вооружиться лучшим, что у него есть, чтобы увидеть правду вовремя и обеспечить безопасность людей.

Список литературы

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. Талыпов, К. К. Возможности применения данных БПЛА в задачах строительства и экономики / К. К. Талыпов, А. Т. Назаралиева // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. - Бишкек, 2021. - № 2 (72). - С. 178-181.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

List of references

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. Talypov, K. K. Possibilities of using UAV data in construction and economic tasks / K. K. Talypov, A. T. Nazaralieva // Bulletin of the Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov. - Bishkek, 2021. - № 2 (72). - Pp. 178-181.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

УДК 658.5: 624

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. Ю. Сергеева, А. Н. Куликов, О. В. Куликова

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

Куликов Александр Николаевич, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мСЭН-241, E-mail: sasha.kulikov-03@mail.ru

Куликова Ольга Васильевна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. змСЭНМ-251, E-mail: olgafomminna@gmail.com

Аннотация: надёжность жилых зданий подразумевает под собой способность выполнять свои функции в течение всего срока эксплуатации для комфортного проживания людей. В связи с продолжительной эксплуатацией жилых домов и их устареванием, а также из-за меняющихся требований к качеству и комфорту жилья появляется проблема обеспечения надёжности. Особенно остро она стоит для зданий, построенных десятилетия назад, их проектный ресурс часто уже исчерпан, а менять их на новые никто не собирается. Безотказность, долговечность и ремонтоспособность - это три ключевых свойства, из которых складывается надёжность. В случае жилых зданий надёжность гарантирует, что температурные и влажностные условия помещений соответствуют нормативным требованиям. Это обеспечивает поддержание рабочих параметров, включая теплоизоляцию, влажность, воздухопроницаемость и звукоизоляцию, в пределах установленных стандартов. Основой в теории надёжности являются методы оценки, наблюдаемые случайные характеристики, свойства материалов и условия эксплуатации. Развитие информационного моделирования зданий основано на поэлементном структурировании несущей системы здания, что позволяет оценить влияние каждой детали конструкции.

Ключевые слова: строительно-техническая экспертиза, деформация, надёжность, материалы, дефекты.

ENSURING THE RELIABILITY OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN LONG-TERM OPERATION

A. Yu. Sergeeva, A. N. Kulikov, O. V. Kulikova

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

Kulikov Alexander Nikolaevich, Voronezh State Technical University, Master's student gr. mSAN-241, E-mail: sasha.kulikov-03@mail.ru

Kulikova Olga Vasilievna, Voronezh State Technical University, Master's student gr. zmSAN-251, E-mail: olgafomminna@gmail.com

Annotation: the reliability of residential buildings implies the ability to perform their functions throughout the entire service life for a comfortable stay of people. Due to the long-term operation of residential buildings and their obsolescence, as well as due to changing requirements for the quality and comfort of housing, the problem of ensuring reliability arises. It is especially acute for buildings built decades ago, their design life is often already exhausted, and no one is going to replace them with new ones. Reliability, durability, and maintainability are the three key properties that make up reliability. In the case of residential buildings, reliability ensures that the temperature and humidity conditions of the premises comply with regulatory requirements. This ensures that the operating parameters, including thermal insulation, humidity, breathability and sound insulation, are maintained within the established standards. The basis of reliability theory is assessment methods, observed random characteristics, material properties, and operating conditions. The development of building information modeling is based on the piecemeal structuring of the building's load-bearing system, which makes it possible to assess the impact of each detail of the structure.

Keywords: construction and technical expertise, deformation, reliability, materials, defects.

Оценка уровня надёжности здания требует системного подхода. Это связано с тем, что жилое здание является сложной многокомпонентной структурой с элементами разной прочности и долговечности [1, 2]. В связи с чем принято выделять три ключевых свойства, из которых складывается надёжность:

Безотказность - это способность объекта непрерывно поддерживать свою функциональность в течение установленного диапазона временного периода, функционирующего без интеримарных прерываний, до момента первостепенного отказа.

Долговечность - это креативность объекта обеспечивать наибольшую степень функциональности при условиях, что проводится методичное поддержание работоспособности, а также устранения неисправностей до фиксирования экстремального состояния.

Ремонтоспособность - это способность объекта поддерживать и восстанавливать свою функциональность после отказа или повреждения посредством технического обслуживания и ремонта. Разрушение конструкции - это потеря её функциональности вследствие внутренних физических и химических процессов или внешних воздействий, превышающих её предел прочности [3].

Предельное состояние строительной конструкции - это сверхэкстремальное состояние, в ситуациях потери сопротивляемости экстринсивных интерференций при достижении недопустимого деформирования или острокритического и экстремального сбоя [4, 5]. Классификация предельных состояний строительных конструкций показана в таблице 1.

Таблица 1

Классификация предельных состояний строительных конструкций

Группа	Характеристика	Примеры
Первая группа	Полная непригодность к эксплуатации, потеря несущей способности	Разрушение любого характера, потеря устойчивости, переход в изменяемую систему
Вторая группа	Затруднение нормальной эксплуатации, снижение долговечности	Достижение предельных деформаций, образование трещин, коррозионные повреждения

Отказ - утрата способности стройконструкции осуществить предписываемую ей функцию. Отказ является событием, которое приводит к состоянию неисправности [6, 7].

Отказы подразделяются по ниженазванным признакам:

- а) первооснове возникновения. бывает внутренняя и внешняя;
- б) скорости проявления. делят на внезапную и постепенную;
- в) диапазону. разделяют частичные и полные;
- г) последствия. незначительные и критические [8].

Выделяют две основные группы оказывающих влияние факторов - внутренние и внешние.

К внутренним факторам относят физические изменения внутри элементов сооружений, воздействие нагрузок и износ, вызванный их использованием. Также сюда входят характеристики конструкции и свойства стройматериалов, применяемых при возведении.

К внешним факторам относят воздействие окружающей среды (температура, влажность, солнечные лучи, выбросы промышленных объектов) [9].

На практике же судьбу здания решает эксплуатация объекта. Зачастую она приводит к ухудшению надёжности зданий, усиливает разрушения и способствует более быстрому износу конструкций даже сильнее, чем указанные выше внешние факторы.

На рисунке 1 показаны три характерных периода:

1. Приработка. Наблюдается высокий уровень отказов вследствие появления скрытых неисправностей.

2. Нормальная эксплуатация. Характеризуется относительно низким уровнем интенсивности отказов.

3. Интенсивный износ. Во время финального периода в связи с износом материалов и конструкций значительно повышается уровень отказов.

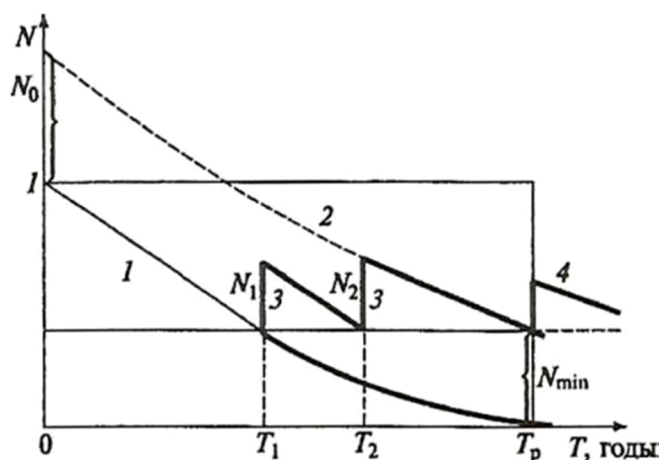


Рис. 1. График изменения показателя надежности

Можно заметить понижение показателя согласно графику, представленному выше, что говорит о потребности закладывать запас прочности здания больше необходимого при строительстве.

Функция надежности $p(t)$ - это вероятность того, что случайное время работы до отказа T будет больше заданного времени работы $(0, t): p(t) = P\{T > t\}$.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ - это условная вероятность возникновения в данный момент времени отказа объекта (рис. 2).

Для анализа надёжности зданий и сооружений применяется множество методов, которые можно классифицировать на вероятностные и детерминированные, а также методы

компьютерного моделирования. Примером применения вероятностных методов является расчет вероятности разрушения несущего элемента под воздействием заданной нагрузки.



Рис. 2. График интенсивности отказов

На этапе проектирования надежность обеспечивается за счет: учета всех возможных нагрузок (постоянные, временные, аварийные); применения коэффициентов надежности для учета неопределенностей; использования резервирующих элементов и дублирующих систем.

На этапе строительства надежность обеспечивается следующими мерами: контроль качества используемых материалов и выполнения строительных работ; соблюдение технологических регламентов и стандартов; мониторинг деформационных процессов в процессе возведения объекта.

На этапе эксплуатации надежность зданий и сооружений поддерживается за счет: регулярного технического осмотра и инструментального контроля состояния конструкций; своевременного проведения ремонтных и восстановительных работ; прогнозирования остаточного ресурса конструкций на основе анализа данных о состоянии объекта.

В современном мире есть возможность сделать точные расчеты неисправностей конструкций, а также расположение арматуры с помощью развитых компьютерно-вычислительных программ и актуальных на данный момент разработок.

Исходя из вышперечисленного, теория надежности представляет собой немаловажный фактор, с помощью которого можно достигнуть необходимый уровень сохранности эксплуатационной способности здания.

В современном мире активно развиваются многочисленные направления, в том числе методы повышения надежности элементов. Все больше исследований направлены в эту область, благодаря чему сфера строительства активно развивается. С помощью этого появляются актуальные решения в продлении срока эксплуатации здания. Сейчас набирают обороты и становятся все более актуальными моделирование и использование искусственного интеллекта в сфере строительства [10].

На данный момент набирает популярность тенденция на развитие автоматизации. Немаловажным направлением является BIM-моделирование. Данное направление позволяет воссоздать модель в трехмерном пространстве, отразив характеристики элементов здания. Искусственный интеллект также является важной частью прогресса в отрасли, помогая осуществлять процесс проектирования и планирования пространства эффективнее. Также сильно ускорили процесс строительства возможности 3D печати здания. Нельзя не отметить также феноменальный прогресс в использовании и создании роботизированной техники, упрощающей процесс строительства в десятки раз.

В недалеком будущем прогнозируют воссоздание полного жизненного цикла объекта строительства и характеристик элементов конструкций, что благоприятно скажется

на всей отрасли строительства. Это позволит укорить процесс возведения здания, что потенциально снизит уровень появления дефектов конструкций при строительстве.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Сергеева, А. Ю. Анализ решаемых задач при выполнении строительнотехнической экспертизы / А. Ю. Сергеева, К. А. Федоровская, Ю. Д. Сергеев, А. С. Гребенников // Строительство и недвижимость. - Воронеж, 2020. №2 (6), С. 130-134.

List of references

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 69:330.322:620.9

КРИТЕРИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

И. А. Косовцева, А. В. Полякова

Косовцева Илона Андреевна, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: ikosovceva@cchgeu.ru
Полякова Анастасия Васильевна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мТПР-251, E-mail: polyakovan6@ya.ru

Аннотация: в статье рассматривается роль энергоэффективности в повышении инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости на всех этапах их жизненного цикла. Обоснована необходимость дополнения традиционных финансовых показателей (NPV, IRR, DPP) критериями, отражающими долгосрочные риски и возможности, связанные с энергопотреблением. В статье рассматривается расширенный набор критериев, включающий: прогнозируемые затраты на энергоресурсы с учетом риска роста тарифов, премию за наличие международных «зеленых» сертификатов (LEED, BREEAM), ликвидность объекта в зависимости от класса энергоэффективности. Показано, что интеграция этих критериев в инвестиционный анализ позволяет повысить точность оценки стоимости актива и снизить неопределенность для институциональных инвесторов. Сделан вывод о необходимости развития методической базы для учета энергоэффективности в стоимости проектов.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, коммерческая недвижимость, энергоэффективность, жизненный цикл, «зеленые» стандарты, тарифные риски, ликвидность.

CRITERIA OF ENERGY EFFICIENCY IN THE SYSTEM OF ASSESSING THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF COMMERCIAL REAL ESTATE LIFECYCLE PROJECTS

I. A. Kosovtseva, A. V. Polyakova

Kosovtseva Iona Andreevna, Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technology, Construction Organization, Expertise, and Real Estate Management, E-mail: ikosovceva@cchgeu.ru
Polyakova Anastasia Vasilyevna, Voronezh State Technical University, Master's student gr. mTPR-251, E-mail: polyakovan6@ya.ru

Abstract: the article examines the role of energy efficiency in increasing the investment attractiveness of commercial real estate at all stages of its life cycle. The need to

supplement traditional financial indicators (NPV, IRR, DPP) with criteria reflecting long-term risks and opportunities related to energy consumption is substantiated. The article considers an expanded set of criteria, including: projected energy costs taking into account the risk of rising tariffs, a premium for having international green certificates (LEED, BREEAM), and the liquidity of an object depending on its energy efficiency class. It is shown that the integration of these criteria into investment analysis allows to increase the accuracy of the asset value assessment and reduce the uncertainty for institutional investors. The conclusion is made about the need to develop a methodological framework for taking into account energy efficiency in the cost of projects.

Keywords: investment attractiveness, commercial real estate, energy efficiency, life cycle, green standards, tariff risks, and liquidity.

Современный рынок коммерческой недвижимости характеризуется усилением требований к качеству объектов и их способности сохранять конкурентоспособность в долгосрочной перспективе. Инвесторы все чаще оценивают не только первоначальные затраты на строительство, но и совокупную стоимость владения на протяжении всего жизненного цикла здания.

В этом контексте энергоэффективность перестает быть второстепенным параметром и превращается в один из ключевых факторов, определяющих доходность и ликвидность актива.

Традиционные методы оценки инвестиционной привлекательности, такие как расчет чистого дисконтированного дохода (NPV), внутренней нормы доходности (IRR) и дисконтированного срока окупаемости (DPP), ориентированы преимущественно на денежные потоки ближайших лет и не учитывают долгосрочные эффекты, связанные с эксплуатационными расходами [1]. Между тем, доля затрат на энергоресурсы в структуре операционных расходов коммерческих зданий может достигать 25–30%, и в условиях нестабильности тарифов эта величина способна существенно влиять на чистый операционный доход (NOI).

Анализ научных публикаций последних лет показывает растущий интерес исследователей к проблемам энергоэффективности в инвестиционно-строительной сфере. Так, в работах, посвященных экостроительству, подчеркивается, что применение ресурсосберегающих технологий на этапе проектирования позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и повысить рыночную стоимость объекта за счет сокращения эксплуатационных издержек [2]. Зарубежный опыт свидетельствует о том, что наличие «зеленых» сертификатов (LEED, BREEAM) становится обязательным требованием для привлечения институциональных инвесторов, ориентированных на долгосрочное владение активами [3]. Исследования в области объемно-планировочных решений и инфраструктуры также выявляют дополнительные резервы повышения энергоэффективности, например, при оптимизации подземного пространства и организации придомовых территорий [4]. Кроме того, формирование единого архитектурного облика и благоустройство способствуют росту имиджевой привлекательности, что косвенно влияет на ставки аренды и заполняемость зданий [5].

Однако существующие методики оценки инвестиционных проектов пока недостаточно полно учитывают перечисленные факторы. Основываясь на изученный материал, в данной статье рассматривается расширенный набор критериев энергоэффективности, который должен включаться в инвестиционный анализ наряду с классическими финансовыми показателями.

1. Прогнозируемые затраты на энергоресурсы с учетом риска роста тарифов. В условиях либерализации рынков энергии и государственной политики по снижению энергоемкости экономики тарифы на электроэнергию и тепло могут расти опережающими темпами. Инвестиционная модель должна предусматривать сценарный анализ (базовый,

стрессовой) изменения стоимости энергоресурсов и оценку чувствительности NPV к этим колебаниям. Объекты с высоким классом энергоэффективности (А, А+) демонстрируют меньшую зависимость от тарифных шоков, что снижает риск денежного потока и повышает устойчивость проекта [6].

2. Премия за наличие международных «зеленых» сертификатов (LEED, BREEAM). Исследования показывают, что сертифицированные здания имеют более высокую арендную ставку (в среднем на 5–15%) и более низкий уровень вакантности по сравнению с обычными объектами [7]. Эта премия обусловлена как прямым сокращением эксплуатационных расходов, так и ростом привлекательности для арендаторов, ориентированных на экологическую ответственность и комфорт. При оценке инвестиционной привлекательности целесообразно вводить корректировку ставки дисконтирования или добавлять надбавку к денежному потоку для проектов, предусматривающих сертификацию.

3. Ликвидность объекта в зависимости от класса энергоэффективности. Под ликвидностью понимается способность актива быть быстро реализованным по рыночной цене. В условиях перехода к низкоуглеродной экономике здания с низким классом энергоэффективности (D, E) могут столкнуться с проблемой «обесценившихся активов» (stranded assets), когда спрос на них резко падает из-за высоких эксплуатационных издержек и ужесточения регуляторных требований [8]. Высокий класс энергоэффективности, напротив, выступает фактором, повышающим ликвидность, что должно находить отражение в ставке капитализации (снижение риска ведет к снижению ставки и росту стоимости).

4. Интеграция критериев в инвестиционную модель. Рассмотренные критерии могут быть объединены в рамках метода дисконтированных денежных потоков путем построения многофакторной модели, где каждый критерий влияет на параметры прогноза. Схема такого влияния представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Влияние критериев энергоэффективности на инвестиционную привлекательность объекта коммерческой недвижимости

Таким образом, включение расширенного набора критериев энергоэффективности в систему оценки позволяет перейти от статичного анализа первоначальных затрат к динамическому моделированию стоимости объекта на протяжении всего жизненного цикла. Инвестор получает инструментарий для количественной оценки таких качественных факторов, как риск роста тарифов, экологическая репутация и ликвидность. Это особенно важно для институциональных инвесторов (пенсионных фондов, страховых компаний, инвестиционных фондов недвижимости), ориентированных на долгосрочное владение активами и минимизацию рисков.

Внедрение такого подхода требует дальнейшего развития методической базы, накопления статистических данных по эксплуатации энергоэффективных зданий в российских условиях, а также адаптации международных стандартов оценки. Тем не менее, уже сегодня можно утверждать, что энергоэффективность должна рассматриваться не как дополнительная опция, а как фундаментальный фактор конкурентоспособности объекта коммерческой недвижимости.

В статье обоснована необходимость расширения системы критериев оценки инвестиционной привлекательности проектов коммерческой недвижимости за счет показателей энергоэффективности на всех этапах жизненного цикла. Рассмотрены следующие критерии: прогнозируемые затраты на энергоресурсы с учетом риска роста тарифов, премия за наличие «зеленых» сертификатов и ликвидность объекта в зависимости от класса энергоэффективности. Их интеграция в инвестиционный анализ позволяет более точно оценить стоимость актива и управлять долгосрочными рисками. В указанных исследованиях [1, 6-8] отмечается необходимость разработки количественных методик оценки влияния этих критериев на ставки дисконтирования и денежные потоки, а также на создание отраслевых баз данных по энергопотреблению коммерческих зданий

Список литературы

1. Чеснокова, Е. А. Анализ сравнительной эффективности надземного паркинга с подземным / Е. А. Чеснокова, А. В. Мироненко, Н. А. Тарасова // Строительство и недвижимость. – 2018. – С. 50–60.
2. Понявина, Н. А. Экостроительство как фактор совершенствования городской среды / Н. А. Понявина, Ю. В. Зубарева, М. П. Черенков // Актуальные вопросы науки и техники. – 2019. – Вып. VI. – С. 37–40.
3. Горбанева, Е. П. Состояние городской среды в Российской Федерации и зарубежных странах / Е. П. Горбанева, А. А. Олейникова, А. П. Клевцова, М. С. Индолова // Строительство и недвижимость. – 2022. – С. 22–30.
4. Мещерякова, О. К. Решение проблем доступности городских автомобильных и пешеходных дорог / О. К. Мещерякова, М. А. Мещерякова, К. А. Рязанцева // Строительство и недвижимость. – 2018. – С. 121–125.
5. Понявина, Н. А. Единый архитектурный облик – важный шаг на пути к благоустройству города / Н. А. Понявина, Д. М. Матвеева, Д. Р. Виткалов // Строительство и недвижимость. – 2023. – С. 40–45.
6. Иванов, И. И. Энергоэффективность как фактор повышения инвестиционной привлекательности объектов недвижимости / И. И. Иванов, П. П. Петров // Экономика строительства. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
7. Сидоров, С. С. Зеленые стандарты в строительстве: мировой опыт и перспективы в России / С. С. Сидоров, Е. А. Николаева // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 2. – С. 112–119.
8. Козлов, А. В. Методология оценки стоимости жизненного цикла зданий / А. В. Козлов, О. В. Смирнова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 88–97.

List of references

1. Chesnokova, E. A. Analysis of the Comparative Efficiency of Above-Ground Parking with Underground / E. A. Chesnokova, A. V. Mironenko, N. A. Tarasova // Construction and Real Estate. – 2018. – P. 50–60.
2. Ponyavina, N. A. Ecstroy as a Factor of Improving the Urban Environment / N. A. Ponyavina, Yu. V. Zubareva, M. P. Cherenkov // Actual Issues of Science and Technology. – 2019. – Issue VI. – Pp. 37–40.
3. Gorbaneva, E. P. The state of urban environment in the Russian Federation and foreign countries / E. P. Gorbaneva, A. A. Oleynikova, A. P. Klevtsova, M. S. Indolova // Construction and Real Estate. – 2022. – P. 22–30.
4. Meshcheryakova, O. K. Solving the Problems of Accessibility of Urban Roads and Walkways / O. K. Meshcheryakova, M. A. Meshcheryakova, K. A. Ryazantseva // Construction and Real Estate. – 2018. – P. 121–125.
5. Ponyavina, N. A. A unified architectural appearance is an important step towards the improvement of the city / N. A. Ponyavina, D. M. Matveeva, D. R. Vitkalov // Construction and Real Estate. – 2023. – P. 40–45.
6. Ivanov, I. I. Energy efficiency as a factor in increasing the investment attractiveness of real estate objects / I. I. Ivanov, P. P. Petrov // Economics of Construction. – 2021. – No. 3. – Pp. 45–52.
7. Sidorov, S. S. Green Standards in Construction: Global Experience and Prospects in Russia / S. S. Sidorov, E. A. Nikolaeva // Bulletin of Civil Engineers. – 2020. – No. 2. – Pp. 112–119.
8. Kozlov, A. V. Methodology for Assessing the Life Cycle Cost of Buildings / A. V. Kozlov, O. V. Smirnova // Izvestiya Vuzov. Investments. Construction. Real Estate. – 2022. – Vol. 12, No. 1. – Pp. 88–97.

УДК 332.8

ОБЗОР КЛАССИФИКАЦИИ ДЕВЕЛОПМЕНТА ПО ТИПУ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Т. А. Столярова, Арм. А. Арзуманов, А. А. Туковский

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

Арзуманов Армен Андреевич, Воронежский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, E-mail: armen.arzumanov@yandex.ru

Туковский Андрей Алексеевич, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мДСД-251, E-mail: dryunya1999@gmail.com

Аннотация: в данной статье рассмотрена классификация девелопмента по типу конечного продукта на примере объектов города Воронежа как одного из крупнейших экономических, промышленных и культурных центров Центрального Черноземья. Приведены основные виды девелоперских проектов, таких как: жилые комплексы, коммерческая, промышленная и инфраструктурная недвижимость, смешанные форматы застройки. Проведен анализ успешных проектов и их влияния на социально-экономическое развитие города. Также рассмотрена специфика воронежского рынка недвижимости, обусловленная высоким уровнем урбанизации и активной инвестиционной политикой. Для каждого типа девелопмента описаны преимущества и риски, указаны актуальные примеры строящихся и построенных объектов, к тому же выявлены ключевые тенденции отрасли: активное внедрение экологичных технологий, развитие транспортной инфраструктуры, цифровизацию проектов. Данная статья будет полезна для студентов экономических и строительных специальностей.

Ключевые слова: девелопмент, классификация девелопмента, конечный продукт, жилая недвижимость, коммерческая недвижимость, смешанный девелопмент.

REVIEW OF DEVELOPMENT CLASSIFICATION BY TYPE OF FINAL PRODUCT USING THE EXAMPLE OF VORONEZH CITY FACILITIES

T. A. Stolyarova, Arm. A. Arzumanov, A. A. Tukovskij

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

Arzumanov Armen Andreevich, Voronezh State Technical University, Senior Lecturer of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, E-mail: armen.arzumanov@yandex.ru

Tukovskij Andrej Alekseevich, Voronezh State Technical University, Master's student gr. mDSD-251, E-mail: dryunya1999@gmail.com

Abstract: this article examines the classification of development by final product type using Voronezh as an example, focusing on properties in the city of Voronezh, one of the

largest economic, industrial, and cultural centers of the Central Black Earth Region. It presents the main types of development projects, including residential complexes, commercial, industrial, and infrastructure properties, and mixed-use development. An analysis of successful projects and their impact on the city's socioeconomic development is provided. The article also examines the specifics of the Voronezh real estate market, driven by its high level of urbanization and active investment policy. For each development type, the advantages and risks are described, current examples of projects under construction and completed are provided, and key industry trends are identified: the active implementation of environmentally friendly technologies, the development of transport infrastructure, and the digitalization of projects. This article will be useful for students majoring in economics and construction.

Keywords: development, development classification, final product, residential real estate, commercial real estate, mixed development.

Городская среда нуждается в трансформации, благодаря которой улучшается качество жизни, активно развивается экономика и привлекаются инвестиции. Девелопмент – это ключевой фактор данной трансформации [1]. Активное развитие девелоперской области демонстрирует город Воронеж, как один из крупнейших региональных центров России. С помощью классификации девелопмента по типу конечного продукта можно структурировать проекты, выделяя их специфику, целевую аудиторию и экономические особенности в условиях данного региона.

Рассматривая Воронеж, следует отметить, что его население более 1 миллиона человек, город промышленный и динамично развивающийся, образовательный и культурный центр. Масштабы реализуемых проектов разнообразны: от жилых комплексов и торговых центров до промышленных парков и объектов инфраструктуры. Анализ реализации девелоперских проектов города Воронежа позволяет отметить уникальные тенденции, актуальные для других городов России.

Основные виды девелопмента по типу конечного продукта в городе Воронеже представлены на рисунке 1 [2].

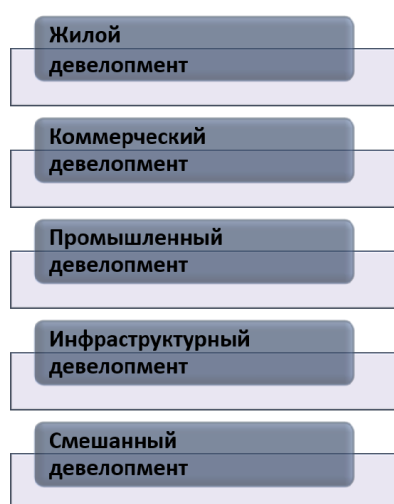


Рис. 1. Виды девелопмента по типу конечного продукта в городе Воронеже

Жилой девелопмент в Воронеже направлен на удовлетворение растущего спроса на комфортное жилье. Он представлен широким спектром проектов – от массового строительства многоквартирных домов до премиальных жилых комплексов. Основные сегменты жилья: эконом-класс – до 60% рынка, комфорт-класс – до 30%, бизнес- и премиум-

класс – до 10%. При этом город активно застраивается как в историческом центре, так и на окраинах, где реализуются проекты комплексного освоения территорий.

Тенденции жилого девелопмента заключаются в:

1. Рост спроса на жилье с развитой инфраструктурой: покупатели предпочитают комплексы, где есть детские сады, школы, поликлиники, спортивные зоны и парковки.

2. Экологичность и энергоэффективность: внедрение «зеленых» технологий (солнечные панели, системы рекуперации воздуха, утилизация отходов).

3. Удаленная работа и коворкинги: увеличение спроса на квартиры с домашними офисами и интегрированными рабочими зонами.

Коммерческий девелопмент в Воронеже представлен офисными центрами (бизнес-центры, коворкинги, офисы класса А, В и С), торговыми комплексами (торговые центры, уличная розница, гипермаркеты), гостиничной недвижимостью (отели, хостелы, апартаменты для краткосрочной аренды). Город является важным транспортным узлом, что стимулирует развитие торговой и офисной недвижимости.

Тенденции, относящиеся к коммерческому девелопменту:

1. Рост спроса на гибкие офисные пространства: увеличение числа коворкингов и бизнес-центров с арендой по часам.

2. Трансформация торговых центров: переход от классических моллов к многофункциональным комплексам с развлекательными и сервисными зонами.

3. Развитие гостиничного бизнеса: рост туризма и деловой активности стимулирует строительство новых отелей и апартаментов.

Воронеж – один из ведущих промышленных центров России. Промышленный девелопмент здесь ориентирован на создание и модернизацию логистических комплексов (склады, терминалы, распределительные центры), производственных площадей (заводы, фабрики, технопарки), индустриальных парков (территории с развитой инфраструктурой для размещения промышленных предприятий).

Для промышленного девелопмента характерны следующие тенденции:

1. Рост спроса на современные складские помещения: увеличение объемов электронной коммерции требует развития логистической инфраструктуры.

2. Модернизация производственных мощностей: переход на автоматизированные технологии и экологические стандарты.

3. Развитие индустриальных парков: создание территорий с готовой инфраструктурой для привлечения инвесторов.

Инфраструктурный девелопмент в Воронеже включает строительство и реконструкцию объектов общественного назначения: дороги, мосты, аэропорты, социальные учреждения.

Тенденции, относящиеся к инфраструктурному девелопменту:

1. Комплексное развитие территорий: строительство социальных объектов одновременно с жилыми комплексами.

2. Развитие транспортной доступности: строительство новых развязок, велодорожек и парковок.

3. Модернизация коммунальной инфраструктуры: переход на энергоэффективные технологии и «умные» сети.

Смешанный девелопмент в Воронеже предполагает создание многофункциональных комплексов, объединяющих жилые, коммерческие, офисные и развлекательные зоны. Основные форматы: жилые комплексы с коммерческими помещениями (магазины, кафе, офисы на первых этажах), бизнес-парки с жилыми кварталами (территории, где сочетаются офисы, жилье и социальная инфраструктура), торгово-развлекательные центры с жилыми апартаментами (комплексы, где покупатели могут не только совершать покупки, но и проживать).

Тенденции, характерные для смешанного девелопмента:

1. Интеграция функций: создание пространств, где люди могут жить, работать и отдыхать.

2. Развитие пешеходных зон: уменьшение зависимости от автомобильного транспорта.

3. Экологичность и устойчивость: использование «зеленых» технологий и энергосберегающих решений.

Примеры девелоперских проектов для каждого вида девелопмента по типу конечного продукта представлены в сводной таблице 1 [3].

Таблица 1

Сводная таблица примеров девелоперских проектов города Воронеж

Вид девелопмента	Примеры проектов в г. Воронеж	Преимущества	Недостатки
Жилой девелопмент	<p>ЖК «Никитин» - один из крупнейших жилых комплексов города, расположенный в Ленинском районе. Проект включает многоквартирные дома, паркинг, детские сады, школы и зоны отдыха.</p> <p>ЖК «Городские истории» - комплекс эконом-класса в Коминтерновском районе, популярный среди молодых семей.</p> <p>ЖК «Легенда Парк» - премиальный сегмент, расположенный вблизи парка «Динамо».</p>	<p>Высокий спрос; государственная поддержка (ипотечные программы, льготы и т.д.); развитие социальной инфраструктуры.</p>	<p>Дефицит свободных земельных участков в центре; риски изменения законодательства; зависимость от экономической ситуации.</p>
Коммерческий девелопмент	<p>ТРЦ «Сити-парк Град» - торгово-развлекательный центр в Воронеже, на территории которого работают магазины, кафе, парки развлечений, кинотеатр, океанариум, концертно-выставочная площадка и другие объекты.</p> <p>Офисный центр «Воронеж-Сити» - административно-деловой квартал в историческом центре Воронежа.</p> <p>Гостиница «Ramada Plaza Voronezh City» - международный отель, расположенный в деловом центре Воронежа.</p>	<p>Высокая арендная доходность; привлекательность для федеральных и международных компаний; развитие туристической инфраструктуры.</p>	<p>Конкуренция среди торговых центров; зависимость от покупательной способности населения; высокие операционные расходы.</p>

Продолжение табл. 1

Промышленный девелопмент	<p>Индустриальный парк «Масловский» - крупнейший промышленный кластер области, где расположены предприятия машиностроения, пищевой промышленности, логистические центры.</p> <p>Завод «Воронежсельмаш» - современное производство сельскохозяйственной техники, реализованное с привлечением иностранных инвестиций.</p> <p>Логистический комплекс «АЛС» - современный складской комплекс класса А+, расположенный в Новоусманском районе Воронежской области.</p>	<p>Долгосрочные контракты с арендаторами; государственная поддержка; развитие транспортной инфраструктуры.</p>	<p>Высокие капитальные вложения; необходимость модернизации существующих производств; экологические ограничения.</p>
Инфраструктурный девелопмент	<p>Реконструкция аэропорта «Воронеж» - модернизация терминалов, увеличение пропускной способности, развитие международных маршрутов.</p> <p>Реконструкция «Центрального стадиона профсоюзов» - разработана концепция «легкого» стадиона с мультимедийным оснащением, поддержка местных производителей.</p>	<p>Социальная значимость; государственное финансирование; улучшение инвестиционного климата.</p>	<p>Длительные сроки реализации; сложность согласований; высокая стоимость проектов.</p>
Смешанный девелопмент	<p>Микрорайон «Южный» - проект комплексного освоения территории, где предусмотрены жилые дома, школы, поликлиники, парки; ТРЦ «Максимиr» - Торговый центр с офисными помещениями и развлекательными зонами</p>	<p>Диверсификация рисков; создание комфортной городской среды; привлекательность для инвесторов.</p>	<p>Сложность управления; высокие затраты на проектирование и инфраструктуру.</p>

Основными проблемами развития девелопмента в Воронеже являются:

1. Неравномерность развития территорий: в центральных районах высокий спрос на премиальное жилье и офисы, но дефицит свободных земель, а на окраинах – избыток неосвоенных территорий с низкой инфраструктурной привлекательностью. В качестве примера можно привести район «Левобережный», который страдает от недостатка транспортной доступности, что сдерживает развитие жилых проектов.

2. Дефицит квалифицированных кадров: нехватка специалистов в сфере проектирования, управления строительством и внедрения инновационных технологий.

3. Бюрократические барьеры: длительные процедуры согласования проектов и частые изменения в градостроительном законодательстве увеличивают риски для инвесторов.

4. Экономические риски: зависимость от банковского финансирования и колебания процентных ставок, а также инфляция и рост стоимости строительных материалов.

Рассматривая данные проблемы можно наметить основные общие тенденции развития девелопмента в Воронеже:

1. урбанизация (рост города стимулирует спрос на жилье и развитие инфраструктуры);

2. экологичность (внедрение «зеленых» стандартов строительства, энергоэффективные технологии) [4];

3. цифровизация (использование BIM-технологий, цифровых платформ для управления недвижимостью);

4. государственная поддержка (региональные программы поддержки застройщиков, развитие ипотечного кредитования);

5. развитие транспортной инфраструктуры (строительство новых дорог, развитие общественного транспорта).

Подводя черту, следует отметить, что классификация девелопмента по типу конечного продукта на примере Воронежа отражает разнообразие проектов, реализуемых в регионе. Каждый вид девелопмента имеет свои отличительные черты, преимущества и риски, что требует от инвесторов и застройщиков основательного анализа рынка и искусного управления [5].

Воронеж, как динамично развивающийся город, предлагает широкие возможности для реализации девелоперских проектов различного масштаба и направленности. Успешное развитие отрасли в регионе зависит от сотрудничества власти, бизнеса и общества, а также от учета современных тенденций [6, 7].

Список литературы

1. Асаул, А. Н. Экономика недвижимости: учебник для вузов / А. Н. Асаул, Г. М. Загидуллина, П. Б. Люлин, Р. М. Сиразетдинов. — 18-е изд., испр. и доп. — Москва, Издательство Юрайт, 2025. — 353 с.

2. Караваева, Н. М. Девелопмент недвижимости: учебное пособие / Н. М. Караваева, А. В. Федоров, И. И. Юрасова, Ю. М. Дэви; под общ. ред. А. М. Платонова // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 150 с.

3. Стратегия развития Воронежской области [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: https://investinvrn.ru/region/region_strategy/?ysclid=mlou546aya113660094, Загл. С экрана. — Яз. Рус. (дата обращения: 16.02.2026).

4. Чеснокова, Е. А. Применение "зелёного" строительства при реализации девелоперских проектов коммерческой недвижимости / Е. А. Чеснокова, А. А. Пашенцева, Д. А. Горшенин // Научный журнал «Строительство и недвижимость», Воронежский государственный технический университет. — Воронеж, 2025. — № 6(21). — С. 88-95.

5. Чеснокова, Е. А. Управление объектами недвижимости с применением девелопмента / Е. А. Чеснокова, М. А. Мещерякова, С. Ю. Нерозина // Учебное пособие для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 "Строительство", 08.04.01 "Строительство", 08.05.01 "Строительство". — Курск, 2022. — С. 58.

6. Нерозина, С. Ю. Девелопмент как эффективный способ управления коммерческой недвижимостью / С. Ю. Нерозина, С. И. Ушаков, П. Ф. Алексеев, В. Ю.

Токарь // Научный журнал «Строительство и недвижимость», Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2023. –№ 2(13). – С. 93-99.

7. Понявина, Н. А. Анализ коммерческой деятельности девелоперских компаний г. Воронежа / Н. А. Понявина, Ю. А. Кобцева, А. С. Чесноков // Научный журнал «Строительство и недвижимость», Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2021. –№ 1(8). – С. 120-125.

List of references

1. Asaul, A. N. Real estate economics: a textbook for universities / A. N. Asaul, G. M. Zagidullina, P. B. Liulin, R. M. Sirazetdinov. — 18th ed., ispr. and additional. Moscow, Yurayt Publishing House, 2025. 353 p.

2. Karavaeva, N. M. Real estate development: a textbook / N. M. Karavaeva, A. V. Fedorov, I. I. Yurasova, Yu. M. Davy; under the general editorship of A. M. Platonov // Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural Federal University. - Ekaterinburg: Publishing house of the Ural. University, 2020. – 150 p.

3. Development Strategy of the Voronezh Region [Electronic resource]: Access mode: URL: https://investivrn.ru/region/region_strategy/?ysclid=mlou546aya113660094, Title. From the screen. – In Russian. (date of access: 02/16/2026).

4. Chesnokova, E. A. The use of green building practices in commercial real estate development projects / E. A. Chesnokova, A. A. Pashentseva, D. A. Gorshenin // Scientific journal "Construction and Real Estate", Voronezh State Technical University. – Voronezh, 2025. –№ 6(21). – Pp. 88-95.

5. Chesnokova, E. A. Real estate management using development / E. A. Chesnokova, M. A. Meshcheryakova, S. Yu. Nerozina // Textbook for students of all forms of education in the field of training 08.03.01 "Construction", 08.04.01 "Construction", 08.05.01 "Construction". – Kursk, 2022. - P. 58.

6. Nerozina, S. Yu. Development as an effective way to manage commercial real estate / S. Yu. Nerozina, S. I. Ushakov, P. F. Alekseev, V. Yu. Tokar // Scientific journal "Construction and Real Estate", Voronezh State Technical University. - Voronezh, 2023. - No. 2 (13). - P. 93-99.

7. Ponyavina, N. A. Analysis of commercial activity of development companies in Voronezh / N. A. Ponyavina, Yu. A. Kobtseva, A. S. Chesnokov // Scientific journal "Construction and Real Estate", Voronezh State Technical University. - Voronezh, 2021. - No. 1 (8). - P. 120-125.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 69.003.13

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ БАНКОВСКОГО ПРОЕКТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ В РАЗРЕЗЕ ОЦЕНКИ ПОТРЕБНОСТЕЙ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

Е. П. Горбанева, С. Ю. Нерозина^{1,2}, П. А. Яковлева, М. В. Пшеничникова

Горбанева Елена Петровна, Воронежский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, и. о. заведующего корпоративной кафедрой инвестиционно-строительной деятельности, E-mail: egorbaneva@cshgeu.ru

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@cshgeu.ru

Яковлева Полина Александровна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мТПР-241, E-mail: pelagya2020@yandex.ru

Пшеничникова Марина Викторовна, Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мТПР-241, E-mail: marik271202@yandex.ru

Аннотация: в строительной отрасли взаимодействие всех экономических агентов обусловлено повышением эффективности их деятельности. Высокий уровень отдачи всегда является гарантией успеха в совместной деятельности. С этой точки зрения исследование причин так называемых «провалов» в коммуникации жизненно необходимо не только для компаний строительной сферы, но и для всех отраслей в целом. В контексте данной статьи было рассмотрено взаимодействие участников банковского проектного финансирования на уровне команд застройщика и кредитора. В ходе анализа было сформулировано предположение, являющееся своего рода предпосылкой, необходимой для дальнейшего исследования изменений вектора и характеристик коммуникаций между участниками процесса. В результате анализа с целью систематизации и обобщения данных была получена факторная область, способная качественно отражать уровень и вектор взаимодействия между экономическими агентами на основе выделяемых факторов и степени их влияния.

Ключевые слова: строительство, банковское проектное финансирование, экономические факторы в строительстве.

FEATURES OF INTERACTION BETWEEN PARTICIPANTS IN BANK PROJECT FINANCING IN THE CONTEXT OF ASSESSING THE NEEDS OF AN INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECT

E. P. Gorbaneva, S. Yu. Nerozina^{1,2}, P. A. Yakovleva, M. V. Pshenichnikova

Gorbaneva Elena Petrovna, *Voronezh State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, Acting Head of the Corporate Department of Investment and Construction Activities, E-mail: egorbaneva@cchgeu.ru*

Nerozina Svetlana Yurievna, ¹*Voronezh State Technical University, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise, and Real Estate Management*, ²*Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Healthcare Management, E-mail: nerozina@cchgeu.ru*

Yakovleva Polina Aleksandrovna, *Voronezh State Technical University, Master's student gr. mTPR-241, E-mail: pelagya2020@yandex.ru*

Pshenichnikova Marina Viktorovna, *Voronezh State Technical University, Master's student gr. mTPR-241, E-mail: marik271202@yandex.ru*

Abstract: In the modern construction industry, interactions among all economic agents are driven by the need to improve the efficiency of each individual. A high level of engagement between partners always guarantees success in joint ventures. From this perspective, studying the causes of so-called communication "failures" is vital not only for construction companies but for all industries as a whole. This article examines the interactions between participants in bank project financing at the developer and lender levels. The analysis yielded a hypothesis that serves as a prerequisite for further investigation of changes in the vector and characteristics of communication between participants. As a result of this work, a factor domain was obtained that can qualitatively reflect the level and vector of interaction between economic agents based on the identified factors and their degree of influence.

Keywords: construction, bank project financing, economic factors in construction.

Особенности строительного рынка состоят в высокой капиталоемкости, относительно долгих сроках реализации, высоко эластичной зависимости рынка от геополитических факторов и, соответственно, сложности оценки рисков. Подавляющее большинство застройщиков не могут позволить себе строительство только за счет собственных средств и привлекаемых частных инвестиций в силу масштабности вложений. Согласно письму союза инженеров-сметчиков [1] на данном этапе цикла экономического рынка стоимость строительства 1 м. кв. уже перешла черту в 80 тыс./руб. в регионах России. В 2022 году рассматриваемый показатель, согласно данным союза строителей алтайского края [2], находился на уровне 30-40 тыс. руб./ м. кв.

Финансирование строительства за счет открытия кредитной линии в банке также является достаточно проблемным для застройщика решением: ключевая ставка ЦБ на март 2026 года составляет 15,3 % [3]. Это является достаточно высоким показателем сдерживания роста для всех действующих экономических агентов в данной сфере, так как заведомо повышается стоимость кредитования деятельности, что делает заемные средства нежелательными видами финансирования.

Очевидно, что собственных средств и инвестиций, согласно вышеперечисленным особенностям, будет недостаточно для реализации деятельности компании в рамках планового освоения объемов жилья. Поэтому одним из основных способов привлечения денежного капитала в строительный проект является проектное финансирование (ПФ).

Проектное финансирование – один из ключевых инструментов, стимулирующих развитие строительного рынка в нашей стране. Оно обладает не только рядом неоспоримых преимуществ, но и существенных недостатков, без учета которых застройщик высоко повышает уровень собственных рисков.

1. Уровень влияния факторов, предопределяющих вектор и характер взаимодействия участников проектного финансирования.

При анализе проблемы в любой сфере необходимо обозначать границы её влияния, т.е. уровень воздействия. В зависимости от критерия, соответствующего уровню экономики, Луковникова Е. И. [4] определяет подходы дифференциации факторов развития строительной организации как: мегауровень, макроуровень, мезоуровень, микроуровень. Логично сделать предположение о том, что именно последний уровень воздействия является соответствующим при рассмотрении особенностей взаимодействия участников в проектом финансировании. Масштаб отношений в этом случае определяется границами коммуникаций команд банка и застройщика.

2. Особенности оценки финансовой потребности инвестиционно-строительного проекта в контексте проектного финансирования.

Для более глубокого понимания предпосылок, формирующих характер и вектор коммуникаций между участниками рассматриваемого процесса, необходимо в общем случае проанализировать ключевые особенности механизма проектного финансирования (ПФ).

В данной работе авторами делается предположение о том, что каждый микроуровневый фактор, изначально являющийся нейтральным с точки зрения мезоуровня и вышестоящих, для любого участника отношений имеет собственное оценочное значение, предполагающее отрицательное или положительное влияние в зависимости от субъективного контекста. В таком случае на первом этапе инициации и планирования иерархия системы факторов формируется каждым участником независимым образом в соответствии с их представлениями и опытом, но на основе общепринятых законов и правил.

Как следствие данного предположения можно выделить следующую особенность: соотношения удельных весов факторов с т. зр. банка и застройщика в подавляющем большинстве будут совпадать, однако в массе всё же будет наблюдаться присутствие «спорных точек».

Их количество и разница в величинах отношений может объясняться, предположительно:

а) объемом и достоверностью обладаемой информации (в т.ч. коммерческим опытом). Очевидно, что банки располагают более обширным (инф. большого кол-ва застройщиков-заемщиков) и, соответственно, достоверным опытом и информативной базой, на основе которых выстраиваются модели для определенного строительного проекта;

б) неидентичными спектрами коммерческих целей (вероятность обратно пропорционального соотношения финансовой заинтересованности, (рис. 1)). Такой характер отношений имеет место быть, например, при определении процентной ставки или в случае заложения более высоких процентов на риски при формировании финансовой модели проекта банком на основе предоставленных сметных расчетов. В этом случае особенности взаимосвязи интересов двух сторон можно описать кривой безразличия, только в данном контексте сама кривая соответствует определенному ожидаемому уровню дохода от проекта. Соответственно, мы видим, что: при формировании величины кредита банк, следуя собственной логике и интересам, может заложить более высокий процент на риск : из т.1 \rightarrow т.2 ($\Delta B = B_2 - B_1$), тем самым увеличив стоимость кредита, что негативно скажется на чистом доходе застройщика ($-\Delta Z = Z_2 - Z_1$);

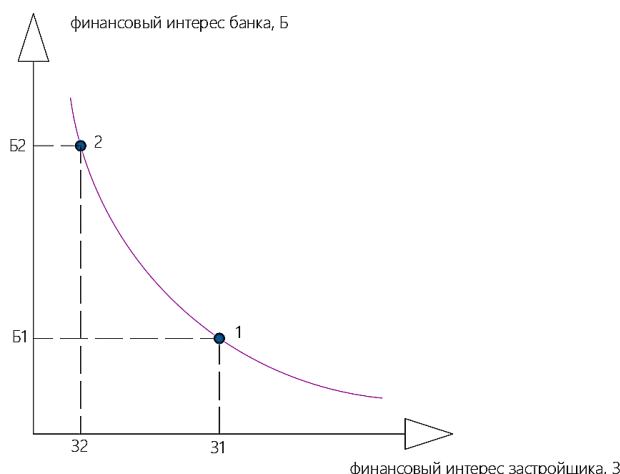


Рис. 1. Взаимоотношение банка и застройщика с точки зрения финансов при определении величины кредита

с) различием требований условных «сфер деятельности». Здесь речь идет о возможном «конфликте интересов» застройщика и банка на почве корректности предоставляемой документации, способов ведения финансового учета и т.д.

3. Субъективно чувствительные факторы с точки зрения застройщика и банка.

Как уже говорилось ранее, в данной статье сделано предположение о спорности интересов банка и застройщика в некоторых точках оценки экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта. В этом разделе рассмотрим основные, на взгляд авторов, факторы, оказывающие влияние на реализацию проектного финансирования с точки зрения разных стадий ИСП.

1) Реализация дорогостоящих ИСП. Одной из ключевых особенностей проектного финансирования является возможность реализации высоко капиталоемких инвестиционно-строительных проектов [5]. В этом смысле одним из ключевых преимуществ для небольшого застройщика является оценка ликвидности только самого проекта, а не всей деятельности организации. Банк со своей стороны получает право одобрять кредитование небольших застройщиков с ликвидными проектами, что расширяет сферу его влияния и, соответственно, потенциально увеличивает денежные потоки. Оценка ликвидности самого проекта не накладывает на банковскую кредитную систему дополнительных обязательств, связанных с ретроспективным анализом всей деятельности кредитополучателя, что существенно снижает ресурсные затраты (временные и человеческие) на прогресс принятия решений.

Такой подход открывает большой горизонт возможностей не только для крупных компаний, но, как уже говорилось выше, имеет важнейшее значение для расширения бизнеса и выведение его на новый уровень. Небольшие застройщики могут претендовать на реализацию дорогостоящих проектов и получении высокой прибыли в случае «дееспособной» финансовой модели.

2) Ограничение ответственности застройщика. Это следствие вышеописанного преимущества – решение о финансировании принимается *только* на основе анализа ликвидности ИСП, соответственно, зачастую ответственность за риски ложится на проектные активы, а не на основные фонды застройщика. Однако возможным спорным бытовым моментом с этой точки зрения является залоговое имущество, определяемое договорными обязательствами: оно потенциально может включать в себя основные средства компании, поручительство собственника бизнеса и т.д., т.к. банку необходимы гарантии.

3) Распределение рисков между банком и застройщиком [5]. Говоря об ограниченной ответственности застройщика, необходимо уточнить механизм формирования доли ответственности, основанный на принципе распределения рисков, имеющий несколько

форм проявлений. Одной из наиболее часто встречающихся является ограниченный регресс, при котором все стороны распределяют риски согласно установленным договоренностям. Такая ситуация достаточно выгодна для застройщика, так как предоставляет ему право ограниченной ответственности, о которой говорилось ранее.

4) Повышение корректности оценки ликвидности проекта. Как уже несколько раз ранее утверждалось: основной принцип реализации проектного финансирования состоит в оценке конкретного инвестиционно-строительного проекта и его показателей всеми сторонами. Такой подход положительно влияет на достоверность оценки инвестиционной привлекательности проекта - в результате подачи заявления на финансирование строительства анализ проекта проходит в два этапа независимыми сторонами: изначально командной застройщика, а затем специалистами банка. Однако наряду с преимуществом данного фактора существует несколько отрицательных взаимосвязей.

5) Одной из них является усложненная структура сделки, подразумевающая многоступенчатые этапы заключения договора, которая сильно удлиняет процесс принятия решения с точки зрения времени [5]. С позиции банка это является необходимостью: предоставленные застройщиком данные не всегда оказываются корректными, достоверными и исчерпывающими. К тому же у застройщика-кредитополучателя есть прямая заинтересованность в увеличении доли собственного участия, минимальный порог которой устанавливается банковской системой. Таким образом заемщик пытается снизить объем выдаваемого кредита, чтобы увеличить долю собственной прибыли: занижением сметной стоимости и увеличением доли собственного участия. Поэтому строительному и финансовому отделу банка приходится провести достаточно кропотливый анализ, чтобы выявить несоответствия, запросить необходимые уточняющие сведения и провести повторное рассмотрение [6].

6) Другой отрицательной чертой взаимодействия для обеих сторон является длительность сроков согласования отчетной документации [5] (см. п.3, подпункт с). Высокие требования к прозрачности процесса отчетности, отсутствие структуры финансового учета некоторых элементов хоз. деятельности и т.д. создают дополнительные трудности при взаимодействии застройщика с банком.

Таким образом, подводя итог четвертого раздела, ниже будет представлено графическое описание соотношений факторов принятия решений (рис. 2). Условно говоря, это тригонометрическая окружность с характерными особенностями, позволяющими систематизировать всю информацию из раздела 4. Окружность условно представляет собой факторное пространство, каждая точка которого соответствует определенному явлению, оказывающее то или иное влияние на оценку инвестиционно-строительного проекта с точки зрения банка и застройщика. Степень влияния устанавливается субъективно на основе оперируемой информации и опыта команд (см. следствие предположения).

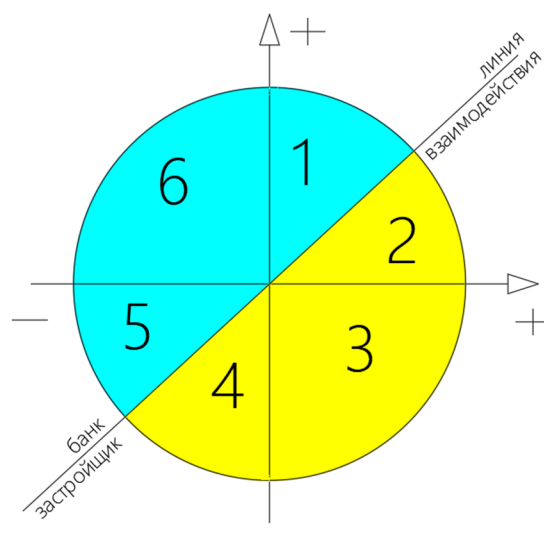


Рис. 2. Факторная окружность

Окружность разделена на две равные части: доля банка и застройщика.

Сектор 1 - область исключительно благоприятных факторов для банка;

Сектор 2 - область исключительно благоприятных факторов для застройщика;

Сектор 3 - область факторов, характерное влияние которых зависит от контекста ситуации и обстоятельств (для застройщика);

Сектор 4 – область факторов, имеющих исключительно отрицательное влияние на деятельность застройщика;

Сектор 5 – область факторов, оказывающих исключительно отрицательное влияние на оценку банка;

Сектор 6 – область факторов, характерное влияние которых зависит от контекста ситуации и обстоятельств (для банка).

Линия взаимодействия – соответствует коммуникациям между банком и застройщиком, может иметь как положительный, так и отрицательный вектор относительно начала координат. Соответствует уровню и характеру взаимодействия застройщика и банка.

Проекции факторных точек на линию взаимодействия отражают уровень совокупной оценки ликвидности ИСП и степень взаимодействия экономических агентов (рис. 3). Является качественным показателем, отвечает на вопрос «больше или меньше».

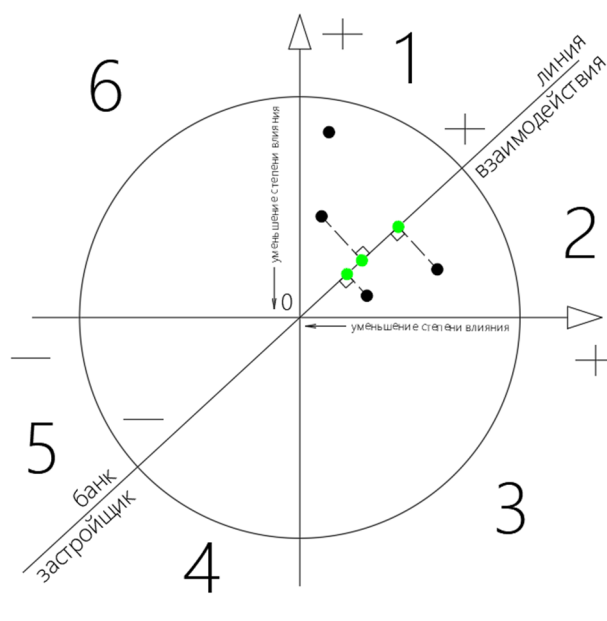


Рис. 3. Линия взаимодействия банка и застройщика

Представленная структуризация факторов имеет перспективу применения как элемент анализа взаимоотношений экономических агентов в разрезе партнерства. То есть принцип, заложенный в данной методике, может быть применен как вспомогательный инструмент модели экономических отношений и реакций агентов с точки зрения сотрудничества.

Подводя промежуточный итог, стоит сделать уточнение относительно уровня взаимодействия банка и застройщиков, деятельность которых имеет разные масштабы (средний и крупный бизнес).

Естественно, что уровень взаимодействия между командами двух рассматриваемых сфер зависит от информационной обеспеченности, организации и компетентности каждого из агентов. С точки зрения банка эти факторы всегда остаются на определенно высоком уровне в силу масштабов и уровня деятельности организации. Среди застройщиков же наблюдается достаточно высокая дифференциация по вышперечисленным критериям. Интересен с этой точки зрения опыт небольшого бизнеса. Рассмотрим основные особенности.

1. Высокая вероятность привлечения подрядчиков на основе личных взаимоотношений, а не на основе оценки деятельности организации. Как возможный результат – низкая эффективность оперативных процессов.

2. Стремление к снижению издержек производства частичным уходом в теневой бизнес - преуменьшение доходов при подаче сведений в налоговые органы, оплата труда наличными, и т.д.

3. Сравнительно небольшие заработные платы могут быть причиной привлечения в проект команды, не обладающей необходимым уровнем компетенций.

4. Отсутствие выработанной устойчивой стратегии развития инвестиционно-строительного проекта влечет за собой высокий риск ошибки в расчетах при планировании, как следствие – перерасход капитала («оплата ошибок») и простаивание стройки.

5. Отсутствие деловой репутации – организация тратит больше усилий и средств на рекламную кампанию, выше цена ошибки в глазах покупателей и деловых партнеров (подрядчиков) (см. п.4).

Таким образом, становится понятно, что риски у банка и застройщика могут сильно повышаться за счет неопытности и коммерческой несостоятельности заемщика.

В данной статье были рассмотрены основные (с точки зрения авторов) факторы развития отношений на почве банковского проектного финансирования. Исходя из полученной информации видно, что большую роль в прогрессе взаимодействия играет предпосылка о субъективности оценочной деятельности (что логично с точки зрения общечеловеческой функциональности). На основе полученных данных в последующих исследованиях возможно будет проводить анализ логичности и дееспособности разрабатываемых вспомогательных модельных инструментов с учетом разных предпосылок (например, исследование адекватности применения предпосылки о транзитивности факторных предпочтений по аналогии с теорией отношений предпочтений).

Список литературы

1. Письмо Союза инженеров-сметчиков от 10.03.2026 г. № МК-03/2026 «О средней стоимости строительства многоквартирных жилых домов массового спроса и ценах на рынке недвижимости по регионам Российской Федерации на МАРТ 2026 года»// Электронный каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL : <https://kccs.ru/elbooks2/cisn.php>, Загл. С экрана – Яз. рус. (дата обращения 20.03.2026).
2. Официальный сайт союза строителей Алтайского края//сайт [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://stroi-altai.ru/novosti/?/n230-sebestoimost-stroitelstva-1-kv.-metra-jilya-v-regionah-rf-v-avguste-2022-goda/> . Загл. С экрана – Яз. рус. (дата обращения 20.03.2026).
3. Официальный сайт ЦБ РФ//сайт [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: https://cbr.ru/hd_base/KeyRate/, Загл. С экрана – Яз. рус. (дата обращения 20.03.2026).
4. Луковникова, Е. И. Факторы развития строительной организации / Е. И. Луковникова // Инфраструктурные отрасли экономики: Проблемы и перспективы развития : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 21 ноября 2014 года / Новосибирский государственный технический университет, Кафедра производственного менеджмента и экономики энергетики. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. - С. 86-90.
5. Журнал «Генеральный директор»//Электронный каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.gd.ru/articles/15538-proektnoe-finansirovanie>, Загл. С экрана – Яз. рус. (дата обращения 20.03.2026).
6. Марущак, И. И. Формирование и использование концепции проектного финансирования / И. И. Марущак, Н. Н. Матненко, Т. С. Сальникова // Евразийский союз ученых. - 2017. - № 11-2(44). - С. 59-60.

List of references

1. Letter of the Union of Cost Engineers dated March 10, 2026, No. МК-03/2026 "On the average cost of construction of multi-apartment residential buildings in mass demand and prices in the real estate market by region of the Russian Federation as of March 2026" // Electronic catalog [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://kccs.ru/elbooks2/cisn.php>, Title. From the screen - Language. Russian. (date of access March 20, 2026).
2. Official website of the Union of Builders of Altai Krai // website [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://stroi-altai.ru/novosti/?/n230-sebestoimost-stroitelstva-1-kv.-metra-jilya-v-regionah-rf-v-avguste-2022-goda/> . Title. From the screen – Language. Russian (date of access 20.03.2026).
3. Official website of the Central Bank of the Russian Federation//website [Electronic resource]: Access mode: URL: https://cbr.ru/hd_base/KeyRate/, Title. From the screen – Language. Russian (date of access 20.03.2026).

4. Lukovnikova, E. I. Factors in the development of a construction organization / E. I. Lukovnikova // Infrastructure sectors of the economy: Problems and development prospects: collection of materials from the VII International scientific and practical conference, Novosibirsk, November 21, 2014 / Novosibirsk State Technical University, Department of Production Management and Energy Economics. - Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2014. - P. 86-90.

5. Journal "General Director" // Electronic catalog [Electronic resource]: Access mode: URL: <https://www.gd.ru/articles/15538-proektnoe-finansirovanie>, Title. From the screen - Language. Russian. (date of access 03/20/2026).

6. Marushchak, I. I. Formation and use of the concept of project financing / I. I. Marushchak, N. N. Matnenko, T. S. Salnikova // Eurasian Union of Scientists. - 2017. - No. 11-2 (44). - P. 59-60.

УДК 332.1:614.2

РИСКИ И СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

С. Ю. Нерозина^{1,2}, А. В. Лушникова, В. В. Сидельников

Нерозина Светлана Юрьевна, ¹*Воронежский 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*

Лушникова Анна Владимировна, *Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, кандидат медицинских наук, доцент кафедры поликлинической терапии, E-mail: avlushnikova@vrngmu.ru*

Сидельников Вадим Вадимович, *Воронежский государственный технический университет, магистрант гр. мТПР-252, E-mail: vadik.sidelnikov.86@inbox.ru*

Аннотация: статья посвящена исследованию экономических аспектов создания и эксплуатации коммерческих объектов недвижимости, а именно частных медицинских центров. Такие объекты находятся на пересечении двух сфер деятельности - строительства и медицины, тем самым порождают определение рисков и актуальных стратегий, связанных с развитием недвижимости частных медицинских центров, рассматриваясь на всех этапах жизненного цикла. Анализ показывает, насколько региональная поляризация оказывает влияние на принятие инвестиционных и управленческих решений, на стабильность поиска арендаторов и оценку активов на каждом этапе жизненного цикла - от выбора земельного участка, проектирования, строительства, и, до эксплуатации; от реконструкции и до перепрофилирования. Полученные результаты подтверждают то, что для успешного развития коммерческой недвижимости медицинского назначения, требуются дифференцированно четкие стратегии, основанные на региональных экономических условиях, которые влияют как на инвесторов, так и на доступность здравоохранения в регионе в целом.

Ключевые слова: коммерческая недвижимость, объекты медицинского назначения, риски, стратегии, управление, региональная экономическая поляризация.

RISKS AND STRATEGIES OF MANAGEMENT OF MEDICAL COMMERCIAL REAL ESTATE IN THE REGIONAL ECONOMY

S. Yu. Nerozina^{1,2}, A. V. Lushnikova, V. V. Sidelnikov

Nerozina Svetlana Yurievna, ¹*Voronezh State Technical University, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise, and Real Estate Management, ²Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Healthcare Management, E-mail: nerozina@cchgeu.ru*

Lushnikova Anna Vladimirovna, *Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Polyclinic Therapy, E-mail: avlushnikova@vrngmu.ru*

Sidelnikov Vadim Vadimovich, *Voronezh State Technical University, Master's degree in mTPR-252, E-mail: vadik.sidelnikov.86@inbox.ru*

Annotation: the article is devoted to the study of the economic aspects of the creation and operation of commercial real estate, namely private medical centers. Such facilities are located at the intersection of two fields of activity - construction and medicine, thereby generating a definition of risks and relevant strategies related to the development of real estate in private medical centers, being considered at all stages of the life cycle. The analysis shows how much regional polarization affects investment and management decision-making, the stability of tenant search and asset valuation at every stage of the life cycle - from land selection, design, construction, and operation; from reconstruction to redevelopment. The results obtained confirm that the successful development of commercial real estate for medical purposes requires differentially clear strategies based on regional economic conditions that affect both investors and the availability of healthcare in the region as a whole.

Keywords: commercial real estate, medical facilities, risks, strategies, management, regional economic polarization.

В отличие от обычной офисной или торговой недвижимости, объекты медицинского назначения должны соответствовать специальным техническим требованиям, строгим нормативным стандартам и недискреционной фискальной политике. По таким характеристикам можно сказать, что создаются, как и возможности, так и «больные места», по-разному проявляющиеся в регионах, где отличается уровень развития экономики. Региональная экономическая поляризация - это динамически растущее неравенство между экономически развитыми и отстающими территориями. Она стала важным фактором, влияющим на экономическую среду (рынок) медицинского назначения. В процветающих мегаполисах частные медицинские центры выигрывают тем, что там высокая численность пациентов, надежные страховые рынки и легкий доступ к квалифицированным медицинским специалистам. Экономически неблагополучные регионы сталкиваются с постоянными проблемами, включая нехватку трудовых единиц, сокращение количества потенциальных пациентов и повышенную чувствительность к изменениям в политике (в плане возмещений расходов).

Модель жизненного цикла недвижимости и степень региональной экономической поляризации, вот что формирует риски и стратегии, можно сказать, что эти две точки зрения, по которым проводится исследование по данной тематике научной статьи [1]. Объединив эти точки зрения, можно сказать, почему определенные подходы к девелопменту успешны в одних регионах и терпят неудачу в других, и как инвесторы и поставщики медицинских услуг могут оптимизировать свои решения по недвижимости в различных территориальных контекстах [2]. Изложенная теория выше показывает, что различные стадии жизненного цикла объекта недвижимости медицинского характера, так и уровень экономического развития региона, составляют собой основные стратегии управления коммерческой недвижимостью в сфере здравоохранения (см. табл. 1).

Таблица 1

Ключевые риски и стратегии управления объектами коммерческой недвижимости медицинского назначения в условиях региональной экономической поляризации на разных стадиях жизненного цикла [3-8]

Стадия жизненного цикла	Экономически сильные регионы	Экономически депрессивные регионы
Выбор участка и его покупка	<p>Риски: высокие цены на землю; большая конкуренция между инвесторами, переплата за премиальные локации.</p> <p>Стратегии: упор на участки «вторичной» локации с потенциалом редулопмента; объединение с крупными медицинскими сетями, для привлечения якорных арендаторов.</p>	<p>Риски: неуверенность в достаточном платежеспособном спросе; сложность поиска стабильных арендаторов; трудности с выбором места, где демографические условия обеспечивают окупаемость.</p> <p>Стратегии: приоритет реконструкции существующих зданий перед новым строительством; приобретение участков по сниженной стоимости для обеспечения доступных арендных ставок.</p>
Строительство	<p>Риски: рост затрат на строительство из-за дефицита квалифицированных кадров и сложностей с разрешительной документацией; высокие требования к техническому оснащению медицинских объектов увеличивают капитальные вложения.</p> <p>Стратегии: привлечение подрядчиков, имеющих опыт строительства медицинских объектов, на ранних этапах; тщательное планирование бюджета с сохранением необходимого для медицинской деятельности функционала.</p>	<p>Риски: ограниченное количество подрядчиков, обладающих опытом строительства медицинских объектов; неопределенность сроков согласований; высокие риски превышения бюджета.</p> <p>Стратегии: минимизация избыточных архитектурно-строительных решений там, где это допустимо; поэтапное развитие вслед за расширением арендатора; поиск государственных субсидий или налоговых льгот</p>
Эксплуатация	<p>Риски: возможный уход арендаторов в связи с консолидацией врачебных практик; повышение арендных ставок может спровоцировать переезд; конкуренция со стороны новых современных объектов.</p> <p>Стратегии: заключение долгосрочных договоров аренды с крупными и устойчивыми медицинскими организациями; постоянное улучшение состояния объекта (ремонт, благоустройство) для удержания арендаторов; диверсификация состава арендаторов по медицинским направлениям.</p>	<p>Риски: финансовая нестабильность арендаторов из-за высокой доли государственного финансирования и низкой платежеспособности населения; дефицит медицинских кадров, угрожающий непрерывности работы; длительные периоды простоя помещений после ухода арендатора.</p> <p>Стратегии: гибкие условия аренды (включая процент от выручки); оказание арендаторам поддержки в продвижении услуг и управлении практикой; готовность к более низкой доходности ради сохранения заполняемости.</p>

Продолжение табл. 1

Реконструкция	<p>Риски: быстрое технологическое устаревание объектов; ожидание арендаторами постоянных улучшений; капитальные затраты могут опережать рост арендных ставок.</p> <p>Стратегии: закладка резервов на капитальный ремонт в финансовую модель; проведение реконструкции одновременно с продлением договоров аренды; выборочное обновление для поддержания конкурентоспособности.</p>	<p>Риски: Отсутствие средств на необходимые улучшения из-за низкого денежного потока; сопротивление арендаторов повышению арендной платы, необходимому для финансирования ремонта; постепенное физическое ухудшение состояния здания.</p> <p>Стратегии: сосредоточение на выполнении обязательных нормативных требований; увязывание ремонта с продлением арендных договоров; рассмотрение совместного финансирования реконструкции с арендаторами.</p>
Перепрофилирование	<p>Риски: специализированная планировка может ограничивать возможности перепрофилирования; затраты на переделку способны снизить остаточную стоимость объекта; выбор времени выхода влияет на итоговую цену.</p> <p>Стратегии: проектирование с учетом возможной будущей конверсии (гибкая планировка, стандартные параметры помещений); поддержание связей с инвесторами, работающими с различными сегментами недвижимости; выход на благоприятной рыночной конъюнктуре.</p>	<p>Риски: отсутствие востребованных альтернативных вариантов использования устаревшего медицинского объекта; высокий риск полной потери вложенного капитала; объект может становиться источником социальной напряженности в районе.</p> <p>Стратегии: рассмотрение возможности передачи объекта под государственные или муниципальные медицинские учреждения в рамках государственно-частного партнерства; готовность к более низкой цене продажи для прекращения текущих расходов на содержание; включение в программы комплексного развития территорий.</p>

Развитие коммерческой недвижимости, как правило, проходит через определенные этапы: выбор и приобретение участка, строительство с нуля или с использованием старых технологий, эксплуатация и сдача в аренду, реконструкция или адаптация и, в конечном счете, потенциальное перепрофилирование или продажа. Для объектов медицинского назначения каждый этап сопряжен с определенными профилями рисков и стратегическими соображениями, которые существенно отличаются от стандартной коммерческой недвижимости [9].

Этап выбора площадки требует всестороннего анализа демографических тенденций, сетей поставщиков медицинских услуг и конкурентного позиционирования. Девелоперы медицинских центров должны оценить не только текущую плотность населения, но и прогнозируемые демографические изменения, распределение врачей-консультантов и существующую конкурентную среду, так и дополнительные медицинские услуги [10]. В отличие от арендаторов розничной торговли, которые могут уделять первостепенное внимание видимости и организации дорожного движения, арендаторам медицинских учреждений часто требуется близость к больницам, центрам визуализации или местам сосредоточения врачей-специалистов, чтобы облегчить направление пациентов и профессиональное сотрудничество.

Строительство медицинских учреждений сопряжено со специальными техническими требованиями, которые превышают стандарты типичных коммерческих зданий. Для оборудования и визуализации требуется защита от радиации и вибрации [11]. Например, для хирургических отделений необходимо сложное оборудование для кондиционирования воздуха, которое обеспечивает соблюдение жестких нормативов по качеству воздуха и требований инфекционной безопасности. Системы бесперебойного питания должны гарантировать работу оборудования жизнеобеспечения. Вышеперечисленные инженерно-технические требования значительно повышают стоимость строительства по сравнению с офисными и торговыми помещениями, и соответственно затраты на специализированное медицинское оборудование чаще всего превышают стоимость самого здания.

На этапе эксплуатации всё зависит от того, в какой насколько платежеспособны арендаторы и какие условия аренды. Среди арендаторов таких площадей, есть и крупные системы здравоохранения с большим запасом инвестиций, и небольшие частные организации с более «скромными» финансовыми возможностями. По договорам аренды есть отличительные особенности, если сравнивать договоры аренды медицинской среды и обычную коммерческую аренду. В медицинской сфере такие договоры требуют более длительных сроков. Это делается для того, чтобы арендатор смог окупить сделанные улучшения в помещениях. Также, в такого вида договоров, включаются сложные условия по соблюдению нормативных требований, обслуживанию оборудования и порядок передачи сути и практики деятельности новому владельцу.

Циклы обновления медицинских объектов должны молниеносно «идти в ногу со временем» с быстро развивающимися медицинскими технологиями, в подходах по оказанию медицинской помощи пациентам. Срок службы медицинских помещений часто оказывается короче, чем срок службы самого здания физическая структура, поскольку меняются клинические протоколы, усовершенствуется оборудование и растут ожидания пациентов по предоставлению им максимально качественной услуги. Это создает постоянную потребность в дополнительных вложениях, что в свою очередь важно учитывать при составлении инвестиционных моделей и формирования условий аренды.

В различных регионах условия для функционирования объектов медицинского профиля складываются по-разному, что отражается на всех этапах жизненного цикла объекта - от строительства до эксплуатации. Для того, чтобы выбрать правильную и эффективную инвестиционную стратегию и вовремя понять обо всех возможных рисках, нужно знать, именно чем разнятся регионы друг от друга [12].

В экономически развитых регионах частные медицинские центры получают больше прибыли из-за того, что ставки оплаты по коммерческой страховке выше, пациенты чаще могут сами оплачивать свое плановое лечение и персональное (индивидуальное) ведение, а там больше врачей, которые готовы быть трудоустроены нескольких местах параллельно. Эти факторы способствуют повышению арендных ставок и повышению кредитоспособности арендаторов, поскольку медицинские учреждения в богатых районах, и благодаря этому получают более высокие доходы и обеспечивается максимальная рентабельность. Глубина рынка поставщиков медицинских услуг также снижает риск концентрации арендаторов, поскольку свободные площади могут быть с большей готовностью сданы в аренду альтернативным пользователям медицинских услуг.

В экономически неблагополучных регионах динамика кардинально меняется. Программы государственного страхования с более низкими ставками возмещения доминируют в структуре плательщиков, сокращая доходы медицинских учреждений и ограничивая их способность выплачивать арендную плату по рыночным ставкам. Нехватка рабочей силы угрожает жизнеспособности арендаторов, ограничивая расширение практики и усиливая конкуренцию за доступных поставщиков, а также затрудняя поиск преемников после выхода на пенсию существующих практикующих специалистов. Государство же, вкладывает меньше денег в развитие инфраструктуры региона, потому что налог на

недвижимость приносит мало денег, как раз-таки это сказывается и на качестве самих городских услуг, от которых зависят торгово-деловые районы.

При этом именно в таких неблагополучных регионах чаще всего наблюдается острая нехватка качественной медпомощи. И тут же возникает парадокс: спрос на объекты недвижимости медицинского назначения, с точки зрения потребности и количества пациентов есть, а сделать так, чтобы аренда была прибыльной, и, окупилась бы частные инвестиции в объект, не получается, потому ставки аренды очень низкие. Такое расхождение между потребностями в медицинских кадрах и экономикой недвижимости представляет собой серьезную проблему, которую недостаточно решить с помощью традиционных подходов к управлению, используемыми в коммерческой деятельности [13].

Выбор и покупка земельного участка - это начальный этап жизненного цикла. Здесь много зависит от экономической ситуации в регионе. В благополучных регионах конкуренция высокая, как раз таки из-за этого и растут цены на землю. Застройщикам приходится брать сложные участки, либо второстепенные варианты. Здесь главное найти баланс между престижным местоположением и риском заплатить много денег, т.е. переплатить. Нужно иметь в виду, что на рынке много покупателей с опытом, именно здесь идет речь о больничных системах, крупных инвесторах и инвестиционных фондах. Торги между ними могут снизить ожидаемую прибыль и увеличить риски невыполнения обязательств.

В экономически слабых регионах задача при выборе площадки под строительство обратная: необходимо найти такое месторасположение, где у пациентов есть спрос на услуги, а медики территориально, смогли бы быть готовыми там работать, не взирая на то, что то экономически совсем невысока активность. В таких местах участки могут стоять намного дешевле, но арендаторы могут не потянуть даже такую минимальную плату, поэтому застройщику нужно провести оценку, насколько низкая цена на покупку земля оправдывает высокие риски (например, если арендатор откажется от аренды или помещение впоследствии будет долго простаивать).

В разных регионах подход к строительству зависит от ситуации. На сильных рынках выгодно строить «с нуля», потому что арендные ставки это позволяют. На слабых же рынках аренда ниже, и в связи с этим чаще всего делают реконструкцию готовых зданий (меньше инвестиций, быстрее запуск). Вот если новое строительство не окупается совсем, то тогда появляется необходимость в переделывании старых коммерческих или промышленных зданий под здания медицинского назначения [14].

На этапе строительства региональная поляризация влияет как на затраты, так и на риски, связанные с развитием медицинского учреждения. В экономически динамично развивающихся регионах стоимость строительства, как правило, выше из-за конкуренции за квалифицированную рабочую силу и материалы, более сложной нормативно-правовой базы и более высоких стандартов инфраструктуры объекта. С этим финансовым давлением необходимо бороться с помощью эффективных методов реализации проекта и тщательного планирования стоимости, позволяющего сохранить основные медицинские функции при одновременном контроле капитальных затрат.

Специализированный характер строительства объектов медицинского назначения создает особую уязвимость в регионах с ограниченным опытом строительства медицинских объектов. Подрядчики, которые незнакомы с этими требованиями, часто недооценивают объем работ, упускают из вида важные технические характеристики или работают без согласования с поставщиками медицинского оборудования. Всё это оборачивается перерасходом бюджета и срывом сроков строительства. В регионах с развитым рынком медицинских услуг риски снижаются за счет большого числа опытных подрядчиков, специализирующихся на медицинском строительстве. Там, где рынок развит слабее, найти таких подрядчиков сложнее, что сразу же сказывается на планировании проекта.

Порядок согласования с регулирующими органами тоже зависит региональных особенностей. В экономически динамичных регионах у чиновников, как правило, больше опыта в сопровождении медицинских проектов и уже сложились понятные процедуры проверки, но при этом здесь же могут действовать и более жесткие требования (например, к транспортной доступности, количеству парковочных мест или совместимости с окружающей застройкой), а это увеличивает сроки и стоимость строительства. В регионах с менее благополучной экономикой местные власти обычно рады любым инвестициям и коммерческим проектам. Но вот квалифицированных специалистов, способных грамотно оценить именно медицинский инвестиционный проект, там часто не хватает. В итоге сроки согласования затягиваются и становятся совершенно непредсказуемыми.

Список литературы

1. Дорогань, И. А. Модель организации жизненного цикла медицинского здания / И. А. Дорогань // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 12(123). – С. 1474-1481.
2. 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.
3. Аленицкая, М. В. Система управления рисками в медицинских организациях / М. В. Аленицкая, А. В. Мартынова, М. В. Ли. - Владивосток : Дальневосточный федеральный университет, 2023. - 174 с.
4. Бударин, С. С. Управление финансовыми рисками в медицинских организациях (теория и практика) : экспертный обзор / С. С. Бударин. - Москва : Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента, 2025. - 35 с.
5. Дробыш, С. А. Управление рисками в современных условиях работы медицинских организаций / С. А. Дробыш // Главврач. - 2019. - № 9. - С. 16-23.
6. Злодеева, Е. Б. Риск-менеджмент как необходимый элемент стратегического управления медицинской организацией / Е. Б. Злодеева // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки : Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 20-23 ноября 2019 года / Под общей редакцией Т.В. Шепитько. - Москва: Издательство "Перо", 2020. - С. 159-164.
7. Накыпбаева, Д. М. Особенности разработки стратегического плана развития частного медицинского центра / Д. М. Накыпбаева // Наука и образование сегодня. - 2023. - № 2(76). - С. 23-27.
8. Нерозина, С. Ю. Применение методики управления финансовыми рисками и пути их снижения / С. Ю. Нерозина, С. М. Березнякова, В. К. Мильхерт, А. А. Осипов // Строительство и недвижимость. - 2024. - № 1(14). - С. 120-126.
9. Волкова, Е. А. Маркетинговая стратегия управления коммерческой медицинской организации / Е. А. Волкова, С. Н. Яшин // Промышленное развитие России: проблемы, перспективы : Сборник статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов, Нижний Новгород, 09 ноября 2023 года. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина, 2023. - С. 13-18.
10. Нерозина, С. Ю. Особенности принятия эффективных управленческих решений в частных медицинских центрах РФ / С. Ю. Нерозина, А. В. Лушникова // Психология здоровья и болезни: клинико-психологический подход : Материалы XIV Всероссийской

научно-практической конференции с международным участием (с использованием дистанционных технологий), Курск, 28-29 ноября 2024 года. - Курск: Курский государственный медицинский университет, 2024. - С. 25-29.

11. Дорогань, И. А. Управление требованиями при строительстве зданий медицинских организаций / И. А. Дорогань // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 8. – С. 1046-1056.

12. Нерозина, С. Ю. Ключевые аспекты грамотного управления в системе здравоохранения / С. Ю. Нерозина, М. А. Ланчук // Актуальные вопросы организации здравоохранения : Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 15 февраля 2024 года. - Нижний Новгород: Приволжский исследовательский медицинский университет, 2024. - С. 64-68.

13. 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.

14. Шаховская, Л. С. Управление потенциалом персонала медицинской организации: маркетинговый подход / Л. С. Шаховская, И. В. Аракелова, В. И. Юкина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. - 2022. - Т. 16, № 3. - С. 185-197.

List of references

1. Dorogan, I. A. A model of the organization of the life cycle of a medical building / I. A. Dorogan // Bulletin of MGSU. – 2018. – Vol. 13, No. 12(123). – pp. 1474-1481.

2. 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 // Current 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.

3. Alenitskaya, M. V. Risk management system in medical organizations / M. V. Alenitskaya, A.V. Martynova, M. V. Li. - Vladivostok : Far Eastern Federal University, 2023. - 174 p.

4. Budarin, S. S. Financial risk management in medical organizations (theory and practice) : an expert review / S. S. Budarin. Moscow : Scientific Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management, 2025. 35 p

5. Drobysch, S. A. Risk management in modern working conditions of medical organizations / S. A. Drobysch // Glavvrach. - 2019. - No. 9. - pp. 16-23.

6. Zildeeva, E. B. Risk management as a necessary element of strategic management of a medical organization / E. B. Zildeeva // Current state, problems and prospects of development of branch science : Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation, Moscow, November 20-23, 2019 / Edited by T.V. Shepitko. Moscow: Pero Publishing House, 2020. pp. 159-164.

7. Nakypbaeva, D. M. Specifics of developing a strategic plan for the development of a private medical center / D. M. Nakypbaeva // Science and Education today. - 2023. - № 2(76). - Pp. 23-27.

8. Nerozina, S. Y. Application of financial risk management methodology and ways to reduce them / S. Y. Nerozina, S. M. Bereznyakova, V. K. Milkherth, A. A. Osipov // Construction and real estate. - 2024. - № 1(14). - Pp. 120-126.

9. Volkova, E. A. Marketing strategy for the management of a commercial medical organization / E. A. Volkova, S. N. Yashin // Industrial development of Russia: problems, prospects

: A collection of articles based on the materials of the XXI International Scientific and Practical Conference of university teachers, scientists, specialists, graduate students, students, Nizhny Novgorod, November 09, 2023. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin, 2023. pp. 13-18.

10. Nerozina, S. Y. Features of making effective managerial decisions in private medical centers of the Russian Federation / S. Y. Nerozina, A.V. Lushnikova // Psychology of health and disease: a clinical and psychological approach : Proceedings of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation (using remote technologies), Kursk, November 28-29, 2024. Kursk: Kursk State Medical University, 2024, pp. 25-29.

11. Dorogan, I. A. Requirements management in the construction of buildings of medical organizations / I. A. Dorogan // Bulletin of MGSU. – 2019. – Vol. 14, No. 8. – pp. 1046-1056.

12. Nerozina, S. Yu. Key aspects of competent management in the healthcare system / S. Yu. Nerozina, M. A. Lanchuk // Actual Issues of healthcare organization : Collection of scientific papers of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, February 15, 2024. Nizhny Novgorod: Volga Region Research Medical University, 2024, pp. 64-68.

13. Nerozina, S. Y. Minimization of investment costs and selection of 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.

14. Shakhovskaya, L. S. Managing the potential of medical organization personnel: a marketing approach / L. S. Shakhovskaya, I. V. Arakelova, V. I. Yukina // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. - 2022. - Vol. 16, No. 3. - pp. 185-197.

Научное издание

СТРОИТЕЛЬСТВО И НЕДВИЖИМОСТЬ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выпуск № 2 (23), 2026

Дата выхода в свет: 10.04.2026.

Объем данных 29,3 Мб