

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 4 Т. 15
2025

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



САМАРА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ISSN (PRINT) 2542-0151
ISSN (ONLINE) 2782-2109

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Т. 15, № 4

САМАРА
2025

Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Главный редактор – д.т.н., профессор **А.К. СТРЕЛКОВ**
Заместитель главного редактора по направлению «Строительство» – д.т.н., профессор **А.А. ПРОКОПОВИЧ**
Заместитель главного редактора по направлению «Архитектура» – к.арх., профессор **В.А. САМОГОРОВ**
Ответственный секретарь – **М.В. ВЕСЕЛОВА**

Редакционная коллегия:
А.Г. АВЕРКИН, д.т.н., профессор (Пенза)
С.Ю. АНДРЕЕВ, д.т.н., профессор (Пенза)
С.М. АНПИЛОВ, д.т.н., доцент (Новосибирск)
Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор
М.В. БОДРОВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)
Т.Я. ВАВИЛОВА, к. арх., доцент
А.Л. ВАСИЛЬЕВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)
К.С. ГАЛИЦКОВ, к.т.н., доцент
А.Л. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор (Н. Новгород)
В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор
А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор
А.И. ЕРЁМКИН, д.т.н., профессор (Пенза)
В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)
Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор
А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор
Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент
В.А. СЕЛЕЗНЕВ, д.т.н., профессор (Тольятти)
С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., доцент
К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор
Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор
В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор
Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент
А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)
З. ВОЙЧИЦКИ, D.Sc., профессор (Вроцлав, Польша)
Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)
М. КНЯЖЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)
Я. МАТУШКА, Ph.D, доцент (Пардубице, Чешская Республика)
А. МОЧКО, Ph.D, доцент (Вроцлав, Польша)
С. ОГНЕНОВИЧ, Ph.D, профессор (Скопье, Македония)
М. ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)
Д. САФАРИК, главный редактор СТВУН Journal (Чикаго, США)

Editor in Chief – D. Eng., Prof. **A.K. STRELKOV**
Deputy Editor (Construction) – D. Eng., Prof. **A.A. PROKOPOVICH**
Deputy Editor (Architecture) – PhD in Architecture, Prof. **V.A. SAMOGOROV**
Executive Secretary – **M.V. VESELOVA**

Editorial Board
A.G. AVERKIN, D. Eng., Prof. (Penza)
S.Yu. ANDREEV, D. Eng., Prof. (Penza)
S.M. ANPILOV, D. Eng., Ass. Prof. (Novosibirsk)
E.A. AKHMEDOVA, D. Arch., Prof.
M.V. BODROV, D. Eng., Ass. Prof. (Nizhny Novgorod)
T.Ya. VAVILOVA, PhD in Architecture, Ass.Prof.
A.L. VASILYEV D. Eng., Ass. Prof. (Nizhny Novgorod)
K.S. GALITSKOV, PhD in Engineering, Ass.Prof.
A.L. GELFOND, D. Arch., Prof. (Nizhny Novgorod)
V.P. GENERALOV, PhD in Architecture, Prof.
A.I. DANILUSHKIN, D. Eng., Prof.
A.I. EREMOKIN, D. Eng., Prof. (Penza)
V.N. ZENTSOV, D. Eng., Prof. (Ufa)
T.V. KARAKOVA, D. Arch., Prof.
A.A. KUDINOV, D. Eng., Prof.
N.D. POTIENKO, PhD in Architecture, Ass.Prof.
V.A. SELEZNEV, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
S.V. STEPANOV, D. Eng., Ass. Prof.
K.L. CHERTES, D. Eng., Prof.
N.G. CHUMACHENKO, D. Eng., Prof.
V.A. SHABANOV, PhD in Engineering, Prof.
D.A. SHLYKHIN, D. Eng., Ass. Prof.
A. BORODINECS, D.Sc., Prof. (Riga, Latvia)
Z. WOJCICKI, D.Sc., Prof. (Wroclaw, Poland)
G. RADOVIC, D.Sc. arch., Prof. (Podgorica, Montenegro)
M. KNEZEVIC, D.Sc., Prof. (Podgorica, Montenegro)
J. MATUŠKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)
A. MOCZKO, Ph.D., Ass. Prof. (Wroclaw, Poland)
S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)
M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)
D. SAFARIK (Chicago, the USA)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-68052 от 13 декабря 2016 года
Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук
Журнал индексируется в системе РИНЦ
Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI
Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина

Подписано в печать 15.12.2025 г. Выпуск в свет 22.12.2025 г.
Формат 60х90 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная.
Печ. л. 23,25. Тираж 300 экз. Заказ № 2179

Адрес издателя: 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
Адрес редакции: 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 307
Телефоны: (846) 242-36-98, 8-927-651-07-09
Интернет-сайт: <https://journals.eco-vector.com/2542-0151/index>

Отпечатано в типографии ООО «Слово»:
443070, Россия, г. Самара, ул. Песчаная, 1; тел. (846) 244-43-77

ISSN (Print) 2542-0151
ISSN (Online) 2782-2109

© СамГТУ, 2025

Ф3 №436-Ф3	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1	Цена свободная
---------------	--	----------------

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 **Кальмова М.А.** Аналитические и экспериментальные исследования физико-механических свойств термированной лиственницы
- 10 **Кондратьева Н.В., Алонов В.А.** Методы расчета зданий повышенной этажности на прогрессирующее обрушение
- 21 **Коянкин А.А.** Сборно-монолитный каркас, эффективный для применения в холодных условиях строительства
- 27 **Мангушев Р.А., Мальцев А.В., Мальцева К.А.** Разработка стратегии выбора наиболее эффективного варианта инъекционного закрепления водонасыщенных грунтов оснований исторических объектов Санкт-Петербурга
- 34 **Панфилов Д.А., Ильин Н.А., Панфилова О.Н., Бузовская Я.А.** Обеспечение температуростойчивости чутунных опор здания

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 40 **Сапарёв М.Е., Минкина С.А., Рябовол В.С.** Преобразование утарного и углекислого газов из продуктов сгорания в химически полезные вещества

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 46 **Бухман Н.С., Бухман Л.М.** Динамика впитывания падающей на пористый грунт жидкости
- 52 **Коршикова Е.С.** Воздействие микроволнового излучения на свойства растительных сорбентов в технологии очистки сточных вод
- 60 **Теплых С.Ю., Радченко О.А., Клочков Д.П.** Внедрение оборотного водоснабжения на автотранспортных участках объектов строительного производства

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 66 **Лещенко Д.В., Максимов Н.М., Якунин К.П., Федякин А.Г.** Метод получения аналога дамасской стали с геометрически распределенными включениями за счет применения углеволокнистого катализатора
- 73 **Фролов Е.И., Анцев М.А., Смольков М.И., Фролов М.А.** Композитные изделия, состоящие из каркаса со структурой трехпериодичных поверхностей, заполненного самоуплотняющимся цементным раствором

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 83 **Ислам А.А., Медведев Д.В., Пронин В.И.** Статусы документов как ключевой элемент стандартизации информационного обмена в средах общих данных

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- 90 **Абдрахимов В.З., Сафронов Е.Г.** Перспективный рециклинг аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения в производство керамзита для экологии, экономики и строительства

АРХИТЕКТУРА

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

- 100 **Данилова Э.В.** Архитектура как искусство: формирование художественного языка Фрэнка Гери
- 110 **Какунец К.В., Дубровина Н.П.** Крупные общественные центры Ленинграда как уникальные градостроительные комплексы: особенности сохранения

- 122 **Самогоров В.А., Грицевич Н.М.** Организация Специального проектного бюро (СПБ-1) Гипроавиапрома для строительства авиационного комплекса в г. Куйбышеве

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 127 **Полянцева Е.Р.** Городская среда и безопасность в средовой криминологии. Обзор источников и современные тенденции
- 136 **Смирнова Н.Р., Бенаи Х.А., Радионов Т.В.** Архитектурное совершенствование и типологическое развитие зрелищных зданий и сооружений в условиях реконструкции

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 142 **Аюкасова Л.К., Воронцова О.Н., Лекарева Н.А.** Закономерности исторического развития объектов коммунального комплекса города Оренбурга
- 149 **Барбаров И.И., Антюфеев А.В.** Энергоэффективные кварталы: новые градостроительные подходы
- 158 **Заславский Е.М., Заславская А.Ю., Панфилов Д.А.** Ключевые аспекты планирования жилого района на территории бывшего Завода имени Масленникова в Самаре
- 163 **Сапрыкина Н.С.** Архитектурно-типологическая специфика зданий школ ФЗУ. Часть 2. Градостроительные и функционально-планировочные особенности (1930-е гг.)
- 173 **Чапайкин А.М., Антюфеев А.В.** Архитектурно-градостроительное формирование долин малых рек с учётом санаторно-рекреационного ресурса
- 185 **ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ
И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ**



М. А. КАЛЬМОВА

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМИРОВАННОЙ ЛИСТВЕННОЙ

ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PHYSICO- MECHANICAL PROPERTIES OF THERMALIZED LARCH

В ходе проведенного исследования были выявлены изменения физико-механических свойств древесины лиственницы после термической обработки. Установлено, что термическая обработка улучшает устойчивость древесины к биологическим воздействиям и снижает её влагопоглощение. Изменение прочностных характеристик подтверждает эффективность использования термизированной лиственницы в строительстве и других отраслях. В работе использовались методы экспериментального анализа, включающие подготовку образцов древесины, проведение испытаний прочности, жесткости и устойчивости к внешним воздействиям. Также применялись аналитические подходы для обработки и интерпретации полученных данных, что позволило сделать выводы о влиянии термической обработки на свойства лиственницы.

Ключевые слова: термическая обработка, термодревесина, лиственница, экспериментальные исследования

The study revealed changes in the physico-mechanical properties of larch after heat treatment. It has been established that heat treatment improves the resistance of wood to biological influences and reduces its moisture absorption. The change in strength characteristics confirms the effectiveness of using thermalized larch in construction and other industries. Experimental analysis methods were used in the work, including the preparation of wood samples, testing of strength, rigidity and resistance to external influences. Analytical approaches were also used to process and interpret the data obtained, which allowed us to draw conclusions about the effect of heat treatment on the properties of larch.

Keywords: heat treatment, thermal wood, larch, experimental research

Введение

Термическая обработка древесины является одним из перспективных методов улучшения её эксплуатационных характеристик. Лиственница, благодаря своим природным свойствам, представляет собой ценный материал для многих областей применения. Однако её устойчивость к внешним воздействиям и механические характеристики могут быть значительно улучшены с использованием термической обработ-

ки. Исследование изменений свойств древесины лиственницы после термической обработки позволяет расширить знания о возможностях применения этого материала в строительстве и других отраслях [1].

Формулировка проблемы

Для понимания процессов, происходящих в древесине при термической обработке, и их влияния на её свойства представляет интерес

изучение воздействия термической обработки на физико-механические свойства древесины лиственницы. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: провести обзор существующих методов термической обработки древесины, выполнить экспериментальные исследования свойств термированной лиственницы и оценить возможности её применения на основе полученных данных. Практическая значимость исследования состоит в разработке рекомендаций по использованию древесины термированной лиственницы в различных областях, таких как строительство, мебельное производство, дизайн интерьеров.

Влияние термической обработки на свойства древесины

Термическая обработка древесины представляет собой технологический процесс, заключающийся в нагревании древесины до температуры 160–250 °С в условиях ограниченного доступа кислорода. Этот метод, известный с античных времен, используется для изменения свойств древесины, таких как увеличение долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Снижение содержания кислорода во время обработки предотвращает возгорание древесины, способствует химическим изменениям в ее структуре, включая разложение гемицеллюлозы, что приводит к снижению гигроскопичности и увеличению устойчивости к биологическим повреждениям.

Основной целью термической обработки древесины является улучшение ее эксплуатационных характеристик. Например, обработанная древесина становится на 50–60 % менее подверженной воздействию грибков и насекомых, что значительно повышает срок ее службы. Кроме того, термическая обработка сни-

жает гигроскопичность древесины, делая ее менее восприимчивой к изменениям влажности, а также улучшает эстетические свойства за счет изменения цвета и текстуры. Эти изменения позволяют использовать термически обработанную древесину в более широком диапазоне условий, таких как наружные конструкции и влажные помещения.

Механические характеристики древесины определяют её способность выдерживать нагрузки без разрушения [2]. Лиственница, как один из представителей хвойных пород, обладает высоким модулем упругости, который составляет около 12 ГПа. Это значение определяет её жесткость и способность сохранять форму под воздействием внешних сил. Прочность древесины на сжатие, изгиб и растяжение зависит от таких факторов, как плотность, структура и влажность. Вместе с тем термированная древесина демонстрирует улучшенные показатели стабильности прочностных характеристик, становясь менее подверженной деформации под воздействием внешних факторов, таких как влажность [3].

Таким образом, термическая обработка может улучшить прочность древесины, несмотря на её повышенную хрупкость.

Одним из ключевых преимуществ термической обработки древесины является снижение её гигроскопичности. Исследования показывают, что обработка при температуре 180–220 °С уменьшает способность древесины поглощать влагу на 40–50 %. Это достигается за счёт изменения структуры клеточных стенок и уменьшения количества гидрофильных групп, что делает древесину менее подверженной набуханию и усадке.

Термическая обработка также вызывает значительные изменения в структуре и внешнем виде древесины (рис. 1). Потемнение мате-



Рис. 1. Термически обработанная лиственница

Fig. 1. Heat treated larch

риала, наблюдаемое после обработки, является результатом химических реакций, таких как карамелизация сахаров и образование продуктов разложения органических соединений. Эти изменения не только придают древесине более эстетичный вид, но и делают её более однородной по цвету. Кроме того, обработка снижает вероятность растрескивания древесины при изменении влажности, что повышает её долговечность и устойчивость к внешним воздействиям.

Температурные режимы являются одним из ключевых параметров термической обработки древесины. Продолжительность ее термической обработки варьируется в зависимости от метода и желаемого эффекта. Обычно процесс может занимать от нескольких часов до нескольких дней. Для лиственницы, обладающей высокой плотностью, оптимальная продолжительность обработки подбирается с учётом её природных характеристик. Длительное воздействие высоких температур способствует более глубокому изменению структуры древесины, что улучшает её устойчивость к внешним воздействиям. Однако чрезмерная продолжительность может привести к излишнему выгоранию летучих компонентов, что ухудшает прочностные характеристики материала.

Среда обработки древесины играет немалую роль в процессе термической обработки. Наиболее часто используются такие среды, как насыщенный пар, инертные газы и вакуум. Каждая из них оказывает своё влияние на свойства древесины. Например, обработка в среде насыщенного пара способствует равномерному прогреву древесины и предотвращает её растрескивание. Инертные газы позволяют минимизировать окислительные процессы, что

важно для сохранения прочности материала. Выбор среды обработки зависит от специфики задач, поставленных перед процессом термообработки. Эффективность различных методов термической обработки древесины варьируется в зависимости от их воздействия на структуру и свойства материала. Обработка в среде насыщенного пара, например, способствует улучшению биологической стойкости древесины, тогда как нагрев в масле значительно повышает её водоотталкивающие свойства. Горячий воздух также может использоваться для повышения твёрдости и прочности материала. Сравнение этих методов демонстрирует, что каждый из них обладает уникальными преимуществами и недостатками, которые следует учитывать при выборе технологии. Выявление оптимального метода термической обработки древесины требует комплексного анализа с учётом всех критериев. На основе проведённых исследований можно сделать вывод, что обработка при температурах от 150 до 200 °С является наиболее универсальной, так как обеспечивает значительное повышение устойчивости древесины к биологическим воздействиям, сохраняя при этом её механические свойства. Метод обработки в среде масла может быть рекомендован для применения в условиях высокой влажности, тогда как нагрев в среде насыщенного пара подходит для повышения долговечности материала.

Подготовка образцов для испытаний

Для проведения сравнительного анализа физико-механических свойств термизированной и нетермизированной лиственницы применялись стандартные методы лабораторных исследо-



Рис. 2. Образцы термизированной лиственницы после испытания на сжатие
Fig. 2. Samples of thermalized larch after compression testing

ваний. Измерения проводились с использованием специализированного оборудования, что позволяло оценить такие характеристики, как прочность на сжатие [1]. В исследовании использовались образцы лиственницы (50×50 мм), подвергнутые термической обработке при температуре 150–180 °С, и контрольные образцы без обработки. На рис. 2 представлены результаты испытания на сжатие образцов термированной лиственницы вдоль и поперек волокон.

Прочность древесины на сжатие вдоль волокон и на изгиб является важным аспектом при оценке её механических свойств. Для лиственницы прочность на сжатие может достигать 50–60 МПа, что делает этот материал подходящим для конструктивных применений. В ходе экспериментов были получены данные, свидетельствующие о значительных изменениях в свойствах лиственницы после термической обработки. Основными параметрами анализа стали плотность, прочность на сжатие вдоль волокон и устойчивость к биологическим повреждениям. Результаты показали, что плотность древесины уменьшилась на 3–7 %, что связано с удалением влаги и изменением химического состава материала. При этом прочность на сжатие вдоль волокон увеличилась до 27 %, что подтверждает улучшение механических свойств древесины. По результатам испытаний была сформирована диаграмма зависимости напряжений и деформаций. Значения на графике (рис. 3) представлены по абсолютной величине (деформация – сжатие).

Влагостойкость термированной лиственницы является одним из ключевых параметров, определяющих её пригодность для использования в условиях повышенной влажности. Для оценки влагостойкости применяются методы, основанные на измерении степени влагопоглощения древесины после термической обработки. Одним из таких методов является погружение образцов в воду с последующим

измерением их массы до и после эксперимента. Сравнение этих данных позволяет определить процентное изменение массы и, соответственно, влагопоглощение. Термическая обработка обычно снижает влагопоглощение на 30–50 %, что делает лиственницу более устойчивой к воздействию влаги.

Обнаруженные различия в свойствах термированной и нетермированной лиственницы подтверждают эффективность термической обработки. Снижение плотности и влагопоглощения делает термированную лиственницу более устойчивой к биологическим повреждениям и воздействию внешней среды, что особенно важно для её применения в строительстве и отделке. Увеличение прочности на сжатие вдоль волокон расширяет её возможности использования в конструктивных элементах. Тем не менее снижение массы древесины может ограничивать её применение в некоторых специфических областях, где важна высокая плотность материала.

Практическое применение термированной лиственницы

Термированная лиственница находит широкое применение в различных отраслях благодаря улучшенным эксплуатационным характеристикам. Одной из ключевых областей её использования является строительство, где она применяется для создания фасадных панелей, террасных досок и других наружных конструкций (рис. 4).

Биостойкость, достигнутая благодаря термической обработке, делает древесину лиственницы идеальным материалом для использования в условиях повышенной влажности и биологической активности. Кроме того, термированная лиственница используется в производстве мебели, особенно для наружного применения, а также в декоре интерьеров, где ценится её эстетичность и долговечность.

Термированная лиственница обладает рядом преимуществ, которые делают её особенно востребованной в строительной отрасли. Одно из главных её достоинств – уменьшенное влагопоглощение, что значительно увеличивает долговечность конструкций. По данным исследований, снижение влагопоглощения до 50 % по сравнению с необработанной древесиной позволяет использовать материал в условиях высокой влажности без риска деформации. Улучшенная биостойкость благодаря термообработке обеспечивает защиту от грибов и насекомых, что особенно важно для наружных конструкций. Кроме того, эстетические качества термированной лиственницы, такие как насыщенный цвет и текстура, делают её популярным выбором для дизайнерских решений.



Рис. 3. Сравнительная диаграмма образцов на сжатие
Fig. 3. Comparative diagram of compression samples



Рис. 4. Реальные объекты, выполненные из термированной лиственницы
Fig. 4. Real objects made of thermalized larch

Выводы

В результате проведенного исследования были выявлены изменения физико-механических свойств лиственницы после термической обработки. Установлено, что термическая обработка повышает устойчивость древесины к биологическим воздействиям и снижает её влагопоглощение. Также наблюдалось увеличение прочностных характеристик при определенных условиях обработки. Эти изменения подтверждают эффективность использования термированной лиственницы в строительстве и других отраслях.

Для дальнейшего изучения свойств термированной лиственницы рекомендуется расширить спектр исследуемых температурных режимов и сред обработки. Это позволит определить оптимальные параметры обработки для различных применений. Также целесообразно провести дополнительные исследования по долговечности термированной древесины в реальных условиях эксплуатации, что поможет оценить её потенциал в строительстве и дизайне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куницкая О.А., Бурмистрова С.С. Экспериментальные исследования пропитки древесины при помощи гидроудара // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 4(28). С. 103–108.
2. Балабанов М.С., Бутенко С.А., Леоненко А.С. Изменение прочности древесины и деревянных конструкций во времени // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.
3. Южина Т.Н. Высокоскоростное деформирование и разрушение некоторых пород древесины: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2022. 19 с.

REFERENCES

1. Kunitskaya O.A., Burmistrova S.S. Experimental studies of wood impregnation using hydraulic shock. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2015, no. 4(28), pp. 103–108.
2. Balabanov M.S., Butenko S.A., Leonenko A.S. Changes in the Strength of Wood and Wooden Structures in Time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1
3. Yuzhina T.N. *Vysokoskorostnoe deformirovanie i razrushenie nekotorykh porod drevesiny: avtoreferat*. Cand. Diss. [High-speed deformation and destruction of some types of wood: abstract. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2022. 19 p.

Об авторах:

КАЛЬМОВА Мария Александровна

кандидат технических наук, доцент кафедры
строительной механики,
инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kalmova@inbox.ru

KALMOVA Maria Al.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor
of the Structural Mechanics,
Engineering Geology, Foundations and Foundations
Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: kalmova@inbox.ru

Для цитирования: Кальмова М.А. Аналитические и экспериментальные исследования физико-механических свойств термизированной лиственницы // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.01.

For citation: Kalmova M.A. Analytical and experimental studies of the physico-mechanical properties of thermalized larch. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.01.

Принята: 19.05.2025 г.

Н. В. КОНДРАТЬЕВА
В. А. АЛОНОВ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ

METHODS OF CALCULATING MULTI-STOREY BUILDINGS FOR PROGRESSIVE COLLAPSE

В статье проводится детальный анализ методик расчета несущих конструкций зданий повышенной этажности на устойчивость к прогрессирующему обрушению в соответствии с действующими нормативными документами. Рассматриваются ключевые аспекты указанных методик, осуществляется комплексный анализ их преимуществ и недостатков, что позволяет выявить наиболее эффективные подходы в проектировании зданий с целью повышения их устойчивости.

Ключевые слова: прогрессирующее обрушение, непропорциональное разрушение, безригельный каркас, квазистатический метод, нелинейный динамический метод, коэффициент динамичности.

This article provides a detailed analysis of the methods for calculating the load-bearing structures of high-rise buildings for resistance to progressive collapse in accordance with current regulatory documents. The key aspects of these methods are considered, and a comprehensive analysis of their advantages and disadvantages is carried out, which allows us to identify the most effective approaches to designing buildings in order to increase their stability.

Keywords: progressive collapse, disproportionate failure, beamless frame, quasi-static method, nonlinear dynamic method, dynamic coefficient

В настоящее время в России, как и в других странах мира, наблюдается отчетливая тенденция к повышению этажности вновь возводимых зданий. Это явление обусловлено рядом экономических факторов, включая рост стоимости земельных участков в экономически эффективных районах, а также снижение затрат на благоустройство прилегающих территорий и прокладку инженерных сетей [1, 2].

При этом из-за более строгих требований, установленных в нормативных документах для проектирования высотных зданий (выше 75 м), и учитывая экономическую нецелесообразность строительства мало- и среднеэтажных объектов, застройщики нередко предпочитают реализацию проектов зданий повышенной этажности, включающих обычно 16–25 этажей.

В таких зданиях часто применяется безригельный каркас, который обладает значительными архитектурными преимуществами, такими как гибкость в планировке и эстетическая выразительность. Однако данный тип конструкций не всегда обеспечивает адекватное перераспределение нагрузок в случае разрушения одного из несущих элементов при аварийной ситуации. В связи с этим проблема устойчивости зданий повышенной этажности к прогрессирующему разрушению становится особенно актуальной

и требует углубленного изучения и разработки эффективных методов повышения надежности и безопасности таких зданий.

В современной научной литературе для описания непропорционального разрушения строительных конструкций применяется термин «прогрессирующее обрушение». Несмотря на то, что данный термин нередко подвергается критике, в частности из-за того, что любое разрушение развивается во времени и, следовательно, по своей природе не может быть не прогрессирующим [3], это понятие прочно закрепилось в нормативных документах. Его возникновение связывают с разрушением 22-этажного панельного дома Ронан Пойнт в Лондоне, которое произошло в 1968 г. в результате внутреннего взрыва газа на кухне квартиры на 19-м этаже [4]. Через два года данный термин был включен в британские нормативные стандарты, в рамках которых концепция прогрессирующего обрушения развивалась на протяжении 30–35 лет. А в 2003 г. в Соединенных Штатах Америки были установлены свои первые полноценные нормы, регулирующие вопросы, связанные с прогрессирующим обрушением зданий [3].

В России в связи с социально-экономическими проблемами после распада СССР тема «прогрессирующего обрушения» долгое время

не развивалась. Так, новые нормативные документы, содержащие методики расчета на прогрессирующее обрушение, начали появляться только с конца 1990-х, а ужесточение требований к новым проектируемым объектам произошло только в середине 2000-х гг., что было связано с увеличением числа аварийных ситуаций (например обрушение большепролетных покрытий Трансвааль парка и Басманного рынка (рис. 1). Требования по наличию расчетов на прогрессирующее обрушение, однако, плохо подкреплялись действующими нормативными документами. Экспертам в качестве обоснований приходилось ссылаться на п. 1.10 ГОСТ 27751-88, который не содержал конкретных указаний по выполнению данного расчета, и на территориальные нормы (МГСН 3.01-01 «Жилые здания», МГСН 4.19-05 «Многофункциональные высотные здания и комплексы», ТСН 31-332-2006 «Жилые и общественные высотные здания»). Кроме того, расчеты на прогрессирующее обрушение, выполненные в соответствии с введенными в то время рекомендациями [5–9], часто не находили положительного отклика экспертов.

Сложившиеся в данной ситуации сложности и противоречия были решены благодаря вступлению в силу СП 385.1325800 в январе 2019 года. Данный нормативный документ, несмотря на существенную критику, содержал основные требования по обеспечению защиты от прогрессирующего обрушения и методики расчета, которые могли служить основанием при прохождении экспертизы. Следует подчеркнуть, что процесс актуализации данного нормативного документа продолжается, как и активные обсуждения относительно целесо-

образности методов проектирования, заложенных в отечественные нормы [14,15].

В последней редакции СП 385.1325800.2018 (изм.4) расчет на прогрессирующее обрушение предлагается вести следующими методами:

- Расчет в статической постановке.
- Расчет кинематическим методом теории предельного равновесия.
- Расчет в динамической постановке.

Статический метод предполагает исключение элемента из расчета и использование измененной схемы, из которой убран поврежденный элемент. Основные достоинства данного метода – его простота и высокая скорость вычислений. Однако существенным недостатком является невозможность моделирования ситуации, когда удаление элемента происходит очень быстро, что может привести к значительным динамическим усилиям и развитию колебаний в конструкции.

Кинематический метод теории предельного равновесия предполагает, что конструкция выполнена из упругопластического материала. Конструкция рассматривается в момент образования пластических шарниров и превращения конструкции в механизм. Этот метод сложно алгоритмизировать, и в настоящее время он редко используется в проектировании.

Динамический метод расчёта зданий на предмет прогрессирующего обрушения позволяет анализировать напряжённо-деформированное состояние в каждый отдельный момент времени, выполняя множество итераций расчёта на заданные интервалы. Этот подход обеспечивает наиболее точное соответствие результатов расчёта реальным условиям. К минусам



Рис. 1. Обрушение покрытия Басманного рынка (Москва, 2006)

Fig. 1. Collapse of the Basmanny market coating (Moscow, 2006)

данного метода можно отнести его сложную реализацию, а также трудоемкость и значительные затраты машинного времени.

В первоначальной версии СП 385.132.5800.2018 рассматривался расчет квазистатическим методом, суть которого заключалась в имитации динамического эффекта от мгновенного удаления несущего элемента расчётной схемы. При этом к конструкции прикладывались с обратным знаком усилия в удаленном элементе. Преимущества данного метода: относительная простота реализации и высокая скорость вычислений. Однако стоит отметить, что его недостатком является возможность получения отклонений от действительных значений усилий и перемещений, определяемых в ходе расчетов.

В зарубежной практике квазистатические расчеты реализуются с использованием двух основных подходов: pushdown (давить вниз) и pulldown (тянуть вниз) [3]. Pushdown-анализ подразумевает увеличение нагрузок на горизонтальные конструкции, которые непосредственно примыкают к колоннам, расположенным над удаляемой колонной. В то время как Pulldown-анализ предполагает умножать на динамический коэффициент действовавшие в удаляемом элементе усилия, приложенные с обратным знаком. Важно отметить, что указанные подходы не являются эквивалентными.

Учитывая, что кинематический метод не способен адекватно учитывать динамические реакции конструкций в условиях внезапного разрушения элементов, а также не может достоверно отразить реальное поведение здания при локальном отказе какого-либо его элемента, в дальнейшем он не рассматривается.

В целях сравнения применения различных методик рассмотрен расчет устойчивости 24-этажного жилого здания к прогрессирующему обрушению. Каждый этаж имеет высоту 3 м, а общая высота здания составляет 78 м. При этом высота от уровня проезжей части для пожарных машин до нижней границы открывающегося проема (в данном случае окна) составляет 70,5 м, на основании чего данное здание нельзя классифицировать как высотное.

Здание имеет безригельный каркас, в качестве вертикальных несущих элементов приняты железобетонные пилоны и стены, толщина плиты перекрытия составляет 200 мм. Разрез здания и план типового этажа представлены на рис. 2 и 3. В качестве основных материалов несущих конструкций принят бетон класса В40 и стержневая арматура класса А500. Расчет здания выполнен с использованием вычислительного комплекса ЛИРА САПР. Элементы здания замоделированы с помощью конечных элементов: КЭ 210 – универсальный пространственный стержневой

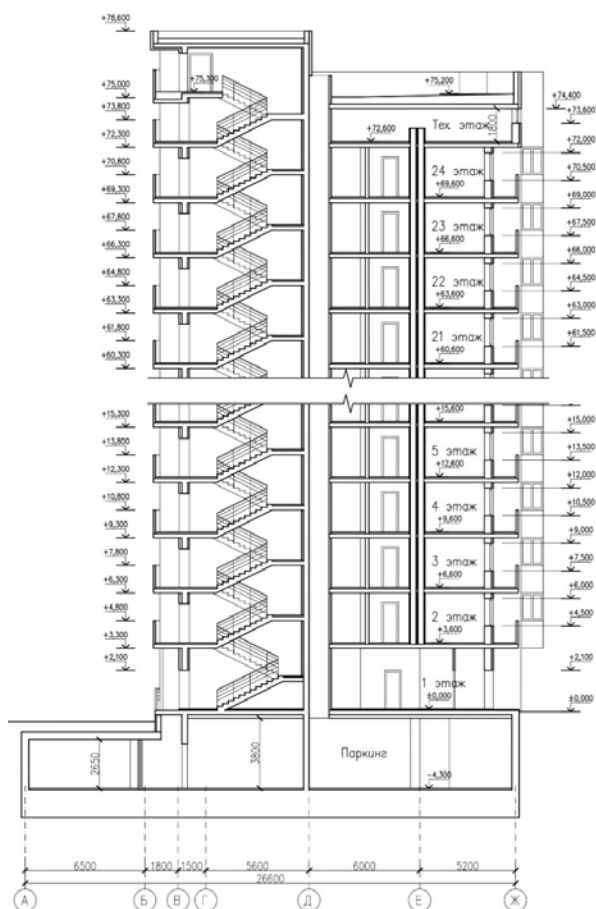


Рис. 2. Разрез рассматриваемого здания
Fig. 2. Section of the building in question

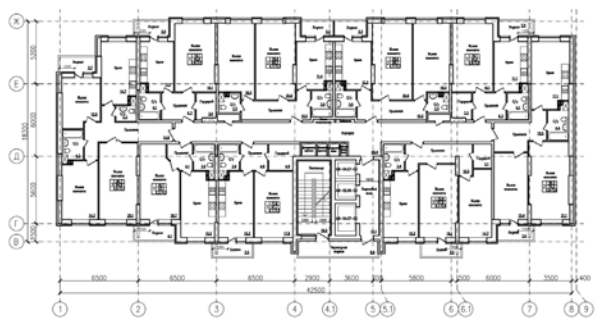


Рис. 3. План типового этажа
Fig. 3. Typical Floor Plan

элемент с учетом физической нелинейности и КЭ 241 – прямоугольный элемент оболочки с учетом физической нелинейности. Нелинейные расчеты выполнялись шаговым методом, число шагов приложения нагрузки определялось вычислительным комплексом автоматически (что является рекомендованной практикой при учете физической нелинейности элементов).

Армирование несущих конструкций подбиралось по результатам линейного статиче-

ского расчета, при этом здание рассчитывалось на следующие типы нагрузок:

- Боковое давление грунта на стены подвального этажа.
- Собственный вес несущих конструкций (задавался автоматически при помощи соответствующей команды вычислительного комплекса).
- Нагрузка от веса полов, кровли и наружных стен.
- Нагрузка от веса перегородок.
- Полезная нагрузка на перекрытия этажей.
- Снеговая нагрузка на покрытие.
- Ветровая нагрузка (с учетом средней и пульсационной составляющей).

В расчете на прогрессирующее обрушение использовались нормативные значения нагрузок от собственного веса несущих конструкций, полов, кровли, наружных стен и перегородок, а также длительные составляющие от снеговой и полезных нагрузок.

Здание рассчитывалось на отказ наиболее нагруженного пилона первого этажа (рис. 4). В качестве критерия достижения предельного состояния конструкций рассматривалось значение предельного прогиба. Согласно СП 385.1325800.2018 прогибы изгибаемых элементов конструктивной системы для особого предельного состояния при условии обеспечения минимально допустимой длины зоны опирания (анкеровки) не должны превышать 1/30 длины пролета. Несмотря на активные дискуссии в инженерно-научном сообществе относительно целесообразности ограничения прогибов конструкций в аварийных ситуациях (с учетом мнения, что основным условием является выживаемость здания или сооружения), данное требование также позволяет контролировать предельные величины пластичности и углы поворота конструкций, что хорошо отражено в зарубежных нормах [3].

Рассматриваются следующие методы расчетов:

- Линейный статический расчет.
- Линейный квазистатический расчет.
- Нелинейный квазистатический расчет.
- Нелинейный динамический расчет.

Как было указано ранее, квазистатический метод расчета может выполняться при помощи двух основных подходов: pushdown и pulldown. Однако, поскольку в отечественной нормативной и справочной литературе предпочтение отдается именно pulldown-анализу [3], настоящее исследование сосредоточено на использовании этого подхода.

Для учета динамического эффекта от мгновенного удаления колонны, в квазистатическом методе усилия, действовавшие в удаленном элементе, необходимо умножать на коэффициент динамичности. В работе [12] коэффициент динамичности K_d предлагается определять по формуле

$$K_d = \frac{K_{pl}}{K_{pl}-0.5}, \quad (1)$$

где K_{pl} – коэффициент пластичности, равный отношению полного прогиба элемента к предельному упругому (для железобетонных конструкций $K_{pl} = 1-5$).

Согласно (1) следует, что при расчете в упругой стадии ($K_{pl} = 1$) коэффициент динамичности $K_d = 2$.

При допущении пластических деформаций в конструкции ($K_{pl} = 2-5$) коэффициент динамичности может принимать значения $K_d = 1,11-1,33$.

Для неперееармированных железобетонных элементов при относительной высоте сжатой зоны $\xi \leq 0,25$ коэффициент пластичности может быть определен по формуле, представленной в работе [2]:

$$K_{pl} = \frac{\varepsilon_{bmd} \cdot \omega_d \cdot E_s \cdot (0,78 - \xi_d)}{(R_{sd} + 0,002 \cdot E_s) \cdot \xi_d}, \quad (2)$$

где ε_{bmd} – краевые относительные деформации сжатого бетона,

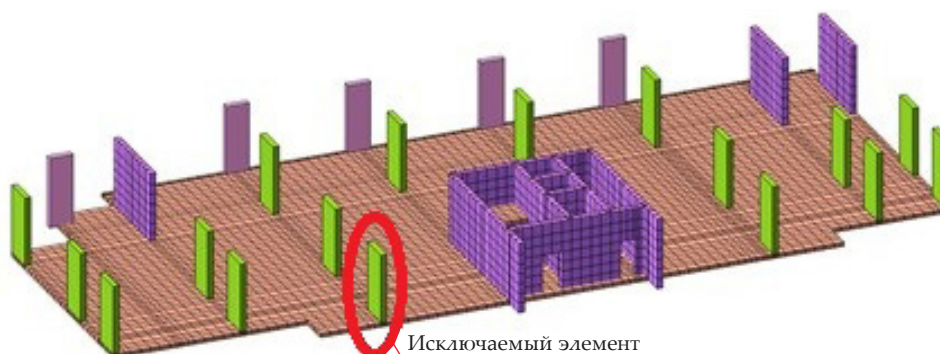


Рис. 4. Элемент, исключаемый при расчете на прогрессирующее обрушение
Fig. 4. Element, excluded when calculating progressive collapse

$$\varepsilon_{bmd} = \frac{\varepsilon_{buld}}{(1 - \frac{\omega_d}{1,1})}, \quad (3)$$

здесь ω_d – коэффициент полноты эпюры напряжения сжатой зоны бетона,

$$\omega_d = 0,85 - 0,006 \cdot R_{bd}, \quad (4)$$

здесь R_{bd} – напряжения в бетоне при динамическом нагружении;

E_s – модуль упругости арматуры, 2×10^5 МПа;

R_{sd} – расчетное значение сопротивления арматуры растяжению при динамическом нагружении;

ξ_d – относительная высота сжатой зоны бетона при динамическом нагружении.

В результате статического расчета для армирования плиты перекрытия было выбрано использование стержней диаметром 12 мм с шагом 200 мм. В приопорных зонах предусмотрено дополнительное армирование с применением стержней диаметром 18 мм также с шагом 200 мм. Для обеспечения пластической работы конструкций в приопорных зонах было принято нижнее армирование из стержней диаметром 20 мм с шагом 100 мм.

Определим коэффициент динамичности для нелинейного квазистатического расчета:

$$\begin{aligned} \omega_d &= 0,85 - 0,006 \cdot R_{bd} = \\ &= 0,85 - 0,006 \cdot 31,9 = 0,659, \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{bmd} = \frac{\varepsilon_{buld}}{(1 - \frac{\omega_d}{1,1})} = \frac{0,002}{(1 - \frac{0,659}{1,1})} = 0,005,$$

$$\begin{aligned} K_{pl} &= \frac{\varepsilon_{bmd} \cdot \omega_d \cdot E_s \cdot (0,78 - \xi_d)}{(R_{sd} + 0,002 \cdot E_s) \cdot \xi_d} = \\ &= \frac{0,005 \cdot 0,659 \cdot 20 \cdot 10^5 \cdot (0,78 - 0,138)}{(550 + 0,002 \cdot 20 \cdot 10^5) \cdot 0,138} = 3,312, \end{aligned}$$

$$K_d = \frac{K_{pl}}{K_{pl} - 0,5} = 1,18.$$

Динамический расчет осуществлялся с использованием модуля «Динамика во времени» и проводился в три последовательных этапа:

1. Определение корректного напряженно-деформированного состояния конструкции в момент времени, предшествующий отказу элемента.

2. Удаление элемента конструкции в динамической нелинейной постановке за определенный промежуток времени.

3. Динамический расчет конструкции с удаленным элементом в нелинейной постановке методами прямого интегрирования уравнений движения.

Определение времени отказа (т. е. временного интервала, в течение которого происходит

удаление элемента) до сих пор продолжает вызывать активные дискуссии в научных кругах. Наиболее опасной считается ситуация, когда удаление элемента происходит мгновенно, поэтому работах [13, 14] предложено ограничивать это время малыми величинами (в запас), варьирующимися от 0,001 до 0,05 с. Аналогичный подход был изложен в справочнике по динамике сооружений Б. Г. Коренева [15] для расчета на импульсивные нагрузки. В пособии к СП 385.1325800 использован другой критерий для ограничения времени удаления элемента – 1/10 основного периода собственных колебаний удаляемого элемента. Такой подход имеет общее с методиками расчета на аварийные взрывные воздействия, в которых круговая частота собственных колебаний элемента является одним из расчетных параметров, в некоторых случаях используемым для вычисления времени конца упругой стадии элемента, воспринимающего динамические нагрузки, действующие на малых временных интервалах. К недостаткам данного подхода можно отнести ограниченность его применения, проявляющуюся при расчетах на удаление растянутых элементов, компонентов опорных узлов, при локальном повреждении в виде разреза или трещины и т. п. [3].

В настоящей работе использовался критерий, приведенный в нормах США UFC/GSA 2016: время удаления элемента не должно превышать 1/10 периода колебаний по форме колебаний, ассоциируемой с реакцией конструкции на повреждение. В самих нормах не объясняются причины данного требования, однако, как показано в работе [3], результаты, получаемые с временем отказа, равным 0,1Т (где Т – период колебаний), незначительно отличаются от результатов, полученных при мгновенном удалении элемента (около 1 %).

Период колебаний рассчитывался с использованием модального анализа поврежденной схемы, в ходе которого была рассмотрена 21 форма колебаний (рис. 5). В результате была выбрана наиболее подходящая форма под номером 8 с периодом колебаний 0,52 с. Время интегрирования установлено равным 4 с, при шаге интегрирования 0,01с.

На рис. 6–9 представлены эпюры распределения усилий в колоннах, расположенных как над, так и под удаляемой колонной для статического, квазистатического (линейного и нелинейного) и динамических расчетов.

Эпюры прогиба плиты перекрытия, расположенной над удаляемой колонной, представлены на рис. 10–13.

Максимальные перемещения узла над удаленной колонной и максимальные усилия в колонне над удаленной колонной приведены в таблице.

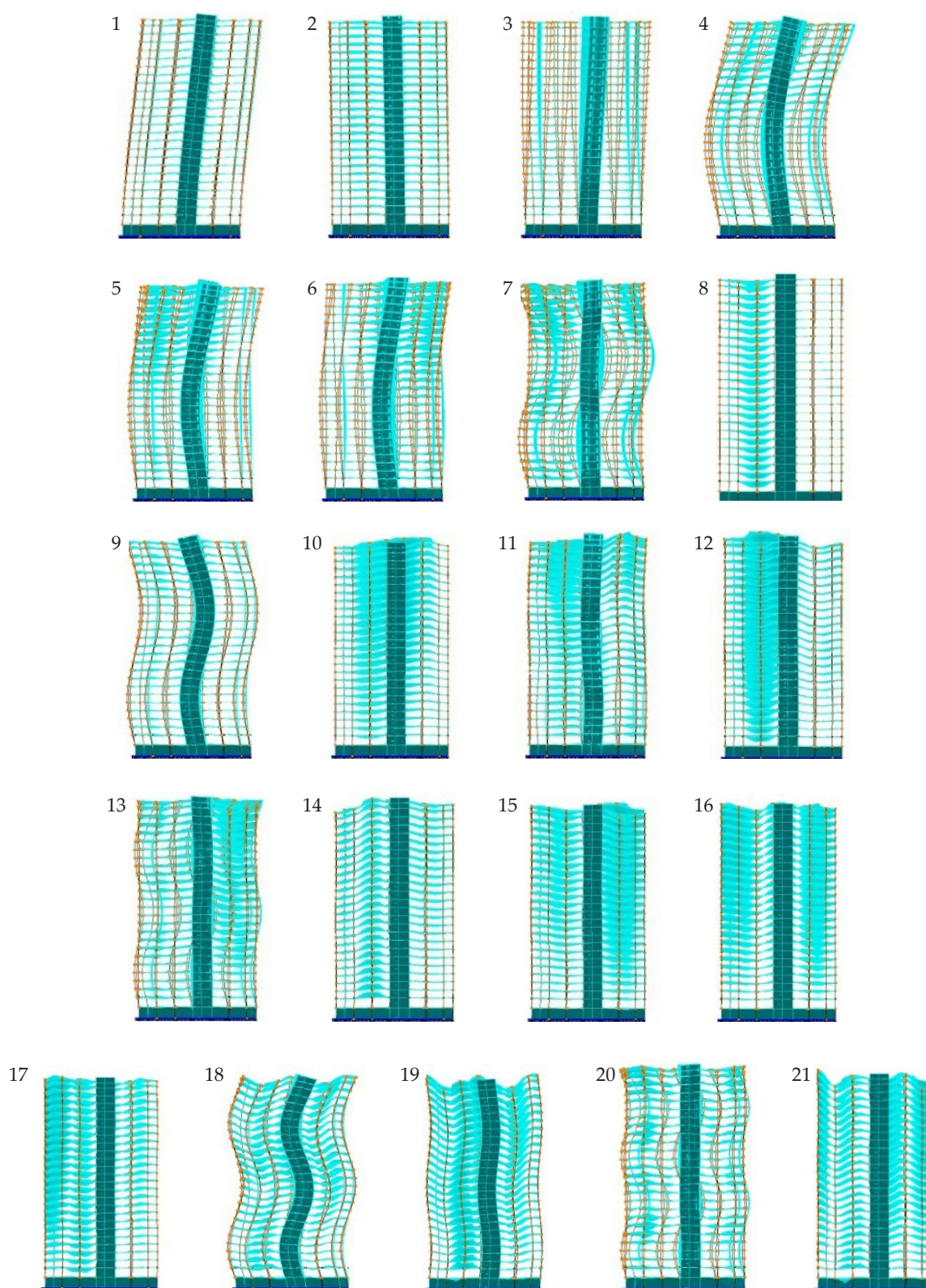


Рис. 5. Формы колебаний
Fig. 5. Waveforms

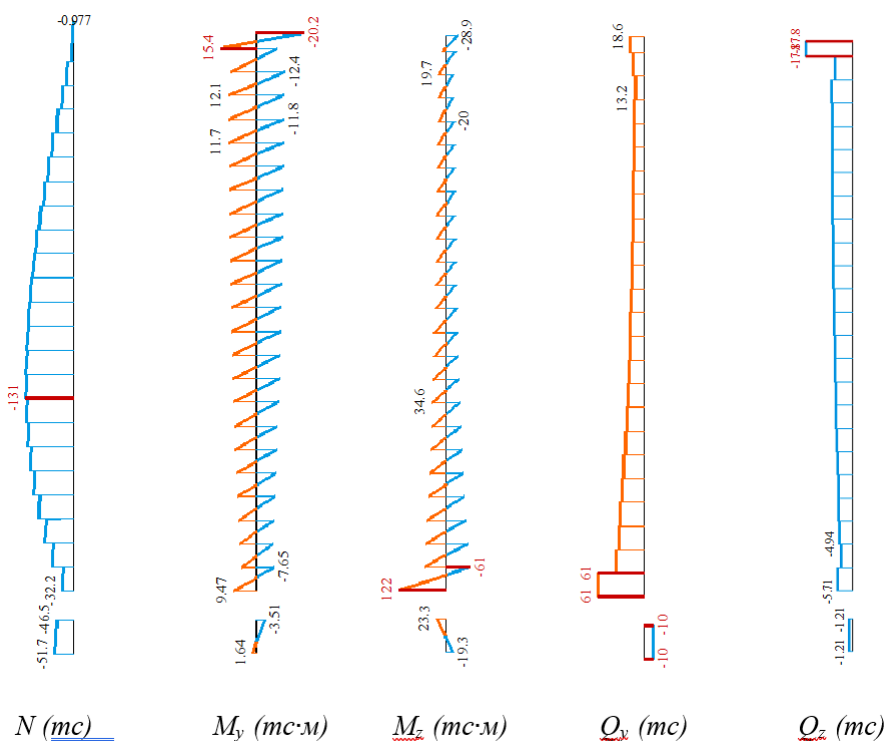


Рис. 6. Эпюры усилий в колоннах, полученные в ходе линейного статического расчета
Fig. 6. Diagrams of forces in columns obtained during linear static calculation

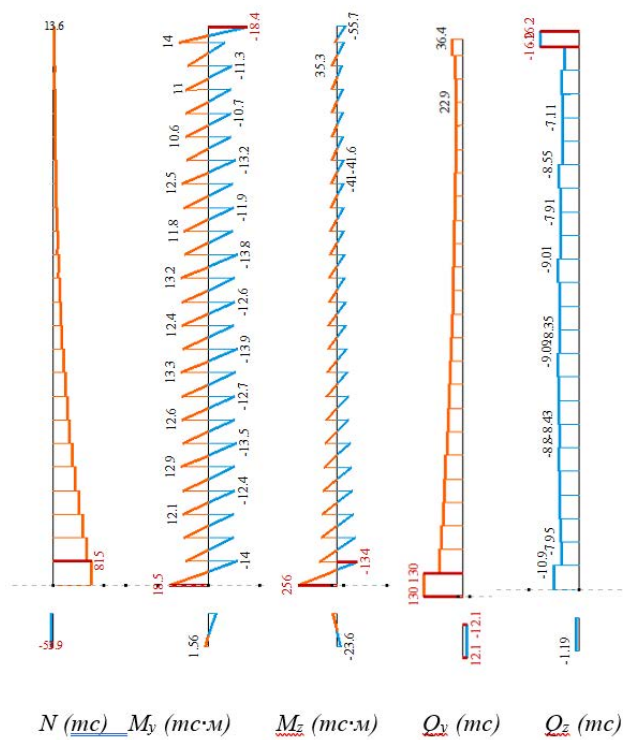


Рис. 7. Эпюры усилий в колоннах, полученные в ходе линейного квазистатического расчета ($k_d = 2$)
Fig. 7. Curves of forces in columns obtained during linear quasi-static calculation ($k_d = 2$)

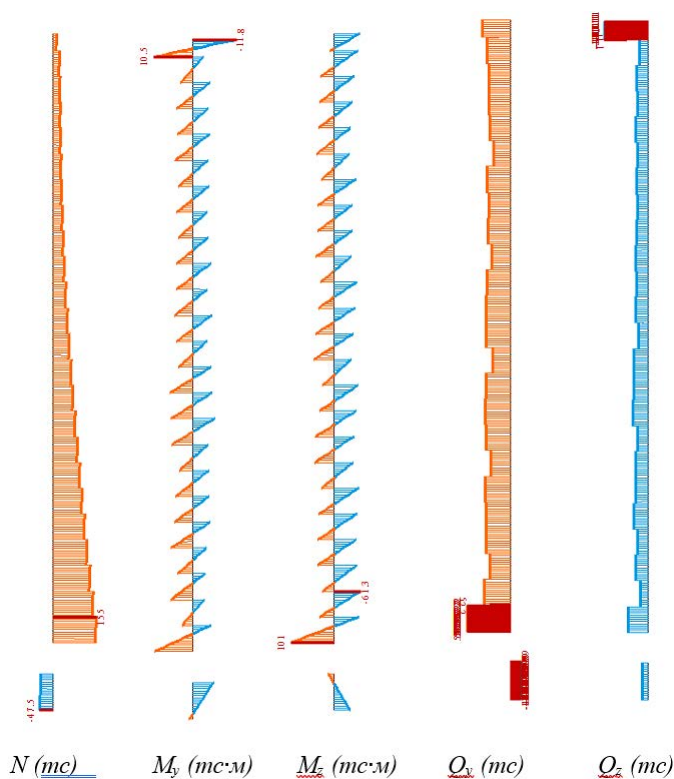


Рис. 8. Эпюры усилий в колоннах, полученные в ходе нелинейного квазистатического расчета ($k_d = 1,18$)
Fig. 8. Curves of forces in columns obtained during nonlinear quasi-static calculation ($k_d = 1.18$)

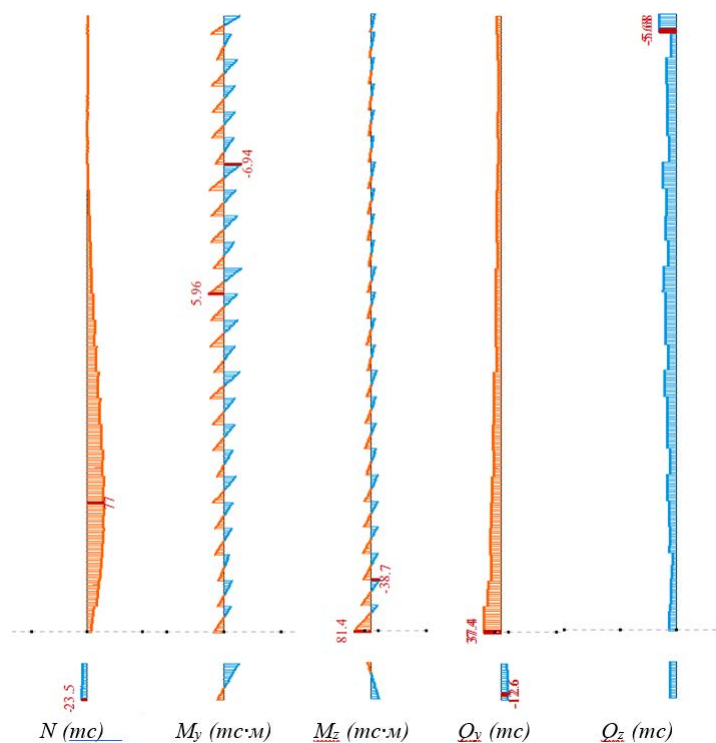


Рис. 9. Эпюры усилий в колоннах, полученные в ходе нелинейного динамического расчета
Fig. 9. Curves of forces in columns obtained during nonlinear dynamic calculation

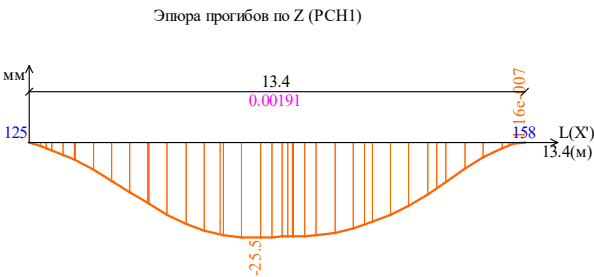


Рис. 10. Эпюра прогиба плиты перекрытия в месте над удаляемой колонной для линейного статического расчета
Fig. 10. Diagram of the floor slab deflection in the place above the removed column for linear static calculation

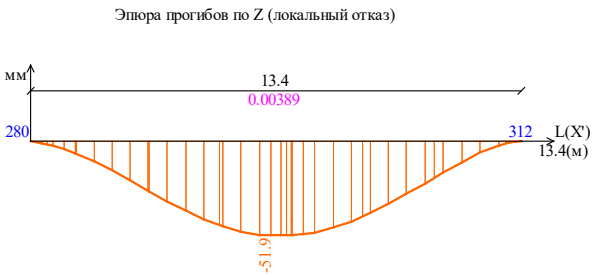


Рис. 11. Эпюра прогиба плиты перекрытия в месте над удаляемой колонной для линейного квазистатического расчета ($k_d = 2$)
Fig. 11. Diagram of floor slab deflection in the place above the removed column for linear quasi-static calculation ($k_d = 2$)

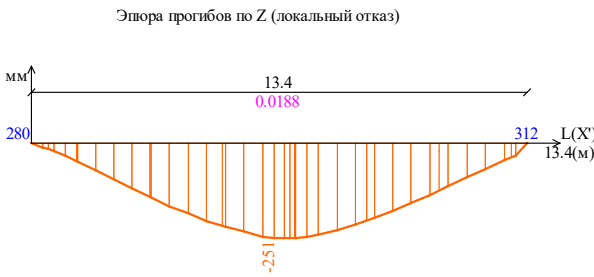


Рис. 12. Эпюра прогиба плиты перекрытия в месте над удаляемой колонной для нелинейного квазистатического расчета ($k_d = 1,18$)
Fig. 12. Diagram of floor slab deflection in the place above the removed column for nonlinear quasi-static calculation ($k_d = 1.18$)

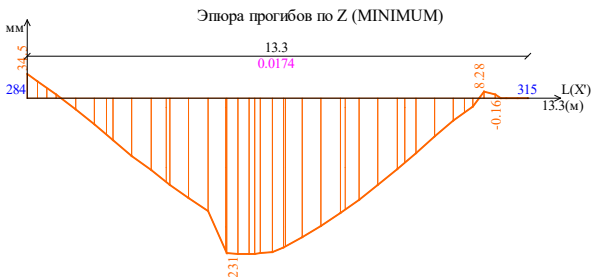


Рис. 13. Эпюра прогиба плиты перекрытия в месте над удаляемой колонной для нелинейного динамического расчета
Fig. 13. Diagram of the floor slab deflection in the place above the removed column for nonlinear dynamic calculation

Сводная таблица результатов
Summary Results Table

Метод расчета	Статический линейный	Квазистатич. линейный ($k_d = 2$)	Квазистатич. нелинейный ($k_d = 1,18$)	Динамический нелинейный
dZ, мм (максимальное перемещение узла над удаленной колонной)	-28,11	-55,05	-262,69	-234
N, тс	-32,17	811,63	151,11	17,3
M _y , тсм	9,47	18,54	10,41	14,2
M _z , тсм	121,95	255,97	101,24	103
Q _y , тс	60,98	130,04	52,17	49,3
Q _z , тс	-5,7	-10,85	-5,13	-7,04

Анализ полученных результатов продемонстрировал, что расчет в статической постановке показывает существенно более низкие значения усилий и перемещений по сравнению с квазистатическим и динамическими расчетами.

Кроме того, было установлено существенное расхождение между результатами линейного и нелинейного квазистатического расчета. В случае нелинейного расчета величина прогиба конструкций значительно превышает

ет данные, полученные в рамках линейного расчета.

Наибольшее соответствие с результатами нелинейного динамического расчета наблюдается у результатов, полученных в ходе нелинейного квазистатического расчета. Однако, как видно по эпюрам усилий, данный метод расчета не может отразить реальной работы несущих конструкций здания.

Выводы

1. Динамический расчет необходим для достижения более надежных и точных результатов. Однако из-за его значительной сложности и трудозатратности при расчетах на прогрессирующее обрушение представляется целесообразным использовать квазистатические расчеты с применением уточненных коэффициентов динамичности.

2. Значительным фактором, оказывающим влияние на точность расчетов железобетонных конструкций зданий на прогрессирующее обрушение, является учет нелинейности. Это позволяет получить более достоверную оценку напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, что, в свою очередь, способствует улучшению прогнозирования их устойчивости и безопасности.

3. В настоящее время вопрос о выборе метода расчета на устойчивость конструкций к прогрессирующему обрушению остается актуальным и требует дальнейшего исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веретенников Д.Б. Технологии планирования и строительства высотных комплексов в рамках концепции развития «вертикального города» // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 163–171. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22.
2. Генералов В.П., Генералова Е.М., Соколов И.И. Особенности размещения высотных зданий в структуре городов // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 2. С. 46–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.7.
3. Дробот Д.Ю. Возможные технологии расчета на прогрессирующее обрушение. М.: Издательские решения, 2020. 263 с.
4. Алмазов В.О., Кхой Као Зуй. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов: монография. М.: Издательство АСВ, 2013. 128 с.
5. Рекомендации по предотвращению прогрессирующих обрушений крупнопанельных зданий. М.: ГУП НИИЦ, 1999. 35 с.
6. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях. М.: ГУП НИИЦ, 2002. 20 с.
7. Рекомендации по защите зданий с несущими кирпичными стенами при чрезвычайных ситуациях. М.: ГУП НИИЦ, 2002. 14 с.

8. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М.: ГУП НИИЦ, 2005. 24 с.

9. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. М.: ГУП НИИЦ, 2006. 59 с.

10. Еремеев П.Г. Методы проектирования на прогрессирующее обрушение: гармонизация российских и международных нормативных документов // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 4. С. 23–28. doi: 10.33622/0869-7019.2022.04.23-28

11. Травуш В.И., Колчунов В.И., Леонтьев Е.В. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения в рамках законодательных и нормативных требований // Промышленное и гражданское строительство, 2019. № 2. С. 46–54. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.02.46-54.

12. Тихонов И. Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий: пособие по проектированию. М.: НИИЖБ, 2007. 170 с.

13. Кудишин Ю.И., Дробот Д.Ю. Живучесть конструкций в аварийных ситуациях // Металлические здания. Ч. 1. 2008. № 4(8). С. 20–22; Ч. 2. 2008. № 5(9). С. 21–33.

14. Кудишин Ю.И. Концептуальные проблемы живучести строительных конструкций // Вестник МГСУ. 2009. № 2(спец.). С. 28–36.

15. Корнев Б.Г., Рабинович И.М. Справочник по динамике сооружений. М.: Стройиздат, 1972. 511 с.

REFERENCES

1. Veretennikov D.B. Technologies of Planning and Construction of High-Rise Complexes within the Concept of Development of «Vertical City». *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 163–171. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22
2. Generalov V.P., Generalova E.M., Sokolov I.I. Features of placement of high-rise buildings in the structure of cities. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 46–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.7
3. Drobot D.Yu. *Vozmozhnyye tehnologii rascheta na progressirujushhee obrushenie* [Possible technologies for calculating progressive collapse]. Moscow, Publishing solutions, 2020. 263 p.
4. Almazov V.O., Khoi Kao Zui. *Dinamika progressirujushhego razrusheniya monolitnykh mnogoetazhnykh karkasov: monografiya* [Dynamics of progressive destruction of monolithic multi-story frames. Monograph]. Moscow, ASV Publishing House, 2013. 128 p.
5. *Rekomendacii po predotvrashheniju progressirujushhih obrushenij krupnopanel'nykh zdaniy* [Recommendations for preventing progressive collapse of large-panel buildings]. Moscow, GUP NIAC, 1999. 35 p.
6. *Rekomendacii po zashhite zhilykh karkasnykh zdaniy pri chrezvychajnykh situacijah* [Recommendations for protecting residential frame buildings in emergency situations]. Moscow, GUP NIAC, 2002. 20 p.

7. Rekomendacii po zashhite zdaniy s nesushhimi kirpichnymi stenami pri chrezvychajnyh situacijah [Recommendations for protecting buildings with load-bearing brick walls in emergency situations]. Moscow, GUP NIAC, 2002. 14 p.

8. Rekomendacii po zashhite monolitnyh zhilyh zdaniy ot progressivushhego obrusheniya [Recommendations for protecting monolithic residential buildings from progressive collapse]. Moscow, GUP NIAC, 2005. 24 p.

9. Rekomendacii po zashhite vysotnyh zdaniy ot progressivushhego obrusheniya [Recommendations for protecting high-rise buildings from progressive collapse]. Moscow, GUP NIAC, 2006.

10. Yeremeyev P.G. Design Methods for Progressive Collapse: Harmonization of Russian and International Regulatory Documents. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2022, no. 4, pp. 23–28. (in Russian) DOI: 10.33622/0869-7019.2022.04.23-28

11. Travush V.I., Kolchunov V.I., Leont'yev E.V. Protection of Buildings and Structures Against Progressive Collapse within the Framework of Legislative and Regulatory Requirements. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2019, no. 2, pp. 46–54. (in Russian) DOI: 10.33622/0869-7019.2019.02.46-54

12. Tikhonov I.N. *Armirovanie jelementov monolitnyh zhelezobetonnyh zdaniy: posobie po proektirovaniju* [Reinforcement of elements of monolithic reinforced concrete buildings: a design manual]. Moscow, Research Institute of Reinforced Concrete, 2007. 170 p.

13. Kudishin Yu.I., Drobot D.Yu. Survivability of structures in emergency situations. *Metallicheskie zdaniya* [Metal buildings], iss. 1, 2008, no. 4(8), pp. 20–22; iss. 2, 2008, no. 5(9), pp. 21–33. (in Russian)

14. Kudishin Yu.I. Conceptual problems of survivability of building structures. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2009, no. 2(special), pp. 28–36. (in Russian)

15. Korenev B.G. *Spravochnik po dinamike sooruzhenij* [Handbook of the dynamics of structures]. Moscow, Stroyizdat, 1972. 511 p.

Об авторах:

КОНДРАТЬЕВА Надежда Владимировна

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, руководитель Испытательного Центра «Самарастройиспытания»
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: samstroyisp@gmail.com

KONDRATYEVA Nadezhda V.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Building Structures Chair
Head of the Samarastrytest Testing Center
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: samstroyisp@gmail.com

АЛОНОВ Владимир Анатольевич

специалист строительного отдела
ООО «СахалинНИПИ нефти и газа»
443086, Россия, г. Самара ул. Ерошевского, 3
E-mail: alonov02@mail.ru

ALONOV Vladimir An.

Construction Specialist
LLC "SakhalinNIPi Oil and Gas"
443086, Russia, Samara, Eroshevsky st., 3
E-mail: alonov02@mail.ru

Для цитирования: Кондратьева Н.В., Алонов В.А. Методы расчета зданий повышенной этажности на прогрессирующее обрушение // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 10–20. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.02.

For citation: Kondratyeva N.V., Alonov V.A. Methods of calculating multi-storey buildings for progressive collapse. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 10–20. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.02.

Принята: 19.05.2025 г.

А. А. КОЯНКИН

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЙ КАРКАС, ЭФФЕКТИВНЫЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА

PREFABRICATED MONOLITHIC FRAME, EFFECTIVE FOR USE
IN COLD CONSTRUCTION CONDITIONS

Представлена конструктивная система сборно-монолитного каркаса, эффективно использующая конструктивные и технологические возможности данного вида домостроения, в основе которой заложено строительство здания поэтапно. На 1-м этапе происходит монтаж элементов сборной части каркаса. На 2-м этапе, с наступлением положительных температур окружающей среды, укладывается монолитный бетон на весь каркас одновременно или захватками. В рамках 1-го этапа смонтированная сборная часть каркаса самостоятельно воспринимает нагрузки, характерные стадии возведения (собственный вес сборных частей, вес дополнительно опираемых сборных элементов, вес бетона монолитирования). Пространственная жёсткость каркаса обеспечивается жёстким сопряжением колонн с фундаментом. Сборные части ригелей с колоннами сопрягаются шарнирно. В случае необходимости осуществляется устройство временных монтажных связей. На 2-м этапе, после набора монолитным бетоном требуемой прочности, каркас становится сборно-монолитным, обладает более высокой прочностью и жёсткостью и способен воспринимать остальные нагрузки стадии возведения (вес конструкций пола, перегородок, несущих стен и перегородок и т. д.) и нагрузки стадии эксплуатации. Шарнирное сопряжение ригеля с колонной становится жёстким, а временные связи, если устанавливались, демонтируются. Проведены и представлены экспериментальные исследования, особенностью которых являлся поэтапный монтаж и загрузка сборной и монолитной частей плоского каркаса. Исследования подтвердили конструктивную и технологическую эффективность предлагаемой конструктивной системы сборно-монолитного каркаса.

Ключевые слова: сборно-монолитные конструкции, генетическая нелинейность, поэтапность монтажа, поэтапность приложения нагрузки, сборный бетон, монолитный бетон, несущая способность, совместность деформирования

Введение

На территории РФ достаточно суровые условия строительства, что обусловлено кли-

A structural system of a prefabricated monolithic frame is presented, effectively using the constructive and technological capabilities of this type of housing construction, which is based on the construction of the building in stages. At the 1st stage, the elements of the prefabricated part of the frame are installed. At the 2nd stage, with the onset of positive ambient temperatures, monolithic concrete is laid on the entire frame simultaneously or in grippers. As part of the 1st stage, the assembled prefabricated part of the frame independently perceives the loads characteristic of the construction stage - the own weight of the prefabricated parts, the weight of the additionally supported prefabricated elements, as well as the weight of the homologation concrete. The spatial rigidity of the frame is ensured by the rigid coupling of the columns with the foundation. The prefabricated parts of the crossbars with the columns are connected pivotally. If necessary, temporary mounting links are installed. At the 2nd stage, after monolithic concrete sets the required strength, the frame becomes prefabricated, has higher strength and rigidity, and is able to withstand the remaining loads of the construction stage (the weight of floor structures, partitions, curtain walls and partitions, etc.) and the loads of the operation stage. The hinge joint of the bolt with the column becomes rigid, and temporary connections, if installed, are dismantled. Experimental studies have been conducted and presented, the feature of which was the phased installation and loading of prefabricated and monolithic parts of a flat frame. These studies have confirmed the constructive and technological effectiveness of the proposed structural system of a prefabricated monolithic frame.

Keywords: prefabricated and cast-in-situ structures, genetic nonlinearity, installation phasing, load application phasing, precast concrete, cast-in-situ concrete, bearing capacity, deformation compatibility

матом, который хоть и разнообразен, но преимущественно холодный (период со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже 5 °С и минимальной суточной темпера-

туре ниже 0°C длится полгода и более). Данное обстоятельство приводит к необходимости принятия специальных мер для обеспечения набора бетоном требуемой прочности [1–4]. При этом применение сборных конструкций не всегда рационально, так как возникает необходимость устройства сложных и высокоточных работ по устройству стыковых соединений, а пространственная жёсткость здания заведомо снижена из-за наличия большого количества стыковых соединений элементов и отсутствия связности между смежными плитами. Строительной системой, способной решить такие конструктивные и технологические слабости, является сборно-монолитный железобетонный каркас. Данный вид строительства становится всё более популярным в последнее время [5–7], а потенциальные возможности сборно-монолитных конструкций достаточно широкие:

- сокращение опалубочных, арматурных и бетонных работ, выполняемых на строительной площадке;

- уменьшение количества стыковых соединений;
- высокая пространственная жёсткость здания за счёт неразрывности диска перекрытия;
- относительно лёгкий и жёсткий диск перекрытия при применении сборных частей сложной геометрической формы;
- предварительно напряжённые сборные конструкции.

Материалы и методы

С целью повышения конструктивной и технологической эффективности применения железобетонных конструкций в холодных климатических условиях на основании обозначенного выше, а также исходя из опыта современного домостроения разработана конструктивная система сборно-монолитного каркаса, в основе которого предполагается возведение в два этапа (рис. 1).

На 1-м этапе происходит монтаж сборной части каркаса, которая в последующем самосто-

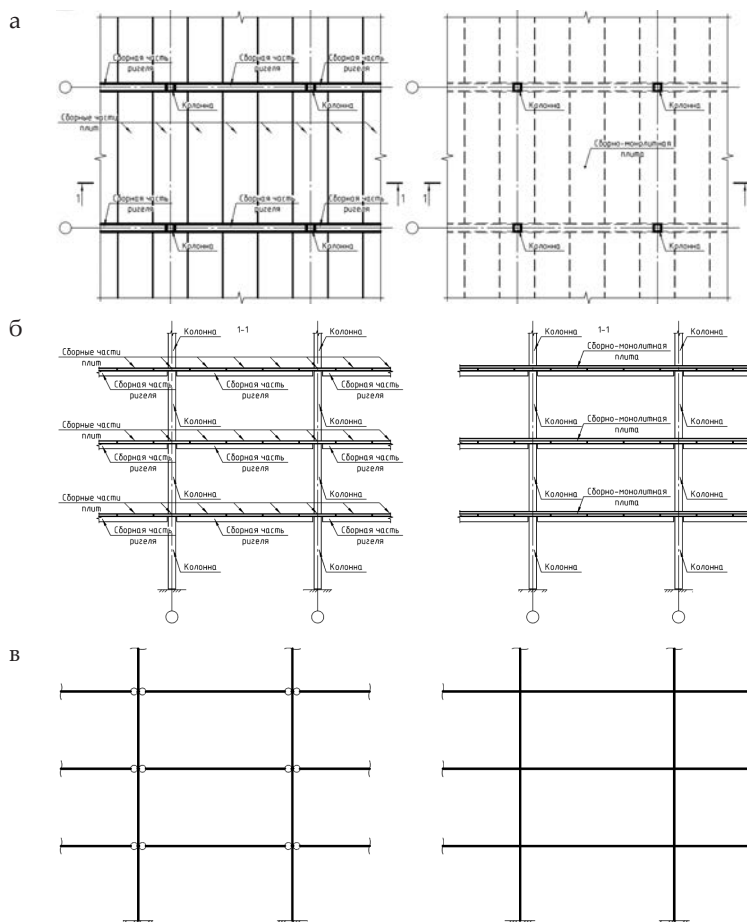


Рис. 1. Конструктивное решение поэтапно возводимого сборно-монолитного каркаса (план, разрез, расчётная схема, слева – 1-й этап, справа – 2-й этап): а – план; б – разрез; в – расчётная схема
Fig. 1. Constructive solution of a prefabricated monolithic frame being built in stages (plan, section, design scheme, 1st stage on the left, 2nd stage on the right): а – plan; б – section; в – design scheme

тельно воспринимает нагрузки, характерные стадии возведения (собственный вес сборных частей, вес опираемых сборных элементов, вес монолитного бетона). На 2-м этапе, в удобный временной период (с наступлением положительных температур), происходит омоноличивание всего каркаса, что приводит к его «превращению» в сборно-монолитный каркас. В итоге прочность и жёсткость каркаса увеличиваются и он способен воспринимать оставшиеся нагрузки, соответствующие стадии возведения (вес пола, перегородок, несущих стен, перегородок и т. д.), а также нагрузки стадии эксплуатации.

В дополнение возможны следующие конструктивные решения:

- применение лёгкого монолитного бетона, что снижает собственный вес конструкций перекрытия и общий вес здания, а также повышает тепло- и звукоизоляцию перекрытия;

- плиты-опалубки и сборные части ригелей рационального конструктивного поперечного сечения с предварительно напрягаемой арматурой обеспечивают высокую изгибную жёсткость и относительно небольшую массу диска перекрытия;

- отказ от цементно-песчаной стяжки (её функцию выполняет монолитный бетон), что позволяет снизить нагрузку и сократить расходы.

Проведены экспериментальные исследования плоских двухпролётных и двухэтажных рам P1 и P2, изготавливаемых и нагружаемых в два этапа (рис. 2). Цель – изучение особенностей формирования напряженно-деформированного состояния в процессе монтажа и нагружения сборно-монолитного каркаса. Сборные элементы выполнены из тяжёлого бетона кл. В25, а применяемый монолитный бетон – керамзитобетон кл. В15,5. На 1-м этапе происходило устройство сборной части рам – сборные колонны (70×70×1200 мм) и сборные части ригелей (70×70 × 1410 мм, в нижней зоне 3Ø3В500). На 2-м этапе, без снятия нагрузки 1-го этапа, устанавливалась верхняя продольная арматура в опорной зоне ригелей с укладкой монолитного бетона на высоту 40 мм.

Сопряжения элементов:

- колонн с основанием – жёсткое на 1-м и 2-м этапах;

- ригеля с колоннами – шарнирное на 1-м этапе, жёсткое на 2-м этапе.

Загружение конструкции происходило следующим образом. На 1-м этапе нагрузка моделирует монтажную нагрузку – $P = 0,55$ кН. На 2-м этапе нагрузка моделирует дополнительную монтажную нагрузку и эксплуатационную нагрузку – $P = 1,65$ кН (нижний ярус), $P = 2,2$ кН и $P = 1,925$ кН (верхний ярус правый и левый пролёты соответственно).

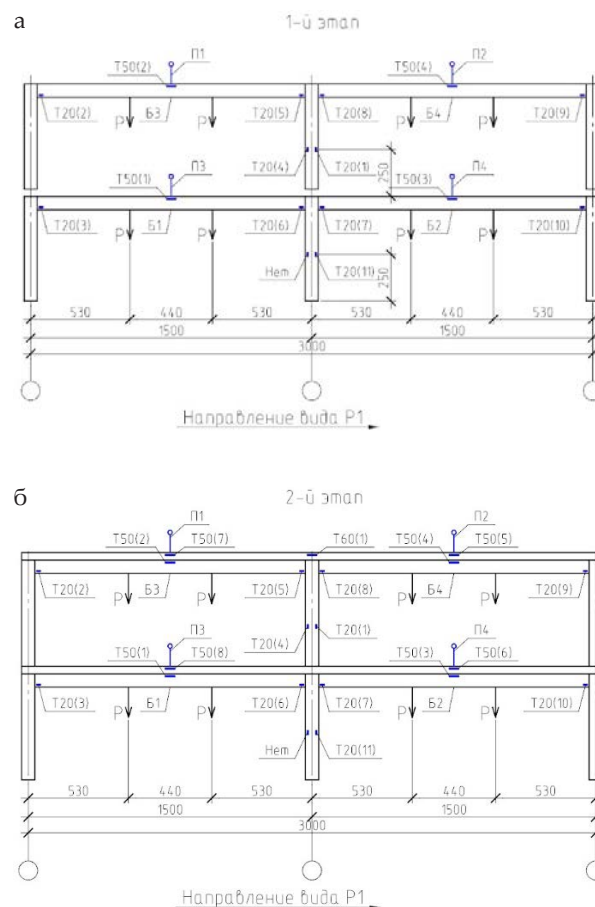


Рис. 2. Экспериментальная рама:
а – конструктивная схема на 1-м этапе;
б – конструктивная схема на 2-м этапе; в – фото
Fig. 2. Experimental frame:
a – constructive scheme at the 1st stage;
b – constructive scheme at the 2nd stage; c – photo

Результаты

В результате проведённых экспериментальных исследований:

- отсутствовал взаимный сдвиг монолитной и сборной частей, что указывает на возможность обеспечения совместного деформирования разновозрастных бетонов за счёт поперечной арматуры и сил трения и адгезии по поверхности сопряжения. Аналогичные результаты были получены ранее при проведе-

нии экспериментальных исследований сопряжения бетонов разного возраста и видов [7];

- после набора монолитным бетоном требуемой прочности (2-й этап) интенсивность роста прогибов и деформаций замедляется (в сравнении с 1-м этапом), что указывает на повышение жёсткости и несущей способности элементов и каркаса в целом после вовлечения в процесс деформирования монолитного бетона;

- образование первых трещин в ригелях рам происходило в рамках 1-го этапа загрузки. На 1-м этапе с шагом 70–100 мм образовывались волосяные трещины в середине пролёта сборных частей балок (рис. 3, а). Они распространялись на высоту 20–30 мм при ширине раскрытия не более 0,05 мм;

- исчерпания несущей способности ни в одном элементе рам не произошло, что указывает на достаточную несущую способность сборно-монолитного каркаса как на этапе монтажа, так и на этапе эксплуатации;

- на 2-м этапе увеличивается прогиб непосредственно загружаемых балок, в то время как в смежном пролёте в балках происходит выгиб. Этот факт указывает на неразрывность сборно-монолитной балки за счёт армированного монолитного бетона. На это указывает и полученный характер прироста прогибов. В первоначально загружаемых балках Б2 и Б4 прогибы 4,40 и 3,89 мм, однако после загрузки смежных балок прогибы уменьшились до 4,14 и 3,73 мм соответственно;

- трещины сборной части, образовавшиеся на 1-м этапе, в процессе загрузки на 2-м этапе получили большее раскрытие без существенного увеличения высоты и не достигая монолитного бетона. Над средней опорой в монолитном бетоне трещины образовывались при $P = 1,93$ кН и более (рис. 3, б) и по окончании 2-го этапа загрузки некоторые трещины полностью пересекли монолитный бетон, не проникая в сборную часть;

- в колоннах, балках на крайних опорах, а также в горизонтальном направлении, включая контактный шов, трещин не возникло.

Дополнительно проведены экспериментальные исследования сборно-монолитной балки. Особенностью исследований являлось то, что монтаж и вовлечение в восприятие нагрузки сборной части и бетона омоноличивания [9] происходили этапами. Исследования показали увеличение несущей способности, трещиностойкости, а также снижение итоговых прогибов в случае этапности монтажа и загрузки. Кроме того, были проведены численные исследования [10]. В ходе расчётов в программном комплексе монтаж и загрузка плоской рамы этапами также привели к существенной разни-

а



б

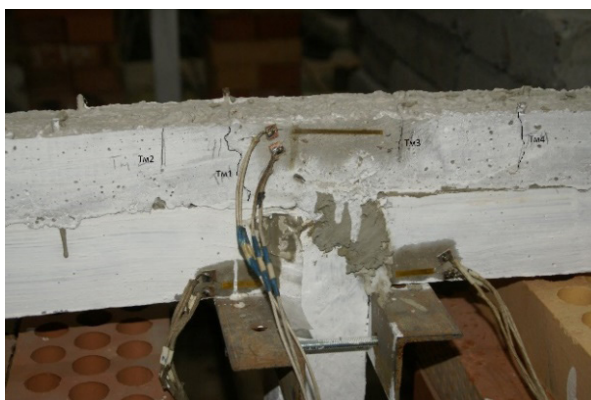


Рис. 3. Трещинообразование:

а – 1-й этап; б – 2-й этап

Fig. 3. Cracking: a – 1st stage; b – 2nd stage

це напряженно-деформированного состояния конструкций рамы при поэтапном вовлечении в процесс восприятия нагрузки сборной и монолитного бетонов.

В результате проведённых экспериментальных и численных исследований получено необходимое количество данных, позволяющих утверждать, что предлагаемое конструктивное решение сборно-монолитного каркаса с поэтапным возведением и загрузением обладает достаточной прочностью и жёсткостью для восприятия нагрузок стадий поэтапного монтажа и загрузки, а также эксплуатации.

Заключение

Предложенное конструктивное решение сборно-монолитного каркаса является достаточно эффективным для применения в холодных условиях строительства, так как работы по устройству монолитного бетона выполняются в короткий срок в тёплый период времени. Одновременно данная конструктивная система является достаточно жёсткой из-за жёсткости узлов сопряжения горизонтальных и верти-

кальных несущих элементов, а также неразрывности диска перекрытия, обладает более высокими показателями по тепло- и звукоизоляции перекрытия и покрытия, имеет меньшую массу в сравнении со зданиями из сборного и монолитного железобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каинов Е.А. Анализ и оценка потребительских свойств объектов со сборно-монолитным каркасом с использованием метода экспертных оценок // Вестник современных исследований. 2019. № 18 (28). С. 83–88.
2. Зотеева Е.Э., Фомин Н.И. Новые технологические и конструктивные решения по устройству монолитных и сборно-монолитных перекрытий гражданских зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 336–341.
3. Мордич А.И., Белевич В.Н., Симбиркин В.Н., Навой Д.И. Опыт практического применения и основные результаты натурных испытаний сборно-монолитного каркаса Бел-НИИС // Бюллетень строительной техники. 2004. № 8. С. 8–12.
4. Левиков А.В. Особенности применения часторебристых сборно-монолитных перекрытий в современном домостроении // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2022. № 3(15). С. 26–32. DOI: 10.46573/2658-7459-2022-3-26-32.
5. Рязанова Г.Н., Попова Д.М. Анализ существующих методов возведения конструкций из монолитного бетона и железобетона в зимних условиях // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 1. С. 16–23. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.3.
6. Шембаков В.А. Возможности инновационной промышленной технологии сборно-монолитного каркаса ГК «Рекон-СМК» // Жилищное строительство. 2023. № 3. С. 32–38. DOI: 10.31659/0044-4472-2023-3-32-38.
7. Фёдорова Н.В., Московцева В.С., Ветрова О.А., Григорьева М.И. Сборно-монолитный железобетонный каркас нового поколения для жилых и гражданских зданий повышенной живучести // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 6(1066). С. 24–26.
8. Koyankin A.A., Mitsov V.M., Tskhay T.A. Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming. Magazine of Civil Engineering. 2018. N. 8(84). P. 162–172.
9. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element. Magazine of Civil Engineering. 2020. N. 97(5).
10. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place buildings. Magazine of Civil Engineering. 2017. N. 6. P. 175–184.

REFERENCES

1. Kainov E.A. Analysis and evaluation of consumer properties of objects with a prefabricated monolithic frame using the method of expert assessments. *Vestnik sovremennykh issledovaniy* [Bulletin of Modern Studies], 2019, no. 18(28), pp. 83–88. (in Russian)
2. Zoteeva E.E., Fomin N.I. New technological and constructive solutions for the construction of monolithic and prefabricated monolithic floors of civil buildings. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* [Modern technologies in construction. Theory and practice], 2018, vol. 2, pp. 336–341. (in Russian)
3. Mordich A.I., Belevich V.N., Simbirkin V.N., Navoi D.I. Experience of practical application and the main results of field tests of a prefabricated monolithic frame of Bel-NIIS. *Byulleten' stroitel'noj tekhniki* [Construction machinery bulletin], 2004, no. 8, pp. 8–12. (in Russian)
4. Levikov A.V. Features of the use of ribbed prefabricated monolithic floors in modern housing construction. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Stroitel'stvo. Elektrotekhnika i himicheskie tekhnologii»* [Bulletin of the Tver State Technical University. The series "Construction. Electrical engineering and chemical technologies"], 2022, no. 3(15), pp. 26–32. (in Russian) DOI: 10.46573/2658-7459-2022-3-26-32
5. Ryazanova G.N., Popova D.M. Analysis of existing methods of construction from monolithic concrete and reinforced concrete in winter conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 16–23. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.3
6. Shembakov V.A. Possibilities of innovative industrial technology of prefabricated monolithic frame of GC "Recon-SMK". *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2023, no. 3, pp. 32–38. (in Russian) DOI: 10.31659/0044-4472-2023-3-32-38
7. Fyodorova N.V., Moskovceva V.S., Vetrova O.A., Grigor'eva M.I. Prefabricated monolithic reinforced concrete frame of a new generation for residential and civil buildings of increased survivability. *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki* [BST: Bulletin of construction equipment], 2023, no. 6(1066), pp. 24–26. (in Russian)
8. Koyankin A.A., Mitsov V.M., Tskhay T.A. Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. N. 8(84). P. 162–172.
9. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. N. 97(5).
10. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place buildings. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. N. 6. P. 175–184.

Об авторе:

КОЯНКИН Александр Александрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры строительных конструкций
и управляемых систем
Сибирский федеральный университет
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
E-mail: KoyankinAA@mail.ru

KOYANKIN Aleksandr Al.

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the
Building Structures
and Controlled Systems Chair Siberian Federal University
660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny av., 79
E-mail: KoyankinAA@mail.ru

Для цитирования: Коянкин А.А. Сборно-монолитный каркас, эффективный для применения в холодных условиях строительства // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 21–26. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.03.

For citation: Koyankin A.A. Prefabricated monolithic frame, effective for use in cold construction conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 21–26. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.03.

Принята: 10.10.2025 г.

Р. А. МАНГУШЕВ
А. В. МАЛЬЦЕВ
К. А. МАЛЬЦЕВА

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ВЫБОРА НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО ВАРИАНТА ИНЪЕКЦИОННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

DEVELOPMENT OF A STRATEGY FOR SELECTING THE MOST EFFECTIVE METHOD OF INJECTION GROUTING FOR WATER-SATURATED SOILS OF HISTORICAL BUILDING FOUNDATIONS IN SAINT PETERSBURG

Исследование посвящено разработке стратегии выбора наиболее эффективного метода инъекционно-го закрепления водонасыщенных грунтов оснований исторических объектов Санкт-Петербурга. Рассмотрены инженерно-геологические условия города, характеризующиеся слабыми водонасыщенными грунтами (пески, суглинки, глины) и деградацией деревянных элементов конструкций фундаментов из-за гниения. Объектом исследования являются прочностные и деформационные характеристики грунтов, укрепленных микроцементными, органо-силикатными и акрилатными растворами, а также эффективность консервации деревянных лежней. Разработана предварительная методика, включающая лабораторные и полевые эксперименты с варьированием типа раствора, его концентрации и процентного содержания в грунте (10, 20, 25, 50 %). Методика опирается на действующие нормативные документы, позволяя оценить угол внутреннего трения (φ), силу сцепления (c), модуль деформации (E) и коэффициент фильтрации (K_f). Результаты исследования направлены на создание нормативной базы (СТО) для укрепления грунтов и сохранения объектов культурного наследия.

Ключевые слова: водонасыщенные грунты, инъектирование грунтов, микроцементные растворы, органо-силикатные составы, акрилатные растворы, прочностные характеристики, деформационные характеристики, консервация древесины

Study focused on developing a strategy for selecting the most effective method of injection grouting to stabilize water-saturated soils forming the foundations of historical buildings in Saint Petersburg. The engineering-geological conditions of the city, characterized by weak water-saturated soils (sands, loams, clays) and the degradation of wooden foundations due to decay, are analyzed. The research targets the strength and deformation properties of soils reinforced with microcement, organo-silicate, and acrylate grouts, as well as the effectiveness of preserving wooden foundation elements (timber beds). A preliminary methodology has been developed, incorporating laboratory and field experiments with variations in grout type, concentration, and proportion in the soil (10, 20, 25, 50 %). The methodology is based on is based on current regulatory documents, enabling the evaluation of the angle of internal friction (φ), cohesion (c), modulus of deformation (E), and filtration coefficient (K_f). The research outcomes aim to establish a regulatory framework (STO) for soil stabilization and the preservation of cultural heritage sites.

Keywords: water-saturated soils, soil injection, microcement grouts, organo-silicate compounds, acrylate grouts, strength properties, deformation properties, wood preservation

Введение

Санкт-Петербург, являясь культурным центром мирового значения, обладает уникальным архитектурным достоянием, включающим более 8000 объектов культурного наследия, из которых более 4000 имеют федеральное значение [1]. Исторический центр города, включенный в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО в 1990 году, представляет собой сложный

комплекс зданий и сооружений, построенных на слабых водонасыщенных грунтах [2]. Эти грунты, представленные преимущественно глинистыми и песчаными отложениями четвертичного возраста, характеризуются низкой несущей способностью и склонностью к тиксотропным изменениям при природных и техногенных воздействиях [3, 4]. Одной из проблем в таких грунтовых условиях являются неравномерные осадки оснований и деформации исторических

зданий, вызванные гниением деревянных элементов фундаментов, таких как лежни и сваи, которые традиционно использовались для распределения нагрузки на слабые грунты [5, 6]. Понижение уровня грунтовых вод в результате антропогенной деятельности техногенного характера привело к ускоренному разрушению этих элементов, что создает угрозу для сохранности исторических объектов [7]. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных методов укрепления грунтов оснований и, в том числе, консервации деревянных конструкций с использованием инъекционных технологий [8]. Эти технологии позволяют улучшить прочностные и деформационные характеристики грунтов путем инъекции в основание фундаментов специальных растворов, таких как микроцементы, органо-силикатные и акрилатные составы. Однако выбор наиболее эффективных растворов и технологий их применения требует всесторонних исследований и тщательного анализа инженерно-геологических условий, свойств растворов и их взаимодействия с различными типами грунтов.

Целью статьи является обоснование наиболее эффективных способов закрепления водонасыщенных песчаных и пылевато-глинистых грунтов оснований исторических объектов Санкт-Петербурга инъекционными растворами. Для достижения этой цели поставлены задачи, включающие оценку инженерно-геологических условий, анализ современных инъекционных растворов и технологий, разработку методики экспериментальных исследований и выбор оптимальных решений для различных типов грунтов.

1. Оценка инженерно-геологических условий как фактора риска для зданий

Санкт-Петербург расположен в зоне сложных грунтовых условий, обусловленных геологическим строением региона. Основания исторических объектов города представлены преимущественно водонасыщенными грунтами четвертичного возраста, включающими пески, суглинки и глины. Эти грунты характеризуются высокой обводненностью, низкой несущей способностью и значительной сжимаемостью. Исторически для строительства фундаментов использовались деревянные сваи и лежни, которые в условиях постоянного контакта с водой и воздухом подвержены биологическому разрушению (гниению). Понижение уровня грунтовых вод, вызванное техногенными факторами, такими как дренажные работы и освоение подземного городского пространства по причине урбанизации, приводит к окислению древесины и ускорению деграда-

ции фундаментов. Таким образом, укрепление грунтов и консервация деревянных элементов могут стать позитивным решением для сохранения зданий исторической застройки.

2. Методы инъекционного закрепления

Инъекционное закрепление грунтов представляет собой процесс введения в грунтовую среду специальных растворов, которые, затвердевая, повышают прочностные и деформационные характеристики массива [9]. Основные механизмы действия включают заполнение пор, связывание частиц грунта и создание прочной структуры. Эффективность метода зависит от типа грунта (его пористости, гранулометрического состава и т. п.), свойств инъекционного раствора (вязкости, времени схватывания) и технологии введения в грунт (давления, способа подачи).

Методы инъекционного закрепления классифицируются по типу растворов и способу их введения.

По типу растворов: цементация (на основе цемента, включая микроцементы), силикатизация (органо-силикатные составы), смолизация (акрилатные и полимерные растворы).

По способу введения: пропитка (низкое давление), струйная цементация (высокое давление с разрушением структуры грунта), гидро-разрывы (создание трещин для проникновения раствора), манжетная технология (локальная подача через специальные устройства).

Каждый из методов имеет свои преимущества и ограничения, которые необходимо учитывать при выборе стратегии закрепления для конкретных условий.

Современная геотехническая практика предлагает широкий спектр растворов для инъекционного закрепления грунтов. В настоящей статье рассматриваются три типа растворов, получивших практическое использование:

Микроцементные растворы – основаны на мелкодисперсном цементе с размером частиц менее 15 мкм. Благодаря высокой проникающей способности они эффективны для песчаных и пылеватых грунтов. Обеспечивают высокую прочность и устойчивость к вымыванию.

Органо-силикатные составы – представляют собой комбинацию силикатов натрия или калия с органическими добавками. Применяются для укрепления глинистых грунтов и обладают способностью к химическому взаимодействию с грунтовой средой, снижая водопроницаемость.

Акрилатные растворы – это полимерные гели с низкой вязкостью, которые подходят для мелкопористых грунтов. Отличаются быстрым схватыванием и эластичностью, что делает их

перспективными для консервации деревянных элементов за счет создания защитного слоя.

Выбор раствора определяется его проницаемостью в грунт, а также задачами укрепления (увеличение прочности, снижение деформаций, гидроизоляция).

При этом основными требованиями, предъявляемыми к инъекционным растворам, являются:

- *прочность и долговечность* – способность раствора обеспечивать долговременную устойчивость грунтов;
- *вязкость и текучесть* – оптимальные реологические свойства для проникновения в поры грунта;
- *время схватывания* – контроль скорости твердения раствора в зависимости от условий эксплуатации;
- *адгезия с грунтом* – обеспечение прочного сцепления раствора с частицами грунта;
- *устойчивость к усадке* – минимизация деформаций при твердении;
- *экологичность* – безопасность для окружающей среды;

▪ *химическая совместимость с грунтом* – отсутствие негативного взаимодействия с грунтовыми водами и минералами;

▪ *температурная устойчивость* – сохранение свойств при изменении температурных условий;

▪ *экономичность* – оптимальное соотношение стоимости и эффективности;

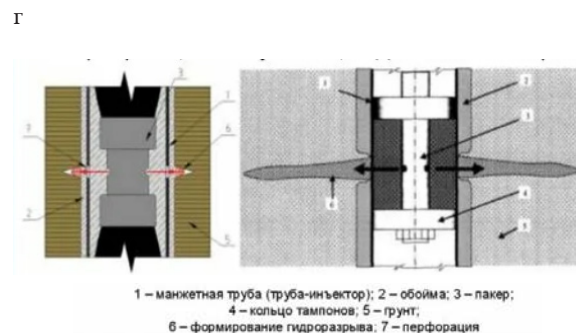
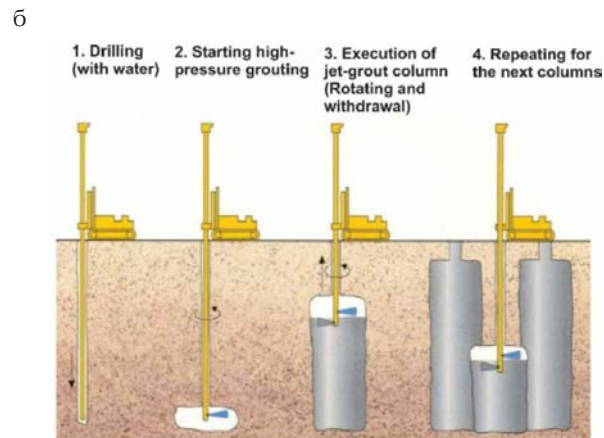
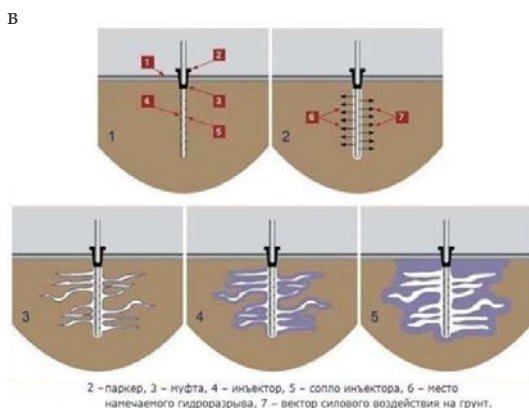
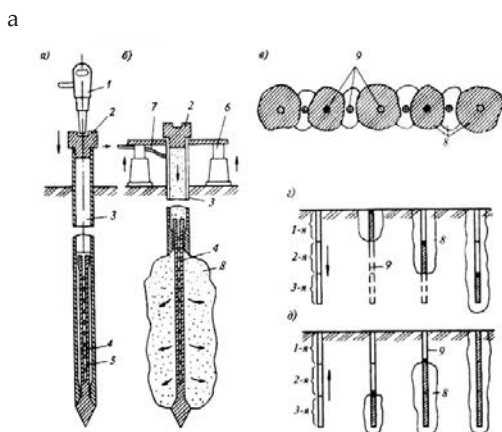
▪ *технологичность* – удобство применения в различных условиях [10].

Для реализации инъекционных методов применяются различные технологии (рис. 1).

Режим пропитки: раствор вводится под низким давлением, заполняя поры грунта без нарушения его структуры (рис. 1, а). Подходит для песчаных легко проницаемых грунтов.

Струйная цементация: высоконапорная струя раствора разрушает грунт, замещая его цементно-грунтовой смесью (рис. 1, б). Эффективна для создания укрепленных зон в неоднородных грунтах.

Гидроразрывы: раствор подается под давлением, вызывающим контролируемое растрескивание грунта, что улучшает проникновение в глинистые слои (рис. 1, в).



1 – манжетная труба (труба-инъектор); 2 – обойма; 3 – пакер;
4 – кольцо тампонов; 5 – грунт;
6 – формирование гидроразрыва; 7 – перфорация

Рис. 1. Технологии инъекционного закрепления грунтов:

а – режим пропитки; б – струйная цементация; в – гидроразрывы; г – манжетная технология

Fig. 1. Technologies of injection soil stabilization:

a – impregnation mode; b – jet cementation; c – hydraulic fracturing; d – cuff technology

Манжетная технология: используются инъекционные трубы с манжетами для точечного введения раствора, минимизируя его расход (рис. 1, г).

Каждая технология требует адаптации к конкретным гидрогеологическим условиям и типу грунта, что подчеркивает необходимость дополнительного экспериментального обоснования [11].

Деревянные лежни и сваи, традиционно используемые в Санкт-Петербурге, подвержены гниению в условиях изменения уровня грунтовых вод [12]. Инъекционные растворы могут не только укреплять грунт, но и выполнять консервирующую функцию, проникая в древесину и предотвращая доступ кислорода и влаги. Теоретически, акрилатные растворы и органо-силикатные составы обладают наибольшим потенциалом для этой задачи благодаря их гидрофобным свойствам и способности к глубокому проникновению.

Основа таких исследований базируется на комплексном анализе взаимодействия грунтов и растворов, а также на особенностях применяемых инъекционных технологий. Для выбора оптимального варианта следует учитывать:

- инженерно-геологические условия (тип грунта, водонасыщенность, пористость);
- физико-химические свойства растворов (вязкость, время схватывания, адгезия к грунту и древесине);
- технологические параметры (давление, глубина инъекций, объем раствора).

Экспериментальные исследования в лабораторных и полевых условиях позволяют оценить эффективность каждого раствора и метода, а также разработать рекомендации для практического применения.

3. Разработка методики эффективного способа инъекционного закрепления

Для достижения цели исследования – научного обоснования выбора наиболее эффективного способа инъекционного закрепления водонасыщенных грунтов разработана предварительная методика, которая включает этапы теоретического анализа, лабораторных и полевых экспериментов.

Эта методика может корректироваться в процессе проведения исследований и по мере получения промежуточных результатов с учетом оценки инженерно-геологических условий, анализа свойств растворов и выбора технологий.

При разработке методики было принято решение руководствоваться следующими принципами:

- исследование должно базироваться на сравнении характеристик грунтовых свойств

до и после инъекционного закрепления, в первую очередь прочностных, деформационных и фильтрационных;

- основными параметрами для оценки закрепленных грунтов является угол внутреннего трения (φ), сила удельного сцепления (c), модуль деформации (E) и коэффициент фильтрации (K_f);

- при создании моделей закрепленных грунтов в лабораторных условиях в качестве варьируемых параметров приняты: тип грунта, тип раствора, его концентрация и процентное соотношение раствора в грунте (например 10, 20, 25, 50 %);

- методика проведения лабораторных и полевых испытаний грунтов должна быть разработана на основе действующих нормативных документов, таких как ГОСТ, СП и СТО, с целью обеспечения достоверности и соответствия установленным стандартам;

- результаты исследований станут обоснованием для выбора оптимального способа закрепления оснований грунтов оснований исторических объектов Санкт-Петербурга.

1. Подготовительный этап

На первом этапе проводится сбор и систематизация данных об инженерно-геологических и гидрогеологических условиях территории Санкт-Петербурга и прилегающих районов Ленинградской области. Основное внимание уделяется характеристикам водонасыщенных грунтов (песков, суглинков, глин), включая их гранулометрический состав, пористость, водопроницаемость и несущую способность. Для этого используются архивные данные геологических изысканий, а также результаты современных обследований оснований исторических зданий. Дополнительно анализируется состояние деревянных лежней фундаментов с учетом степени их биологического разрушения и остаточной прочности.

2. Выбор объектов исследования

Объектами исследования выбраны наиболее характерные для Санкт-Петербурга типы грунтов. Для оценки консервации деревянных элементов используются образцы лежней, извлеченные из исторических фундаментов, с различной степенью гниения. Выбор обусловлен необходимостью охвата разнообразных условий, встречающихся в историческом центре города [13].

3. Подготовка инъекционных растворов и обводнения

Для экспериментов отобрано три типа инъекционных растворов: микроцементные,

органо-силикатные и акрилатные, производимые отечественными предприятиями. Растворы готовятся в соответствии с техническими рекомендациями производителей с учетом их вязкости, времени схватывания и совместимости с грунтами.

Для проведения инъекций разработаны лабораторные установки, включающие насосы с регулируемым давлением (от 0,1 до 5,0 МПа) и инъекционные трубки с манжетами для локального введения растворов. В полевых условиях применяются мобильные буровые установки и оборудование для струйной цементации.

4. Лабораторные исследования

Предложенная методика лабораторных исследований направлена на сравнение свойств грунтов в естественном состоянии и после обработки инъекционными растворами.

Подготовка образцов грунта

Образцы грунта следует отбирать в соответствии с ГОСТ 12071-2014 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов с сохранением естественной структуры и влажности». В лаборатории из них должны быть подготовлены цилиндрические образцы диаметром 50 мм и высотой 25 мм ГОСТ 12248-2016 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости» для проведения испытаний по определению прочности и деформируемости.

Эксперименты по выявлению прочностных и деформационных характеристик образцов закрепленного грунта планируется проводить в прямоугольном лотке из оргстекла вместимостью 500 см³, где и будет происходить процесс нагнетания инъекционного раствора.

Определение прочностных характеристик образцов грунта

Для определения угла внутреннего трения (φ) и силы удельного сцепления (c) применяются прямые сдвиговые испытания или триаксиальные тесты. Используются стандарты, такие как ГОСТ 12248-2016, для сдвиговых испытаний и для триаксиальных тестов. Образцы тестируются в насыщенном или оптимально увлажненном состоянии для точности.

Определение деформационных характеристик образцов грунта

Модуль деформации (E) определяется с помощью одометрических испытаний (тесты на консолидацию), следуя ГОСТ 12248-2016.

Также триаксиальные тесты позволяют вычислить модуль Юнга по кривым напряжение-деформация.

Определение фильтрационных характеристик образцов грунта

Коэффициент фильтрации (K_f) измеряется с помощью тестов постоянного или переменного напора. Обработанные образцы должны достичь полного затвердевания перед испытаниями для оценки изменений их проницаемости.

5. Полевые эксперименты

Полевые испытания должны проводиться на специально выбранных участках с типичными грунтовыми условиями Санкт-Петербурга, предпочтительно – в исторических районах. Методика проведения экспериментов на реальных площадках предполагает следующие этапы: полноценное инъекционное закрепление грунтов основания, мониторинг для оценки изменения свойств грунта на протяжении одного-трех месяцев и отбор проб закрепленных зон для лабораторного анализа прочности и водопроницаемости [14].

Выводы

1. Разработана предварительная методика исследования инъекционного закрепления водонасыщенных грунтов с использованием различных типов растворов в лабораторных и полевых условиях.

2. Методика предусматривает варьирование такими параметрами, как тип раствора, его концентрация и процентное содержание в грунте, что позволяет оценить их влияние на прочностные, деформационные и фильтрационные характеристики грунтов, а также выявить качественные и количественные зависимости.

3. Результаты исследования позволяют обоснованно выбрать наиболее эффективный способ укрепления водонасыщенных грунтов оснований исторических объектов Санкт-Петербурга и консервации деревянных лежней с использованием инъекционных растворов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матвеев А.В. Культурное наследие Санкт-Петербурга: проблемы сохранения и реставрации // Вестник СПбГУ. Искусствознание. 2018. № 3. С. 45–52.
2. UNESCO World Heritage Centre. Historic Centre of Saint Petersburg and Related Groups of Monuments. 1990 [Электронный ресурс]. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/540> (дата обращения: 02.02.2025).

3. Дашко Р.Э. Геотехнические особенности грунтов Санкт-Петербурга и их влияние на строительство // Геоэкология. 2015. № 4. С. 310–320.

4. Мангушев Р.А., Осокин А.И., Сотников С.Н. Геотехника Санкт-Петербурга: опыт строительства на слабых грунтах: монография / под ред. Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2018. 374 с.

5. Смирнов В.А. Дegradaция деревянных фундаментов в условиях водонасыщенных грунтов // Строительство и архитектура. 2019. № 2. С. 78–85.

6. Балабанов М.С., Бутенко С.А., Леоненко А.С. Изменение прочности древесины и деревянных конструкций во времени // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.

7. Иванов П.С. Антропогенные изменения гидрогеологических условий Санкт-Петербурга // Инженерная геология. 2020. № 1. С. 15–23.

8. Лебедев С.В. Инъекционные методы укрепления грунтов: обзор современных технологий // Гео-техника. 2017. № 3. С. 22–30.

9. Terzaghi K., Peck R.B. Soil Mechanics in Engineering Practice. 3rd ed. New York: Wiley, 1996. 592 p.

10. Bell F.G. Engineering Properties of Soils and Rocks. 4th ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 482 p.

11. Warner J. Practical Handbook of Grouting: Soil, Rock, and Structures. New York: Wiley, 2004. 720 p.

12. Мангушев Р.А., Осокин А.И., Усманов Р.А. Устройство и реконструкция оснований и фундаментов на слабых и структурно-неустойчивых грунтах: монография. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 460 с.

13. Мангушев Р.А. Геотехнологии, применяемые для усиления оснований и фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге // Стройплощадка. 2011. № 4(90) [Электронный ресурс]. URL: <https://stroyprofile.com/archive/4608> (дата обращения: 11.02.2025).

14. Мальцев А.В., Карпенко Ж.Г., Карпов А.А. Геотехническая оценка строительства зданий в сложных инженерно-геологических условиях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2024. С. 237–251.

REFERENCES

1. Matveev A.V. Cultural heritage of St. Petersburg: problems of preservation and restoration. *Vestnik SPb-GU. Iskuststvovedenie* [Bulletin of St. Petersburg State University. Art criticism], 2018, no. 3, pp. 45–52. (in Russian)

2. UNESCO World Heritage Centre. *Historic Centre of Saint Petersburg and Related Groups of Monuments*. 1990. Available at: <https://whc.unesco.org/en/list/540> (accessed 02 February 2025).

3. Dashko R.E. Geotechnical features of soils of St. Petersburg and their impact on construction. *Geojekologija* [Geoeology], 2015, no. 4, pp. 310–320. (in Russian)

4. Mangushev R.A., Osokin A.I., Sotnikov S.N. *Geotekhnika Sankt-Peterburga: opyt stroitel'stva na slabyyh gruntah: monografiya / pod red. R.A. Mangusheva* [Geotechnics of St. Petersburg: construction experience on weak soils: monograph/ed. R.A. Mangusheva]. Moscow, Publishing House ACV, 2018. 374 p.

5. Smirnov V.A. Degradation of wooden foundations in water-saturated soil conditions. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and Architecture], 2019, no. 2, pp. 78–85. (in Russian)

6. Balabanov M.S., Butenko S.A., Leonenko A.S. Changes in the Strength of Wood and Wooden Structures in Time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1

7. Ivanov P.S. Anthropogenic changes in hydrogeological conditions of St. Petersburg. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology], 2020, no. 1, pp. 15–23. (in Russian)

8. Lebedev S.V. Injection methods of soil strengthening: review of modern technologies. *Geotekhnika* [Geotechnics], 2017, no. 3, pp. 22–30. (in Russian)

9. Terzaghi K., Peck R.B. Soil Mechanics in Engineering Practice. 3rd ed. New York: Wiley, 1996. 592 p.

10. Bell F.G. Engineering Properties of Soils and Rocks. 4th ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 482 p.

11. Warner J. Practical Handbook of Grouting: Soil, Rock, and Structures. New York: Wiley, 2004. 720 p.

12. Mangushev R.A., Osokin A.I., Usmanov R.A. *Ustrojstvo i rekonstrukcija osnovanij i fundamentov na slabyyh i strukturno-neustojchivyyh gruntah: monografiya. 2-e izd., ster.* [Construction and reconstruction of bases and foundations on weak and structurally unstable soils: monograph. 2nd ed., erased]. St. Petersburg: Lan, 2021. 460 p.

13. Mangushev R.A. *Geotechnologies used to strengthen the bases and foundations of buildings and structures in St. Petersburg. Construction site*. 2011. N. 4(90). Available at: <https://stroyprofile.com/archive/4608> (accessed 11 February 2025).

14. Maltsev A.V., Karpenko Zh.G., Karpov A.A. Geotechnical assessment of building construction in difficult geotechnical conditions. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tehnologii: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction and construction technologies: collection of articles]. Samara, SamSTU, 2024, pp. 237–251. (In Russian).

Об авторах:

МАНГУШЕВ Рашид Абдулович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры геотехники, член-корр. РААСН
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4
E-mail: ramangushev@yandex.ru

МАЛЫЦЕВ Андрей Валентинович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
строительной механики,
инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: geologof@yandex.ru

МАЛЫЦЕВА Ксения Андреевна

аспирант строительного факультета
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4
E-mail: ksenia2300@mail.ru

MANGUSHEV Rashid Ab.

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Geotechnics Chair, Cor. Member of
RAASN
St. Petersburg State University of Architecture and Civil
Engineering
190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4
E-mail: ramangushev@yandex.ru

MALTSEV Andrey V.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Structural Mechanics,
Engineering Geology, Base and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: geologof@yandex.ru

MALTSEVA Ksenia An.

Post-graduate student of the Faculty of Civil Engineering
St. Petersburg State University of Architecture and Civil
Engineering
190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4
E-mail: ksenia2300@mail.ru

Для цитирования: Мангушев Р.А., Мальцев А.В., Мальцева К.А. Разработка стратегии выбора наиболее эффективного варианта инъекционного закрепления водонасыщенных грунтов оснований исторических объектов Санкт-Петербурга // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 27–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.04.

For citation: Mangushev R.A., Maltsev A.V., Maltseva K.A. Development of a strategy for selecting the most effective method of injection grouting for water-saturated soils of historical building foundations in Saint Petersburg. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 27–33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.04.

Принята: 10.10.2025 г.

Д. А. ПАНФИЛОВ
Н. А. ИЛЬИН
О. Н. ПАНФИЛОВА
Я. А. БУЗОВСКАЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОУСТОЙЧИВОСТИ ЧУГУННЫХ ОПОР ЗДАНИЯ

ENSURING HEAT RESISTANCE AND FIRE PROTECTION OF CAST-IRON BUILDING SUPPORTS

В статье изложено инновационное техническое решение конструктивной термозащиты чугунных опор при реконструкции здания Академии строительства и архитектуры СамГТУ (корпус № 12). Новизна реконструкции несущей опоры заключается в том, что к существующей несущей чугунной опоре, круглой в сечении, прикреплены элементы объемного арматурного каркаса, с дальнейшей заливкой легким огнезащитным бетоном. На основе расчетных методик определяется требуемая толщина покрытия конструктивной огнезащиты из легкого бетона исходя из физических свойств материалов и условий нагрева чугунной опоры при пожаре. Предложены схемы армирования огнезащитного покрытия оголовка и средней части реконструируемой чугунной опоры, состав огнезащитного слоя бетона, а также рекомендации по конструированию огнезащиты чугунных опор.

Ключевые слова: несущие опоры здания, реконструкция чугунных опор, класс чугуна, термостойкость чугуна, огнезащита чугунных опор, расчет предела огнестойкости, инновационное решение повышения температурной устойчивости чугуна и чугунных опор в условиях пожара, проектная огнестойкость, технико-экономический эффект

В строительстве зданий и сооружений расширяется применение «хрупких» материалов, таких как керамика, стекло, чугун и др. Для таких материалов большое значение имеет в первую очередь их термостойкость, т. е. устойчивость к влиянию неоднородности температурного поля [1–6].

Анализ последствий пожаров и экспериментально-теоретические исследования показывают, что незащищенные стальные чугунные опоры под воздействием температуры характеризуются хрупким разрушением, что приводит к лавинообразному обрушению других конструкций здания. Поэтому повышение

The article describes an innovative technical solution for the structural thermal protection of cast-iron supports during the reconstruction of the building of the Academy of Construction and Architecture of SSTU (building N. 12). The novelty of the reconstruction of the load-bearing support lies in the fact that elements of a volumetric reinforcing frame are attached to the existing cast-iron bearing support, round in cross-section, with further filling with light flame-retardant concrete. Based on calculation methods, the required thickness of the structural fire protection coating made of light concrete is determined based on the physical properties of the materials and the heating conditions of the cast-iron support in case of fire. Schemes of reinforcement of the flame-retardant coating of the head and the middle part of the reconstructed cast-iron support, the composition of the flame-retardant layer of concrete, as well as recommendations for the design of fire protection of cast-iron supports are proposed.

Keywords: buildings and structures, metal structures, bearing elements of the building, cast iron supports, cast iron class, heat resistance of cast iron supports, structural fire protection, novelty of the thermo-fire protection device, critical temperature, calculation of thermal fire protection indicators, design fire resistance, patentability conditions, technical and economic indicators

температурной устойчивости (термостойкости и огнестойкости) несущих чугунных опор здания имеет большое социально-экономическое значение, а разработка действенных способов и устройств по обеспечению температурной устойчивости их весьма актуальна [7, 8].

Под термостойкостью материалов понимают способность материалов выдерживать без разрушения термические напряжения при резком изменении температуры. Часто термостойкость характеризуют величиной температуры, нагрев до которой или быстрое охлаждение резко снижают механическую прочность материала.

Термическое напряжение возникает вследствие градиента температуры. Роль термических напряжений существенна для поведения хрупких материалов. Количественной мерой сопротивления термическим напряжениям серого чугуна считают максимальную разность температур между изотермическими поверхностями – критическую температуру (T_{cr} , °C). При величине интенсивности силовых напряжений в сечениях несущего стержня чугуновой опоры $0,25 \leq J_{\sigma\sigma} \leq 0,85$ критическая температура для серого чугуна находится в пределах $270 \leq T_{cr} \leq 450$ °C [8].

Незащищенные от температурных воздействий чугунные колонны теряют несущую способность уже спустя 2-3 мин и разрушаются хрупко (взрывообразно), приводя к обрушению другие конструкции здания.

На фотоснимке приведен обзорный вид участка расположения двух чугунных опор круглого зала Академии строительства и архитектуры в момент разборки пола и подготовки к осмотру реконструируемых чугунных опор, на которые опираются металлические балки в виде двутавра № 18 перекрытия круглого зала: высота опор $L = 4$ м; размер сечения ствола чугунной опоры $L = 200$ мм; верхнего оголовка $L = 300$ мм (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид чугунных опор
Fig. 1. General view of cast iron supports

Положительные технико-экономические показатели достигаются тем, что в предлагаемом методе обеспечения температуроустойчивости опор несущий стержень конструкции оборудуют конструктивной огнезащитой – слоем легкого бетона с элементами армирования, которые прикрепляются по всему периметру боковой поверхности чугуновой опоры [9, 10].

Толщина конструктивной огнезащиты чугуновой опоры определяется с учетом величины коэффициента термодиффузии легкого бетона и критической температуры нагрева серого чугуна по признаку хрупкого разрушения.

Интенсивность силовых напряжений в расчетном сечении чугуновой опоры от нагрузки на огнестойкость определяется выражением

$$J_o = 1/K_o, \quad (1)$$

где K_o – коэффициент запаса несущей способности чугуновой опоры при испытательной нагрузке на огнестойкость.

Критическая температура нагрева для серого чугуна по признаку хрупкого разрушения (T_{cr} , °C) рассчитывается по аналитическому уравнению

$$T_{cr} = 300 \cdot (1,75 - J_{\sigma\sigma}), \quad (2)$$

где $J_{\sigma\sigma}$ – интенсивность силовых напряжений в основном сечении чугуновой опоры от испытательной нагрузки на огнестойкость ($0,25 \leq J_{\sigma\sigma} \leq 0,85$).

Требуемая толщина легкого бетона для чугуновой опоры (S_k , мм) вычисляется уравнением

$$S_k = 40 \cdot D_{\text{озс}} \cdot R_u^{0,5} / T_{cr}^{0,9}, \quad (3)$$

где $D_{\text{озс}}$ – коэффициент термодиффузии огнезащитного слоя, мм²/мин; R_u – требуемый техническим регламентом предел огнестойкости несущей опоры здания, мин; T_{cr} – величина критической температуры нагрева серого чугуна по признаку хрупкого разрушения, °C.

Состав огнезащитного бетонного слоя: керамзит (0,3) – вермикулит (0,9) – портландцемент (1,0). Нанесение на чугунную опору производят при температуре не ниже +8 °C. Набор прочности бетона производится в течение 15 сут при температуре не ниже +10 °C [9].

Продольное и поперечное сечение огнезащищенной чугуновой опоры изображено на рис. 2.

При реконструкции учебного корпуса № 12 Академии строительства и архитектуры СамГТУ проектом была предусмотрена конструктивная огнезащита чугунных опор кругло-

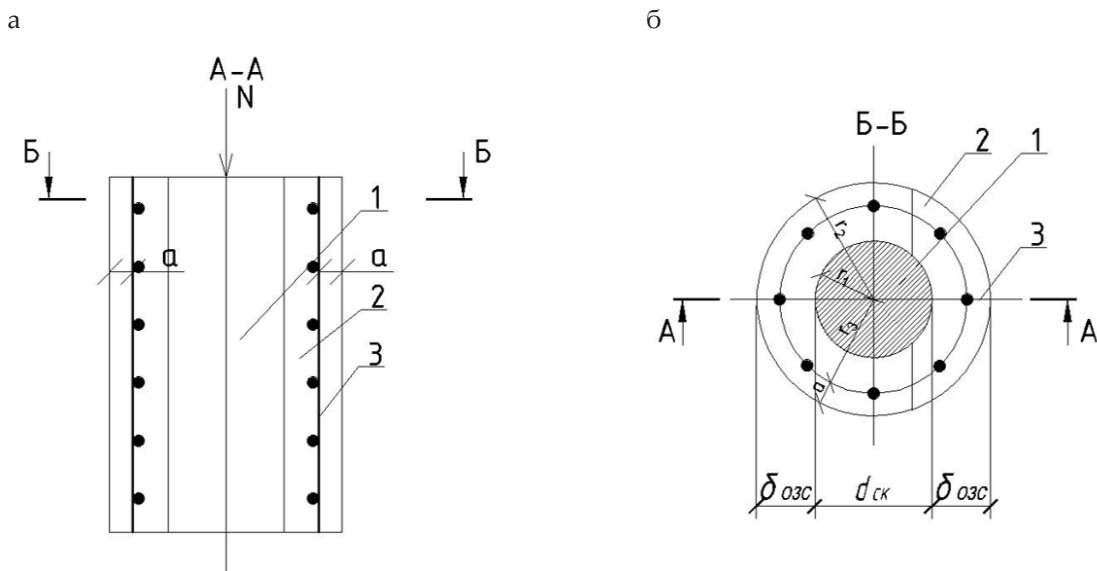


Рис. 2. Схема армирования огнезащитного покрытия оголовка (Ø 300 мм) и средней части чугунной опоры (Ø 200 мм): 1 – существующая чугунная опора; 2 – огнезащитное покрытие толщиной 50–100 мм; 3 – продольная арматура 4Ø20 + 3Ø12; 4 – гнутые хомуты Ø4–6 мм; $\delta_{\text{озс}}$ – толщина огнезащитного покрытия 50–100, мм; N – нагрузка на реконструируемую чугунную опору

Fig. 2. Reinforcement diagram of the fireproofing coating of the tip (Ø 300 mm) and the middle part of the cast iron support (Ø 200 mm): 1 – the existing cast iron support; 2 – fireproof coating with thickness of 50–100 mm; 3 – longitudinal reinforcement 4Ø20 + 3Ø12; 4 – bent clamps Ø4–6 mm; δ – thickness of fire-proof coating 50–100, mm; N – load on the reconstructed cast-iron support

го зала. Требуемые характеристики пожарной защиты здания – Ф4.2, степень огнестойкости – I (первая); предел огнестойкости $R_u = 90$ мин [11]. Диаметр чугунной опоры $d_{\text{ср}} = 200$ мм; диаметр оголовка $d_{\text{ог}} = 300$ мм; площадь основного сечения чугунной опоры $A_{\text{ср}} = 15,71$ см²; высота опоры $H = 4,2$ м; число этажей в здании – шесть.

Чугунная опора выполнена из серого чугуна марки СЧ 30 (предел прочности $\sigma_{b,\text{ср}} = 300$ Н/мм², коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$; модуль упругости $E_{\text{ср}} = 98 \times 10^3$ Н/мм²; коэффициент линейного температурного расширения $\alpha_{\text{л}} = 12 \times 10^{-6}$, 1/°C).

Конструктивная огнезащита – бетонная рубашка из перлито-керамзитового бетона на портландцементе плотностью до 800 кг/м³ с коэффициентом термодиффузии легкого бетона $D_{\text{шт}} = 15,5$ мм²/мин, армированная арматурным каркасом.

Запас прочности чугунной опоры при испытательной нагрузке на огнестойкость $K_o = 2 \cdot J_o = 1 / K_o = 0,5$ – интенсивность силовых напряжений в основном сечении чугунной опоры.

Величина критической температуры по термopрочности ($T_{\text{ср}}$, °C) вычисляется по аналитическому уравнению

$$T_{\text{ср}} = 300 \cdot (1,75 - J_{\sigma 0}) = \\ = 300 \cdot (1,75 - 0,5) = 375 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Толщина огнезащитного бетона (S_b , мм) определяется по уравнению

$$S_b = (40 \cdot D_{\text{шт}} \cdot R_u^{0,5}) / T_{\text{ср}}^{0,9} = \\ = (40 \cdot 15,5 \cdot 90^{0,5}) / 375^{0,9} \approx 28 \text{ мм}.$$

В состав строительно-монтажных работ при устройстве конструктивной огнезащиты чугунной опоры входит:

- подготовка поверхности чугунной опоры;
- выбор материалов для конструктивной огнезащиты;
- расчет толщины огнезащитного перлито-керамзитового бетона;
- установка объемного арматурного каркаса и маяков;
- нанесение легкого бетона с тщательным выравниванием поверхности [7, 10].

Фактический предел огнестойкости ($F_{\text{ог}}$, мин) чугунных опор при реконструкции здания должен соответствовать требованиям технических регламентов [11, 12].

В развитие технического решения по огнезащите зданий чугунных опор здания в ОНИЛ ЖБК разрабатывают рекомендации по конструированию огнезащиты чугунных опор. Общие положения рекомендаций относятся к выполнению работ по проектированию

и конструированию термостойкости и огнестойкости чугунных опор.

При сохранении неизменной первоначальной статической схемы работы чугунных опор здания реконструкцию производят посредством устройства железобетонных обойм. Огнезащиту несущей чугунной опоры от непосредственного температурного воздействия в случае пожара выполняют путем покрытия легким бетоном.

При повышении температурной устойчивости чугуна и чугунной опоры применяют легкий бетон класса В10–В15 по прочности на сжатие, арматуру класса А400, в сварных работах – электроды типа Э42.

Конструкцию теплоизоляционной обоймы применяют в целях повышения термостойкости чугуна и повышения огнестойкости чугунной опоры. Арматурный каркас образуют из гнутых хомутов и арматурных стержней с вязкой пересечений диаметром 3–5 мм. Толщину теплоизоляционной обоймы принимают не менее 50 мм при бетонировании. Продольную дополнительную арматуру в теплоизоляционной обойме принимают диаметром 12 мм (промежуточные стержни) и 22 мм класса А400 (угловые стержни). Поперечную арматуру объемного каркаса теплоизоляционной обоймы принимают диаметром 4–12 мм.

Консистенцию легкого бетона теплоизоляционной обоймы чугунной опоры принимают с осадкой конуса 50–100 мм (6–10 см) при укладке ручным способом; легкий бетон применяют на портландцементе, крупный заполнитель – керамзит или вермикулит.

Теплоизоляционную обойму чугунной опоры устраивают замкнутой, плотно охватывающей чугунную опору со всех сторон. Усадка бетона обоймы бетона способствует надежной связи легкого бетона с поверхностью чугунной опоры, и усиливаемую опору рассматривают как единое целое.

Для нанесения свежего легкого бетона используют насосы и передвижные воздушные компрессоры.

Подлежащую покрытию поверхность чугунной опоры очищают от грязи, ржавчины, жировых пятен и покрывают грунтом толщиной 50 мк. Нанесение свежего бетона осуществляют при температуре не ниже +5 °С и влажности воздуха не более 70 %.

Общую толщину огнезащитного слоя ($\delta_{\text{озс}}$, мм) определяют расчетом в зависимости от требуемого предела огнестойкости ($R_{\text{н,гр}}$, мм), коэффициента термодиффузии легкого бетона в сухом состоянии ($D_{\text{втр}}$, мм²/мин), критической температуры нагрева серого чугуна несущей опоры здания ($T_{\text{сч}}$, °С).

Конструкцию пространственного каркаса образуют привязкой гнутых хомутов к стержням продольной арматуры теплоизоляционной обоймы. Продольные и поперечные стержни арматуры теплоизоляционной обоймы представляют собой объемный арматурный каркас достаточной жесткости.

Минимальные расстояния между стержнями продольной арматуры принимают не менее 50 мм. При этом диаметры угловых продольных стержней принимают не более 20 мм, средних стержней – не более 12 мм; гнутых хомутов – 3–6 мм, шаг гнутых хомутов – 200 мм (100 мм на концевых участках опоры).

Предложенный метод расчета применен на практике при оценке проектных пределов огнестойкости реконструируемых чугунных опор корпуса № 12 Академии строительства и архитектуры СамГТУ.

Выводы

Технико-экономический эффект предлагаемого инновационного решения представляет собой:

- возможность математического моделирования термостойкости и огнестойкости чугунных опор;
- снижение трудоемкости работ по оценке термостойкости и огнестойкости чугунных опор;
- уточнение единичных показателей качества чугунных опор, влияющих на их фактическую термостойкость и проектную огнестойкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломин С.В. Высототемпературная устойчивость материалов и элементов конструкций. М.: Машиностроение, 1980. 128 с.
2. Бартеллеми Б., Крюппа Ж. Огнестойкость строительных конструкций / пер. с фр. М.: Стройиздат, 1985. 216 с.
3. Федоров В.С., Колчунов В.И., Левитин В.Е. Противопожарная защита зданий: Конструктивные и планировочные решения. М.: АСВ, 2018. 186 с.
4. Ильин Н.А., Мордовский С.С., Потатужева Ю.А., Резяпкина К.В. Новый метод оценки огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 3. С. 9–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.2.
5. Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В. Инновационный метод оценки огнестойкости монолитной железобетонной балочной плиты перекрытия здания // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 4. С. 43–47. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.5.
6. Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Пищулёв А.А., Васючкин Г.Р. Нововведение в способе оценки огнестойкости железобетонного безбалочного бескапи-

тельного перекрытия здания // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 11–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.02.

7. Патент № 2 714 401 Российская Федерация, МПК E04B 1/94 (2006.01); E 04C 3/32. Способ огнезащиты чугунной опоры зданий/Ильин Н.А., Мордовский С.С., Панфилов Д.А., Стрелков Д.А., Бузовская Я.А.; заяв. 20.05.19, опубл. 14.02.2020. Бюл. № 5.

8. Голиков А.Д., Черкасов Е.Ю., Данилов А.И., Сиваков И.А. Предел огнестойкости чугунных тоннельных отделок без огнезащитного покрытия // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – Воронеж, 2014. № 1(5). С. 130–134.

9. Патент № 2 709 532 Российская Федерация, МПК E04B 1/94. Огнезащитная металлическая чугунная опора здания / Ильин Н.А., Мордовский С.С., Панфилов Д.А., Стрелков Д.А., Бузовская Я.А.; заяв. 02.04.19, опубл. 19.12.2019. Бюл. № 35.

10. Патент № 2 518 599 Российская Федерация, МПК E 04 B1/94; E 04 C 3/32. Способ огнезащиты двутавровой колонны здания / Ильин Н.А., Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р.; заяв. 25.10.2012, опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16.

11. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : [Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. М., 2022 (с исп.).

12. СП 2.13130.2009. Свод правил. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. М., 2009.

ceiling of a building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 11–18. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.02.

7. Il'in N.A., Mordovskij S.S., Panfilov D.A., Strelkov D.A., Buzovskaja Ja.A., e.a. *Sposob ognезashhity chugunnoj opory zdaniy* [Method of fire protection of cast-iron building supports]. Patent RF, no. 2 714 401, 2020.

8. Golikov A.D., Cherkasov E.Ju., Danilov A.I., Sivakov I.A. Fire resistance limit of cast-iron tunnel walls without fire-retardant coating. *Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy*. Institut GPS MChS. [Fire safety: problems and prospects. The Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations], 2014, no. 1(5), pp. 130–134 (in Russian).

9. Il'in N.A., Mordovskij S.S., Panfilov D.A., Strelkov D.A., Buzovskaja Ja.A., e.a. *Ognезashhishhen-naja metallicheskaja chugunnaja opora zdaniya* [Fire-proof metal cast-iron building support]. Patent RF, no. 2 709 532, 2019.

10. Il'in N.A., Shepelev A.P., Ibatullin R.R., e.a. *Sposob ognезashhity dvutavrovoj kolonny zdaniya* [The method of fire protection of the I-beam column of the building]. Patent RF, no. 2 518 599, 2014.

11. Federal law № 123-FZ. Technical regulations on fire safety requirements. Moscow., 2022 (in Russian).

12. SP2.13130.2009. A set of rules. Ensuring fire resistance of protection facilities / VNIIPO. Federal State Budgetary Institution VNIIPO of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2009.

REFERENCES

1. Solomin S.V. *Vysokotemperaturnaja ustojchivost' materialov i jelementov konstrukcij*. [High temperature resistance of materials and structural elements]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980. 128 p.

2. Bartellemi B., Krjuppa Zh. *Ognestojkost' stroitel'nyh konstrukcij* [Fire resistance of building structures]. Moscow, Strojizdat Publ., 1985. 216 p.

3. Fedorov V.S., Kolchunov V.I., Levitin V.E. *Protivopozharnaja zashhita zdaniy: Konstruktivnye i planirovochnye reshenija* [Fire protection of buildings: Design and planning solutions]. Moscow, ASV Publ., 2018. 186 p.

4. Il'in N.A., Mordovskij S.S., Potatuyeva Yu.A., Rezyapkina K.V. A New Method for Assessing the Fire Resistance of a Reinforced Concrete Column with a Circular Cross Section. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 9–14. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.2.

5. Il'in N.A., Panfilov D.A., Zhiltsov Yu.V. Innovative Method for Assessing the Fire Resistance of a Monolithic Reinforced Concrete Beam Floor Slab of a Building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 43–47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.5.

6. Il'in N.A., Panfilov D.A., Pishchulev A.A., Vasyuchkin G.R. An innovation in the method of assessing the fire resistance of a reinforced concrete girderless

Об авторах:

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sk@samgtu.ru

ИЛЬИН Николай Алексеевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ПАНФИЛОВА Ольга Николаевна

кандидат технических наук,
декан строительно-технологического факультета
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

БУЗОВСКАЯ Яна Александровна

старший преподаватель кафедры
железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sk@samgtu.ru

PANFILOV Denis Al.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
44100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: sk@samgtu.ru

ILYIN Nikolay Al.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Reinforced Concrete
Structures Chair
Samara State Technical University
44100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

PANFILOVA Olga N.

PhD in Engineering Sciences,
Dean of the Faculty of Construction and Technology
Samara State Technical University
44100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

BUZOVSKAYA Yana Al.

Senior Lecturer of the Reinforced Concrete Structures
Chair
Samara State Technical University
44100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: sk@samgtu.ru

Для цитирования: Панфилов Д.А., Ильин Н.А., Панфилова О.Н., Бузовская Я.А. Обеспечение теплоустойчивости чутунных опор здания // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 34–39. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.05.

For citation: Panfilov D.A., Ilyin N.A., Panfilova O.N., Buzovskaya Ya.A. Ensuring heat resistance and fire protection of cast-iron building supports. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 34–39. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.05.

Принята: 02.06.2025 г.



М. Е. САПАРЁВ
С. А. МИНКИНА
В. С. РЯБОВОЛ

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ УГАРНОГО И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗОВ ИЗ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ В ХИМИЧЕСКИ ПОЛЕЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА

CONVERSION OF CARBON MONOXIDE AND CARBON DIOXIDE
FROM COMBUSTION PRODUCTS INTO CHEMICALLY USEFUL SUBSTANCES

Задача статьи – рассмотрение процессов полного и неполного сгорания газа в топочной камере котельного агрегата, количества и состава продуктов сгорания, предложений по преобразованию этих продуктов в химически полезные вещества и их дальнейшему использованию. Предложен соответствующий вариант реконструкции газового тракта котельной.

Ключевые слова: природный газ, угарный газ, углекислый газ, продукты сгорания, полное и неполное сгорание, углеводороды, катализатор

Введение

Из-за большого выделения угарного и углекислого газов в атмосферу возникает ряд проблем. Загрязнённый воздух вызывает респираторные заболевания, например астму и бронхит, может провоцировать болезни сердечно-сосудистой системы, диабет и онкологические заболевания. Газы, загрязняющие атмосферу, из воздуха попадают в осадки, а оттуда в почву, что вызывает отравление живых существ и нарушение пищевых цепочек.

Виды продуктов при полном и неполном сгорании газа

Котельные агрегаты, использующие в качестве топлива природный газ [1], в настоящее время широко применяются благодаря своей высокой эффективности и экологической чистоте, что

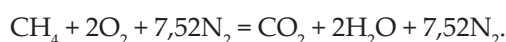
The objective of this article is to consider the processes of complete and incomplete combustion of gas in the combustion chamber of a boiler unit, the amount and composition of combustion products, proposals for converting these products into chemically useful substances and their further use. A corresponding option for reconstructing the gas path of a boiler room is proposed.

Keywords: natural gas, carbon monoxide, carbon dioxide, combustion products, complete and incomplete combustion, hydrocarbons, catalyst

делает их идеальным выбором для отопления как жилых, так и промышленных объектов [2, 3].

В зависимости от количества воздуха, подаваемого в топку котельного агрегата, происходит полное или неполное сгорание топлива [4].

Химическая реакция полного сгорания природного газа [5]:

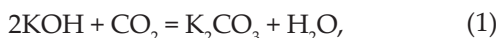


В результате полного сгорания газа образуются негорючие газы, такие как углекислый газ (CO_2), азот (N_2) и водяные пары (H_2O). Пламя прозрачно-голубоватого цвета. При неполном сгорании газа (из-за недостаточного количества воздуха) выделяется: угарный газ (CO), несгоревшие горючие углеводороды, атомный углерод (сажа). В атмосферу выходит азот, непрореагировавший кислород, водяные пары (в количестве 2 м^3 из 1 м^3 газа). Визуально при

полном сгорании пламя светло-голубое или голубовато-фиолетовое.

Топливо в котельном агрегате может сгорать полностью или неполностью, это можно определить по коэффициенту полезного действия котельного агрегата.

При полном сгорании газа выделяется углекислый газ. Этот газ можно отделить от остальных продуктов сгорания, пропустив его через хлопчатый гидроксид калия. В результате реакции образуется карбонат калия, известный как поташ. Указанное взаимодействие между концентрированным гидроксидом калия и углекислым газом описывается следующим уравнением [5]:



где 2KOH – концентрированный гидроксид калия; CO_2 – углекислый газ; K_2CO_3 – карбонат калия (поташ); H_2O – вода.

В промышленности поташ представлен в двух формах: кальцинированный и полутораводный. В зависимости от их физико-химических свойств поташ классифицируется на несколько сортов. Этот материал применяется в различных отраслях, включая химическую и стекольную промышленность, в противопожарных мероприятиях, в легкой промышленности и других сферах. В строительстве поташ служит в качестве добавки, предотвращающей замерзание бетона, а в химической промышленности используется для производства красок и более эффективно, чем сода, удаляет сероводород из газовых смесей. В легкой промышленности потом применяется при обработке кожи, в производстве deterгентов. Он также является компонентом оптического стекла. В сфере пожарной безопасности поташ применяется для обработки деревянных конструкций. Кроме того, он зарегистрирован как пищевой консервант Е501.

При неполном сгорании образуется угарный газ. Предлагается использовать его реакцию с гидроксидом калия для синтеза формиата калия. Известно, что угарный газ не является солеобразующим оксидом, но при определенных условиях, а именно при высоком давлении и температуре 120–130 °С, возможно протекание реакции [5]:



где CO – угарный газ; KOH – гидроксид калия; HCOOK – формиат калия.

Формиат калия (также известный как калий муравьинокислый, химическая формула HCOOK и KHC_2O_4) представляет собой органическое соединение, соль муравьиной кислоты.

В чистом виде это белый мелкокристаллический порошок без запаха.

Формиат калия находит применение в различных сферах:

- в виде водного раствора для добурирования и ремонта буровых скважин;
- в строительстве в качестве антиморозной добавки в бетон, штукатурку и клей для плитки;
- в холодильных системах и кондиционерах как компонент хладоносителя;
- в пищевой промышленности как консервант и заменитель соли;
- как добавка в антиобледенительные материалы для уменьшения воздействия на окружающую среду и металлические части транспорта;
- для производства раствора для травления при окрашивании текстиля и обоев.

Угарный газ способен взаимодействовать с водородом, в результате чего образуются органические соединения (процесс Фишера-Тропша, химическая реакция, протекающая в присутствии катализатора, в которой угарный газ и водород превращаются в различные жидкие углеводороды) [5]. В основном используются катализаторы на основе железа и кобальта. Наиболее известное применение этого процесса – производство синтетических углеводородов для масел или топлива без использования нефти, например из угля.

В статье для расчетов была принята котельная с тремя котлами КВГМ-30 и одним котлом КВГМ-20 для г. Брянска. Все расчеты были выполнены в соответствии с методическим пособием [6]: расчет процессов горения – табл. 1; расчет теплосодержания воздуха и продуктов сгорания – табл. 2; плотность дымовых газов – $\rho_g = 0,77 \text{ кг/м}^3$; тепловой баланс для каждого котла – табл. 3; аэродинамический расчет котельного агрегата, в котором: дымовая труба принята из кирпича 45 м; количество дымовых газов, проходящих через дымовую трубу, $V_{\text{тр}} = 220486,1 \text{ м}^3/\text{ч}$, средняя температура дымовых газов на участке до дымовой трубы $\theta_{\text{ср}} = 150,37 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя скорость дымовых газов $w_{\text{ср}} = 13,12 \text{ м/с}$.

Кроме того, были выполнены расчеты по количеству используемых и получаемых веществ для реакции (2) [7]. Реакция происходит при условиях: $t = 120 - 130 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P = P_{\text{атм}}$.

Пусть $V(\text{CO}) = 100 \text{ м}^3$.

Тогда $n(\text{CO}) = V/V_m \text{ кмоль}$;

$n(\text{CO}) = 100 \text{ м}^3 / 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль} = 4,46 \text{ кмоль}$;

$n(\text{CO}) : n(\text{KOH}) = 1:1$, следовательно,

$n(\text{KOH}) = 4,46 \text{ кмоль}$;

$m(\text{KOH}) = n \times M$;

$m(\text{KOH}) = 4,46 \text{ кмоль} \times 56 \text{ кг/кмоль} = 249,76 \text{ кг}$ – нужно взять KOH на $100 \text{ м}^3 (\text{CO})$;

$n(\text{CO}) : n(\text{HCOOK}) = 1:1$, следовательно,

$n(\text{HCOOK}) = 4,46 \text{ кмоль} \times 101 \text{ кг/кмоль} =$

$450,46 \text{ кг}$ – выход продукта в массе.

Таблица 1. Результат расчета процессов горения
Table 1. Calculation results for combustion processes

Величина и расчетная формула	$V^0 = 9,91 \text{ м}^3/\text{м}^3; V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 2,04 \text{ м}^3/\text{м}^3;$ $V_{\text{RO}_2} = 1,06 \text{ м}^3/\text{м}^3; V_{\text{N}_2}^0 = 7,84 \text{ м}^3/\text{м}^3$		
	Топка	Газоход	
		первый	второй
Коэффициент избытка воздуха за поверхностью нагрева $\alpha = \alpha_t + \Sigma \Delta \alpha_i$	1,10	1,15	1,25
Средний коэффициент избытка воздуха в поверхности нагрева $\alpha_{\text{ср}} = (\alpha' + \alpha'')/2$	1,08	1,13	1,20
Объём избыточного воздуха $(\alpha_{\text{ср}} - 1) V^0, \text{ м}^3/\text{м}^3$	0,74	1,24	1,98
Действительный объём водяных паров $V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	2,06	2,06	2,08
Действительный объём дымовых газов $V_r, \text{ м}^3/\text{м}^3$	11,69	12,19	12,93
Объёмная доля трехатомных газов в продуктах сгорания P_{RO_2}	0,09	0,09	0,08
Объёмная доля водяных паров в продуктах $P_{\text{H}_2\text{O}}$	0,18	0,17	0,16
Суммарная доля трехатомных газов и водяных паров, $r_n = r_{\text{RO}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}}$	0,27	0,26	0,24
Масса дымовых газов (привести формулу для соответствующего вида топлива)	14,68	15,33	16,30

Таблица 2. Расчет теплосодержания воздуха и продуктов сгорания
Table 2. Calculation of the heat content of air and combustion products

$q, ^\circ\text{C}$	$I_t^0, \text{ МДж}/\text{м}^3$	$I_b^0, \text{ МДж}/\text{м}^3$	$I_t = I_t^0 + (\alpha - 1) \cdot I_b^0, \text{ МДж}/\text{м}^3$		
			$\alpha_{t2} = 1,1$	$\alpha_{\text{Iкп}}'' = 1,15$	$\alpha_{\text{Iкп}}'' = 1,25$
			I_t''	$I_{\text{Iкп}}''$	$I_{\text{Iкп}}''$
100	1,52	1,31	1,65	1,72	1,85
200	3,07	2,63	3,34	3,47	3,73
300	4,66	3,96	5,06	5,25	5,65
400	6,29	5,34	6,83	7,09	7,63
500	7,96	6,74	8,64	8,97	9,65
600	9,67	8,18	10,49	10,90	11,71
700	11,43	9,65	12,39	12,88	13,84
800	13,24	11,14	14,35	14,91	16,02
900	15,08	12,63	16,34	16,97	18,24
1000	16,96	14,15	18,38	19,08	20,50
1100	18,85	15,72	20,42	21,20	22,78
1200	20,70	17,28	22,43	23,30	25,02
1300	22,69	18,85	24,58	25,52	27,40
1400	24,68	20,46	26,72	27,75	29,79
1500	26,65	22,07	28,85	29,96	32,16
1600	28,65	23,68	31,02	32,20	34,57
1700	30,67	25,29	33,20	34,47	37,00
1800	32,70	26,90	35,39	36,73	39,42
1900	34,75	28,55	37,61	39,04	41,89
2000	36,80	30,20	39,82	41,33	44,35

Таблица 3. Тепловой баланс котла КВГМ-20
Table 3. Thermal balance of the KVM-20 boiler

Рассчитываемая величина	Формула или обоснование	Результаты расчета
Располагаемое тепло топлива Q_p^P , МДж/м ³	Привести формулу для данного вида топлива	37,09
Температура уходящих газов t_{yx} , °С	Принимается из характеристик котла	160
Теплосодержание уходящих газов I_{yx} , кДж/ м ³	Принимается по таблице теплосодержаний	2978
Температура холодного воздуха t_{xb} , °С	Принимается по заданию	30
Теплосодержание холодного воздуха I_{xb}^o , кДж/ м ³	$I_{xb}^o = V^o \cdot C_{xb} \cdot t_{xb}$	396,01
Потери тепла с уходящими газами q_2 , %	$q_2 = Q_2 / Q_p^P \cdot 100 = (I_{yx} - \alpha_{yx} \cdot I_{xb}^o) \cdot (100 - q_4) / Q_p^P$	6,7
Потери тепла от химической недожога q_3 , %	Принимается по приложению 3–5 по виду сжигаемого топлива и виду топки	1,5
Потери тепла в окружающую среду q_5 , %	Рассчитывается по виду котла	1,163
Суммарные потери тепла $\sum q_i$, %	$q_2 + q_3 + q_5$	9,363
КПД котла $\eta_{ка}$, %	$\eta_{ка} = 100 - \sum q_i$	90,64
Тепло, полезно используемое в к.а., $Q_{ка}$, МДж/м ³	Рассчитывается по виду котла (привести соответствующую формулу)	93948,18
Полный расход топлива β , м ³ /ч	$\beta = Q_{ка} \cdot 100 / Q_p^P \cdot \eta_{ка}$	2785
Расчетный расход топлива β_p , м ³ /ч	$\beta_p = \beta$, мазут, газ $\beta_p = \beta \cdot (1 - q_4 / 100)$, твердое топливо	2785
Коэффициент сохранения тепла φ	$\varphi = 1 - q_5 / (q_5 + \eta_{ка})$	0,99

Аналогично был выполнен расчет по формуле (1) для получения K_2CO_3 .
В результате установлено, что из 100 м³ СО и 100 м³ КОН получается 450 кг формиата калия (НСООК), а из 100 м³ СО₂ и 100 м³ КОН получается 1231 кг карбоната калия – поташ (K_2CO_3).
Применим данные расчеты к нашему примеру: при полном сгорании получаем 2714183,891 кг карбоната калия, при не полном сгорании – 992187,45 кг формиата калия.

Предложение по использованию продуктов сгорания

Как отмечено ранее, при полном сгорании выделяется углекислый газ, в случае неполного сгорания – угарный газ (СО). Для их утилизации на основе реакций (1) и (2) предлагается использовать концентрированный гидроксид калия.
Газовый тракт котельной делится на два участка: первый – от котла к дымососу, второй – от дымососа к дымовой трубе [6]. В данном исследовании рассматривается реконструкция второго участка. Ранее дымовые газы

проходили путь от котлов к дымовой трубе в едином газоходе. Предлагается сделать два пути и расположить в них КОН (хлопчатый). Вещество засыпают в сетчатые фильтры (ёмкость, состоящая из сетчатых пластин), которые будут располагаться внутри труб. Первый путь будет использоваться для режима полного сгорания, второй – для неполного сгорания. Необходимо учитывать углы наклона труб в зависимости от режима работы котельной. При попадании газа в любую из труб происходит реакция с химическим веществом, однако если часть газа не вступила в реакцию, то он удаляется через дымовую трубу. Расходный материал можно транспортировать в железнодорожных вагонах (тип вагонов: зерновой). Материалы, используемые для установки, – железо и чугун. Всего, как показывают расчеты, потребуется три одинаковых блока, чтобы продукты сгорания полностью прореагировали с гидроксидом калия. В конечном варианте, при соблюдении всех условий реакции, мы можем получить при полном сгорании (1) карбонат калия (K_2CO_3), при неполном сгорании (2) – формиат калия

(НСОСК). Химически полезные вещества (карбонат калия и формиат калия) будут поступать в резервуар (накопительный бак) [8, 9]. Из резервуара можно будет провести транспортировочные трубы для дальнейшего использования на различных предприятиях.

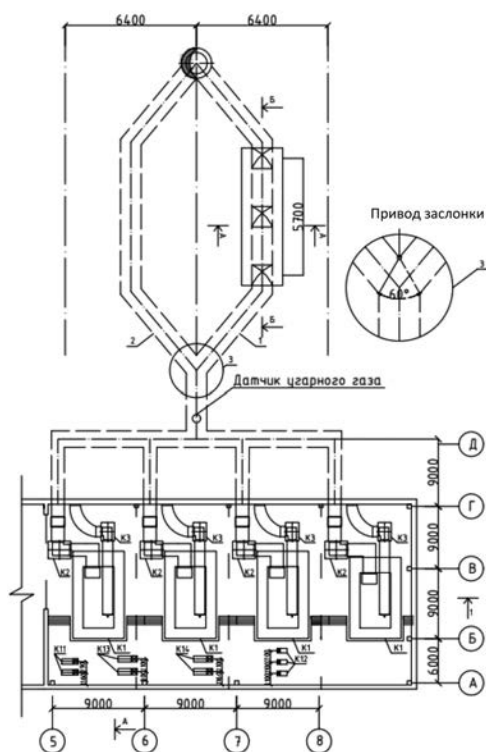


Рис. 1. План котельной с установкой отбора газов
Fig. 1. Layout of a boiler room with gas sampling equipment

На рис. 1 приведена часть плана котельной [7] (котельные агрегаты с обвязкой газоходами к дымовой трубе) с установкой на втором участке газового тракта (дымосос – дымовая труба) установки по отбору газов. На рис. 2 показаны разрезы А-А и Б-Б газового тракта котла.

Вывод

Согласно выполненным расчетам, предлагаемая установка позволит перерабатывать угарный и углекислый газы в полезные химические вещества для дальнейшего использования. Таким образом, предложенная установка позволит одновременно получать полезные химические вещества и улучшать экологическую ситуацию за счет дополнительной очистки выбросов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свод правил «Котельные установки». Актуализированная редакция «СНиП II-35-76» «СП 89.13330.2016».
2. Минкина С.А., Урядов М.И. Реконструкция газоходов водогрейных котлов с монтажом дымоходов уходящих газов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 4. С. 42–49. DOI:10.17673/Vestnik.2020.04.6.
3. Баландина О.А., Пуринг С.М. Исследование влияния температуры воздуха на уровень выделения оксидов азота в дымовых газах котельных установок // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, №4. С. 27–32. DOI:10.17673/Vestnik.2019.04.5.

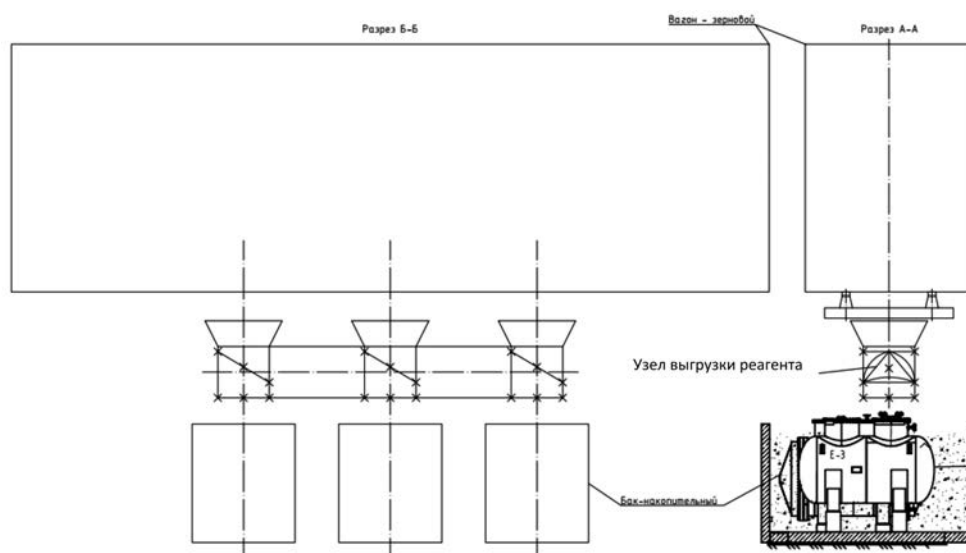


Рис. 2. Разрезы А-А и Б-Б
Fig. 2. Sections A-A and B-B

4. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А. Хванов. М.: Бастет, 2010. 425 с.

5. Власова И.В., Усова С.В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Омск: Изд-во Омского гос. ун-та, 2014. 109 с.

6. Минкина С.А. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных агрегатов. Самара: СамГАСУ, 2013. 104 с.

7. Иванов А.П., Сидоров Б.Н. Технология получения и применения карбонатов и формиатов калия // Химическая промышленность. 2019. №4. С. 45–52.

8. Минкина С.А. Тепловые схемы котельных установок. Расчет и проектирование оборудования. Самара: СамГАСУ, 2015. 130 с.

9. Роддатис К.Ф., Полторецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергоатомиздат, 1989. 488 с.

REFERENCES

1. Code of Rules "Boiler Plants", Updated Edition of "SNiP II-35-76" "SP 89.13330.2016".

2. Minkina S.A., Uryadov M.I. Reconstruction of Gas Ducts of Water Boilers with Installation of Flue Gas Pumps. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 42–49. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.6

3. Balandina O.A., Puring S.M. Research of Influence of Air Temperature on the level of nitrogen oxides in smoke gases of boiler plants. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 27–32. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.5

4. Delyagin G.N., Lebedev V.I., Permyakov B.A., Khvanov P.A. *Teplogeneriruyushhie ustanovki* [Heat generating units]. Moscow, Bastet, 2010. 425 p.

5. Vlasova I.V., Usova S.V. *Analiticheskaya himiya i fiziko-himicheskie metody analiza* [Analytical Chemistry and Physical and Chemical Methods of Analysis]. Omsk, Publishing House of Omsk State University, 2014. 109 p.

6. Minkina S.A. *Teplovoj i aerodinamicheskij raschet kotel'nyh agregatov* [Thermal and aerodynamic calculations of boiler units]. Samara, SamGASU, 2013. 104 p.

7. Ivanov A.P., Sidorov B.N. Technology of Production and Application of Potassium Carbonates and Formiates. *Himicheskaja promyshlennost'* [Chemical industry], 2019, no. 4, pp. 45–52. (in Russian)

8. Minkina S.A. *Teplovy shemy kotel'nyh ustanovok. Raschet i proektirovanie oborudovanija* [Thermal Schemes of Boiler Plants. Calculation and Design of Equipment]. Samara, Samgasu, 2015. 130 p.

9. Roddatis K.F., Poltoreckij A.N. *Spravochnik po kotel'nyh ustanovkam maloj proizvoditel'nosti* [Handbook on Small-Capacity Boiler Plants]. Moscow, Energoatomizdat, 1989. 488 p.

Об авторах:

САПАРЕВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: msx072007@yandex.ru

SAPAREV Mikhail Ev.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: msx072007@yandex.ru

МИНКИНА Светлана Абрамовна

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: minkina.svetlana2011@yandex.ru

MINKINA Svetlana Ab.

Senior Lecturer of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: minkina.svetlana2011@yandex.ru

РЯБОВОЛ Владислав Сергеевич

инженер-проектировщик 3 категории ООО «ПриволжскНИПИнефть» 443125, Россия, г. Самара, ул. Силовая, 11 E-mail: r.v.s.03@mail.ru

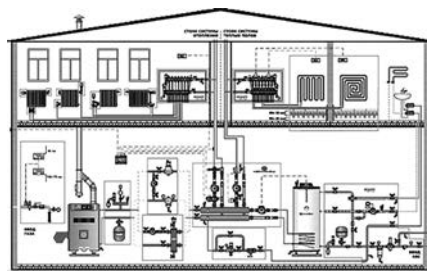
RYABOVOL Vladislav S.

Design Engineer of category 3 LLC PrivolzhskNIPIneft 443125, Russia, Samara, Silovaya st., 11 E-mail: r.v.s.03@mail.ru

Для цитирования: Сапарёв М.Е., Минкина С.А., Рябовол В.С. Преобразование угарного и углекислого газов из продуктов сгорания в химически полезные вещества // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 40–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.06.

For citation: Saparev M.E., Minkina S.A., Ryabovol V.S. Conversion of carbon monoxide and carbon dioxide from combustion products into chemically useful substances. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 40–45. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.06.

Принята: 10.10.2025 г.



Н. С. БУХМАН
Л. М. БУХМАН

ДИНАМИКА ВПИТЫВАНИЯ ПАДАЮЩЕЙ НА ПОРИСТЫЙ ГРУНТ ЖИДКОСТИ

DYNAMICS OF ABSORPTION OF LIQUID FALLING INTO A POROUS SOIL

Рассмотрена одномерная динамика инфильтрации в пористый грунт слоя жидкости, падающей на грунт. Получено дифференциальное уравнение инфильтрации, учитывающее одновременно как вязкость, так и инертность жидкости. Проведено численное решение этого дифференциального уравнения для некоторых наиболее распространенных типов техногенных грунтов. Показано, что в случае нулевой начальной скорости движения лежащей на грунте жидкости влияние инерционности жидкости незначительно и при расчетах можно пользоваться приближением безынерционной жидкости (уравнение Дарси). В случае высокой скорости столкновения жидкости и грунта на начальном этапе инфильтрация имеет характер практически мгновенного «впрыскивания» жидкости в грунт. В процессе этого впрыскивания жидкость тормозится и дальнейшая инфильтрация протекает в «безынерционном» режиме.

Ключевые слова: фильтрация, инертность жидкости, впрыскивание жидкости, пористый грунт, время впитывания, пористость, коэффициент фильтрации

The univariate dynamics of infiltration of a layer of liquid falling on the ground into a porous soil is considered. A differential infiltration equation is obtained, taking into account both the viscosity and the inertia of the liquid at the same time. The numerical solution of this differential equation is carried out for some of the most common types of man-made soils. It is shown that in the case of zero initial velocity of a liquid lying on the ground, the effect of inertia of the liquid is insignificant and the approximation of an inertialess liquid (Darcy equation) can be used in calculations. In the case of a high collision velocity of liquid and soil at the initial stage, infiltration has the character of an almost instantaneous “injection” of liquid into the soil. During this injection, the liquid is inhibited and further infiltration proceeds in a “non-inertial” mode.

Keywords: filtration, inertia of liquid, injection of liquid, porous soil, absorption time, porosity, filtration coefficient

Одним из источников загрязнения окружающей среды являются пребывающие в жидкой фазе загрязнения, основной компонентой которых является вода [1–5]. При изучении фильтрации таких загрязнений обычно используют уравнение Дарси [6, 7].

В работах [8, 10] изучена временная зависимость впитывания слоя жидкости с первоначальной глубиной $h_{\text{до}}$ (лужи) в пористый грунт. Ясно, что с ходом времени глубина лужи $h_{\text{г}}(t)$

постепенно уменьшается от начального значения $h_{\text{до}}$ до нуля (полное впитывание), а глубина насыщенного влагой слоя грунта $h_{\text{г}}(t)$ постепенно увеличивается от нуля до максимального значения $h_{\text{до}} = h_{\text{до}} / m$, где m – пористость грунта. В [8, 10] эта задача решена в квазистационарном приближении, т. е. в предположении, что в каждый момент времени жидкость находится в состоянии равновесия, медленно изменяющегося с изменением глубины лужи $h_{\text{г}}(t)$ и глу-

бины насыщенного влагой слоя грунта $h_s(t)$. В данной работе предпринята попытка выйти за рамки приближения квазистационарности, а именно учесть игнорируемые в квазистационарном приближении динамические эффекты, такие, например, как инерционность жидкости, которая не может ни мгновенно ускориться, ни мгновенно остановиться.

Так, в частности, в квазистационарном приближении предполагается, что на границе свободной жидкости и пористой среды скорость фильтрации $\vec{u}$ [6, 7] не изменяется (это является прямым следствием уравнения непрерывности, каковое уравнение в свою очередь является следствием закона сохранения массы). Но скорость реального движения жидкости в среде $\vec{v}$ связана со скоростью фильтрации соотношением $\vec{v} = \vec{u} / m$, где $m < 1$ – пористость среды. Поэтому возникает парадокс – в слое свободной жидкости над пористой средой $v = u$, а в среде $v > u$, т. е. вместо торможения жидкость в среде разгоняется. Кроме того, в квазистационарном приближении сопротивление среды фильтрации жидкости полностью контролируется вязкостью жидкости и для невязкой жидкости полностью отсутствует, что явно неверно, как показано в работе [10], в которой изучено сопротивление пористого грунта впитыванию совершенно невязкой жидкости. Следует отметить, что в квазистационарном приближении в начальный момент фильтрации скорость фильтрации оказывается бесконечной (см. [8]), что также бессмысленно.

Поэтому выход за рамки приближения квазистационарности необходим хотя бы для того, чтобы убедиться в несущественности возникающих при этом выходе поправок.

Для вывода исходного одномерного дифференциального уравнения впитывания жидкости в грунт можно использовать закон сохранения энергии в виде

$$\frac{dE}{dt} = -F_{mp}v, \quad (1)$$

где E – энергия столба жидкости площади S над и под границей грунта; F_{mp} – сила трения, действующая на столб жидкости,двигающийся в грунте со скоростью v .

Энергия столба жидкости распадается на кинетическую и потенциальную. Кинетическая энергия связана с движением слоя жидкости толщины h_s с некоторой скоростью $u = -\frac{dh_s}{dt}$ над грунтом и слоя жидкости толщины $\frac{h_s - h_{s0}}{m}$ (h_{s0} – толщина слоя жидкости в момент соприкосновения с грунтом, m – пористость грунта)

со скоростью $v = u / m$ в грунте. Потенциальная энергия жидкости состоит из энергии жидкости на грунте (центр тяжести $h_s / 2$) и в грунте (центр тяжести $-\frac{h_s - h_{s0}}{2m}$). Очевидно, для столба жидкости с плотностью ρ и площадью сечения S имеем

$$E = \frac{\rho S}{2} \left\{ g \left[h_s^2 - \frac{(h_{s0} - h_s)^2}{m} \right] + \left(\frac{dh_s}{dt} \right)^2 \left[h_s + \frac{h_{s0} - h_s}{m^2} \right] \right\}. \quad (2)$$

Для силы трения, учтя, что коэффициент фильтрации $C = \frac{k\rho g}{\mu}$ имеет физический смысл постоянной скорости безнапорной фильтрации жидкости в грунте под действием гравитации [8, 9] и что при этой «гравитационной» фильтрации происходит взаимная компенсация силы трения и силы тяжести, имеем

$$F_{mp} = \frac{\rho S m g (h_{s0} - h_s) u}{C} = -\frac{\rho S m g (h_{s0} - h_s)}{C} \left(\frac{dh_s}{dt} \right). \quad (3)$$

Продифференцировав (2) по времени и учтя, что $u = -\left(\frac{dh_s}{dt}\right)$, окончательно имеем задачу Коши для дифференциального уравнения второго порядка

$$\frac{d^2 h_s}{dt^2} = \frac{\left(\frac{dh_s}{dt}\right)^2 (1 - m^2) - \left(\frac{dh_s}{dt}\right) (h_{s0} - h_s) \frac{2gm}{C}}{2[h_{s0} - h_s (1 - m^2)]} + \frac{2gm[h_s (1 - m) - h_{s0}]}{2[h_{s0} - h_s (1 - m^2)]}, \quad (4)$$

$$h_s(0) = h_{s0},$$

$$\frac{dh_s}{dt}(0) = -\sqrt{2gh_{nad}}.$$

В (4) h_{s0} – толщина слоя жидкости на грунте в начальный момент ее контакта с грунтом, h_{nad} – высота, с которой жидкость упала на грунт (на самом деле $\sqrt{2gh_{nad}}$ – это просто скорость слоя жидкости в момент контакта с грунтом).

Представляется странным, что плотность жидкости (являющаяся мерой ее инертности) не входит в (4). На самом деле ничего странного

в этом нет – плотность входит в уравнение (4) одновременно с ее вязкостью через коэффициент фильтрации $C = \frac{k\rho g}{\mu}$.

Уравнение (4) одновременно учитывает и вязкость жидкости, и ее инертность и в этом смысле является обобщением как уравнения для впитывания невязкой инертной жидкости [12], так и основанного на законе Дарси уравнения для впитывания вязкой безынерционной жидкости [10,11].

В случае невязкой (вязкость $\mu = 0$) инерционной жидкости в уравнении (4) следует положить $C = \frac{k\rho g}{\mu} = \infty$, что приводит нас к более простому уравнению

$$\frac{d^2 h_e}{dt^2} = \frac{\left(\frac{dh_e}{dt}\right)^2 (1-m^2) + 2gm[h_e(1-m) - h_{e0}]}{2[h_{e0} - h_e(1-m^2)]}, \quad (5)$$

порядок которого легко понижается, что приводит нас к уравнению (4) из [10].

В противоположном предельном случае вязкой безынерционной жидкости ($C = \frac{k\rho g}{\mu} \rightarrow 0$)

следует учесть, что скорость впитывания при этом также стремится к нулю, и обнулить в (4) все производные толщины слоя жидкости, кроме являющихся коэффициентами при C^{-1} , что немедленно приводит нас к уравнению (6) из [8].

Решение уравнения (4) удастся провести только численно. Некоторые результаты численного счета показаны в таблицах.

В табл. 1 приведены данные по времени впитывания слоя жидкости с исходной толщиной 10 см в различные типы грунтов при падении с разной высоты. Видно, что в случае нулевой скорости падения жидкости ($h_{nad} = 0$) учет инерционности жидкости практически не изменяет результаты теории Дарси. С ростом высоты падения жидкости (а соответственно и динамического напора) время впитывания уменьшается в сравнении с результатами теории Дарси несмотря на то, что в рамках приближения Дарси время впитывания не зависит от скорости падения жидкости. Уменьшение времени впитывания достигает примерно 0,5 с при высоте падения 1 м, примерно 1 с при высоте падения 4 м и примерно 3–4 с при высоте падения 60 м. Ясно, что это уменьшение времени впитывания следует сравнивать с полным временем впитывания и для техногенных грунтов (щебень) оно играет относительно более значительную роль, чем для природных (песок).

Тем не менее можно констатировать, что в любом случае учет инерционности жидкости не меняет принципиально результаты теории Дарси.

В табл. 2 приведены данные по времени впитывания слоя жидкости с различной исходной толщиной (1, 10 или 100 см) в гранитный щебень 5×20 мм (коэффициент фильтрации 1,80Е-03, пористость 0,448) при падении с разной высоты. Приведенные в табл. 2 данные позволяют проверить, выполняется ли для инерционной жидкости отмеченная в [9] прямо пропорциональная зависимость между толщиной слоя жидкости и временем ее впитывания. Действительно, в приближении Дарси при переходе от первой строчки таблицы ко второй и от второй к третьей толщина слоя жидкости увеличивается в 10 раз – и так же должно увеличиваться время впитывания. Эта зависимость практически точно выполняется в приближении Дарси (первый столбец) при падении жидкости с нулевой высоты (второй столбец), приближенно выполняется при падении жидкости с высоты 1 м (третий столбец) и не выполняется при падении с высоты 4 м и более (четвертый – шестой столбцы).

Обращает на себя внимание аномально быстрое (полторы миллисекунды) впитывание сантиметрового слоя жидкости при падении с высоты 60 м. Очевидно, в данном случае имеет место не постепенное впитывание, а почти мгновенное «впрыскивание» быстро движущейся жидкости в пористую среду.

Для иллюстрации этого явления на рисунке приведены графики зависимости толщины слоя жидкости на грунте от времени для толщины слоя жидкости 1, 10 и 100 см при падении жидкости с 60 м. На рисунке показано: $t_0 = h_0 / C$ при падении слоя жидкости с толщиной $h_0 = 1$ м (сплошная линия), $h_0 = 10$ см (штриховая линия) и $h_0 = 1$ см (пунктир) при падении слоя жидкости с высоты 60 м. Рисунок «а» отличается от рисунка «б» только масштабом по горизонтальной оси.

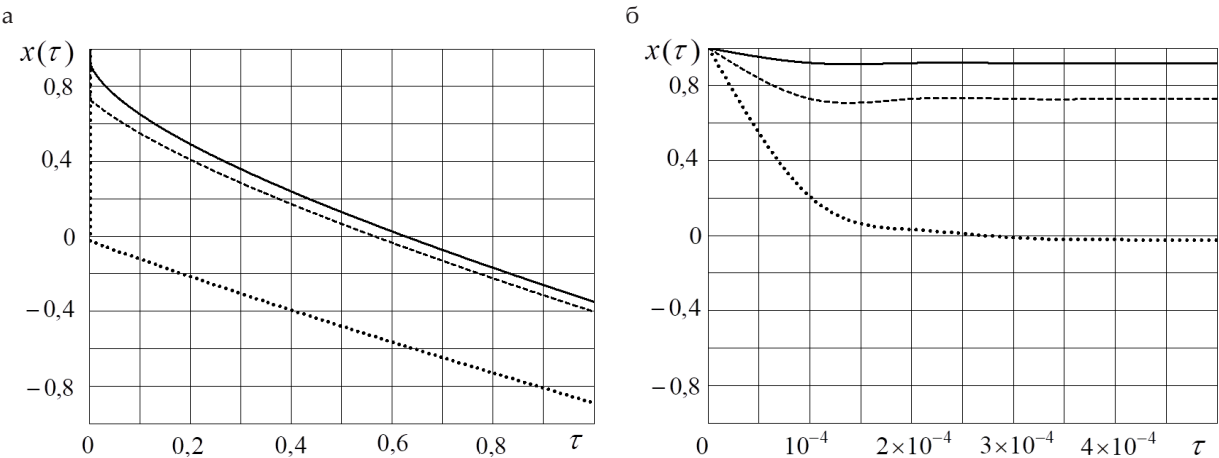
Видно, что в случае столкновения достаточно быстро движущейся жидкости с грунтом процесс впитывания четко разделяется на две стадии – сначала некоторая часть жидкости практически мгновенно ($\tau \approx 10^{-4}$) «впрыскивается» в грунт, а затем жидкость тормозится, практически останавливается и достаточно медленно $\tau \approx 1$ впитывается в грунт примерно в соответствии с теорией Дарси. При этом уменьшение (в сравнении с теорией Дарси) времени впитывания при падении с высоты 60 м практически не зависит от толщины слоя жидкости и составляет примерно 3,5 с. Поэтому нет ничего удивительного в том, что в случае толщины слоя жидкости 1 см все «время впитывания Дарси» (3,5 с) «съедается» стадией впрыскивания и жидкость исчезает с поверхности почвы практически мгновенно.

Таблица 1. Время впитывания в грунт слоя воды толщиной 10 см
Table 1. Time for water layer 10 cm thick to be absorbed into the ground

Тип грунта	Коэффициент фильтрации, м/с	Пористость	Время впитывания, с					
			по теории Дарси	при $h_{\text{пад}}=0$ м	при $h_{\text{пад}}=1$ м	при $h_{\text{пад}}=4$ м	при $h_{\text{пад}}=8$ м	при $h_{\text{пад}}=60$ м
Гранитный щебень 40×70 мм	0,01	0,46	6,27	6,27	5,79	5,31	4,90	2,57
Гранитный щебень 20×40 мм	0,004	0,452	15,74	15,74	15,27	14,79	14,38	11,99
Гранитный щебень 5×20 мм	1,80E-03	0,448	35,06	35,06	34,59	34,11	33,71	31,31
Кварцевый песок 2–3 мм	1,00E-03	0,3	69,15	69,14	68,66	68,15	67,72	65,13
Речной песок 1 мм	5,10E-04	0,15	153,45	153,45	152,90	152,30	152,01	151,00

Таблица 2. Время впитывания в гранитный щебень 5×20 мм слоя воды
разной толщины при падении с разной высоты
Table 2. Time of water layer absorption into granite crushed stone 5×20 mm
of different thickness when falling from different heights

Толщина слоя жидкости, см	Время впитывания, с					
	по теории Дарси	при $h_{\text{пад}}=0$ м	при $h_{\text{пад}}=1$ м	при $h_{\text{пад}}=4$ м	при $h_{\text{пад}}=8$ м	при $h_{\text{пад}}=60$ м
1	3,51	3,51	3,02	2,54	2,14	1,51E-3
10	35,056	35,06	34,59	34,11	33,71	31,31
100	350,56	350,56	350,10	349,65	349,26	346,96



Зависимость обезразмеренной толщины слоя жидкости на грунте
(гранитный щебень 5×20 мм) $x(\tau) = h(\tau) / h_{0e}$ от обезразмеренного времени $\tau = t / t_0$
Dependence of the dimensionless thickness $x(\tau) = h(\tau) / h_{0e}$ of the liquid layer on the ground
(granite crushed stone 5×20 mm) on the dimensionless time $\tau = t / t_0$

Вывод

При столкновении быстро движущегося слоя жидкости с пористой средой процесс внедрения жидкости в среду протекает в две стадии. Сначала некоторая часть жидкости практически мгновенно «впрыскивается» в среду, при этом быстро тормозясь. Затем почти оставившаяся жидкость относительно медленно впитывается по «безынерционному» механизму. Безусловно, «стадия впрыскивания» представляет определенный интерес и заслуживает дальнейшего изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., ГоршкALEV П.А., Саргсян А.М. Экологические аспекты воздействия поверхностных сточных вод с железнодорожных станций // Градостроительство и архитектура. 2013. № S4(13). С. 83–88. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.S4.23.
2. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., ГоршкALEV П.А., Саргсян А.М. Оценка экологического состояния технической полосы отвода // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 3. С. 31–34.
3. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Бухман Н.С., Саргсян А.М. Анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 12. С. 63–72.
4. Стрелков А. К., Теплых С. Ю., ГоршкALEV П. А. Влияние хозяйственной деятельности на качественный состав поверхностных водотоков // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 8. С. 21–26.
5. Стрелков А. К., Теплых С. Ю., ГоршкALEV П. А., Саргсян А. М. Современное состояние вопроса сбора и очистки поверхностного стока с железной дороги // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 123–129.
6. Леонтьев Н. Е. Основы теории фильтрации. М.: Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2009. 88 с.
7. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде / Институт компьютерных исследований. Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. 628 с.
8. Бухман Н.С., Теплых С.Ю., Бухман Л.М. Динамика впитывания жидких загрязнений в пористый грунт // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. № 4 (132). С. 51–59.
9. Бухман Н.С., Теплых С.Ю., Бухман Л.М. О линейной зависимости времени впитывания скопления жидкости от высоты ее слоя на поверхности почвогрунта // Приволжский научный журнал. 2022. № 4 (64). С. 73–78.
10. Бухман Н.С., Бухман Л.М. О скорости впитывания невязкой жидкости в грунт // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 2. С. 37–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.05.

REFERENCES

1. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Environmental aspects of the impact of surface wastewater from railway stations. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2013, no. S4(13), pp. 83–88. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.S4.23
2. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Environmental assessment of the technical right-of-way. *Put' i putevye hozjajstvo* [Track and Track Facilities], 2014, no. 3, pp. 31–34. (in Russian)
3. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Bukhman N.S., Sargsyan A.M. Analysis and characteristics of surface runoff filtration in the ballast prism of the railway track. *Vodospabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], 2015, no. 12, pp. 63–72. (in Russian)
4. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A. Influence of economic activity on the qualitative composition of surface watercourses. *Vodospabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], 2014, no. 8, pp. 21–26. (in Russian)
5. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A., Sargsyan A. M. The current state of the issue of collecting and cleaning surface runoff from the railway. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2014, no. 4, pp. 123–129. (in Russian)
6. Leontiev N.E. *Osnovy teorii fil'tracii* [Fundamentals of filtration theory]. Moscow, Publishing House of the Center for Applied Research at the Faculty of Mechanics and Mathematics of Moscow State University, 2009. 88 p.
7. Masket M. *Techenie odnorodnykh zhidkostej v poristoj srede* [Flow of homogeneous liquids in a porous medium]. Moscow-Izhevsk, SIC "Regular and chaotic dynamics", 2004. 628 p.
8. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Bukhman L.M. Dynamics of absorption of liquid contaminants into porous soil. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov* [Problems of collection, treatment and transportation of oil and petroleum products], 2021, no. 4(132), pp. 51–59. (in Russian)
9. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Bukhman L.M. On the linear dependence of the time of fluid accumulation absorption on the height of its layer on the soil surface. *Privolzhsnij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2022, no. 4(64), pp. 73–78. (in Russian)
10. Bukhman N.S., Bukhman L.M. On the rate of absorption of inviscid liquid into the ground. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2025, vol. 15, no. 2, pp. 37–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.05

Об авторах:

БУХМАН Николай Сергеевич

доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры физики, профессор кафедры
строительной механики,
инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, Молодогвардейская, 244
E-mail: nik3141rambler@rambler.ru

БУХМАН Любовь Михайловна

старший преподаватель
кафедры строительной механики,
инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, Молодогвардейская, 244
E-mail: liubov1967@list.ru

BUKHMAN Nikolay S.

Doctor of Physics and Mathematics, Professor,
Professor of the Physics Chair, Professor of the Structural
Mechanics,
Engineering Geology, Foundations and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya st., 244
E-mail: nik3141rambler@rambler.ru

BUKHMAN Lyubov M.

Senior Lecturer of the Structural Mechanics,
Engineering Geology, Foundations and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya st., 244
E-mail: liubov1967@list.ru

Для цитирования: Бухман Н.С., Бухман Л.М. Динамика впитывания падающей на пористый грунт жидкости
// Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 46–51. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.07.

For citation: Bukhman N.S., Bukhman L.M. Dynamics of absorption of liquid falling into a porous soil.
Gradostroitel'stvo i arhitektura [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 46–51. (in Russian)
DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.07.

Принята: 06.05.2025 г.

Е. С. КОРШИКОВА

ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

THE EFFECT OF MICROWAVE RADIATION
ON THE PROPERTIES OF PLANT SORBENTS
IN WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY

Внедрение фитосорбентов является перспективным решением в рамках рационального природопользования. Однако для улучшения их сорбционных свойств необходимо проводить различные модификации, например микроволновым излучением. В статье представлены результаты по изменению свойств сорбционных материалов под воздействием микроволновой обработки мощностью 600 Вт в течение 1 мин. Установлено, что данный способ модификации имеет максимальный эффект при обработке опилок сосны и измельченных веток клена: отмечено увеличение удельной площади поверхности сорбента до 23,2 %, сорбционные свойства по метиловому голубому возрастают на 0,8–2,4 %, по растворенным нефтепродуктам – на 7,7–94,2 %, нефтеемкость увеличивается на 19,5–41,5 %. При обработке измельченных веток березы и тополя данный вид модификации неэффективен.

Ключевые слова: фитосорбенты, влагоемкость, удельная площадь поверхности, сорбционная емкость, нефтеемкость, микроволновая обработка, модификация

The introduction of phytosorbents is a promising solution within the framework of environmental management. However, to improve their sorption properties, it is necessary to carry out various modifications, for example, by microwave radiation. The article presents the results of changing the properties of sorption materials under the influence of microwave treatment with a power of 600 watts for 1 minute. It was found that this modification method has the maximum effect when processing sawdust of pine and crushed maple branches: an increase in the specific surface area of the sorbent to 23.2 % was noted, sorption properties for methyl blue increased by 0.8–2.4 %, for dissolved petroleum products – by 7.7–94.2 %, oil capacity increased by 19.5–41.5 %. When processing crushed birch and poplar branches, this type of modification is ineffective.

Keywords: phytosorbents, moisture capacity, specific surface area, sorption capacity, oil capacity, microwave treatment, modification

Изучение и внедрение эффективных способов переработки многотоннажных промышленных отходов является одной из актуальных задач рационального природопользования. Одним из направлений изучения вторичного использования отходов промышленности является их переработка и производство новых материалов, применяемых в технологиях очистки сточных вод различного происхождения.

Самыми высококачественными активными углями на сегодняшний день остаются активные угли, полученные из скорлупы кокосовых орехов, которые по своей сути также являются отходами. В России аналогом такого высокоплотного сырья может стать косточка плодов абрикоса и персика, что находит применение в Технологии МеКС [1], включающей карбонизацию, термическую обработку при температуре 780–850 °С в течение 15–24 часов, подачу угля без охлаждения на акти-

вацию, которую проводят при 920–1050 °С водяным паром при его расходе, равном 8,5–12,0 кг/кг активного угля. Полученный активный уголь характеризуется повышенными показателями адсорбционной емкости при очистке водных сред от аммиака – 16–17,8 мг/г [2].

Многими исследователями активно изучаются отходы деревоперерабатывающих предприятий в качестве основы для изготовления сорбентов [3–7]. Так, например, ООО «Компания «Ренари» предлагает экологически чистый сорбент на основе продуктов термической переработки отходов сельского хозяйства для сбора и удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности воды с сорбционной емкостью по нефти 3–10 г/г [8]. Другой российский сорбент «Виван» изготовлен на основе полых зольных микросфер и имеет сорбционную емкость 8–10 г/г при извлечении нефти с поверхности воды и 4–5 г/г –

с твердой поверхности. Оработанный сорбент после отделения из него нефти может быть использован в качестве котельного топлива [9]. Американский концерн «Brady SPC» производит сорбенты на основе полипропилена, переработанной бумаги, текстиля, мха, используя разные виды технологических процессов [10–12]. Абсорбирующие материалы «Brady SPC» имеют на 25–50 % больше нефтепоглощение, чем полипропиленовые материалы, что означает снижение количества необходимого сорбента для поглощения разлива того же размера [13].

Однако при использовании отходов на растительной основе возможно столкнуться с проблемой их низкой сорбционной способности в связи с характерным для них высоким водопоглощением [14]. Для снижения водопоглощения и увеличения сорбционной активности предлагаются различные способы модификации.

В настоящее время проявляется большой интерес к использованию микроволнового излучения для изменения свойств различных материалов. Есть данные, что такая обработка улучшает проницаемость и доступность функциональных групп некоторых неорганических сорбционных материалов: глин, природных цеолитов, активных углей, однако есть и противоположные результаты, когда микроволновое воздействие приводит к ухудшению свойств углей из-за снижения проницаемости [15].

В работе [16] авторами установлено, что при увеличении мощности сверхвысокочастотного (далее – СВЧ) излучения при обработке торфа увеличивается скорость модифицирования и нефтеемкость, а в его структуре происходит термическая деструкция органических соединений, что сопровождается выделением летучих продуктов с последующим формированием пористой структуры, дисперсность частиц торфа уменьшается, степень водопоглощения снижается в два раза.

В процессе исследований, описанных в работе [17], для повышения адсорбционной способности монтмориллонита использован различный механизм нагрева: быстрый объемный нагрев СВЧ-излучением при мощности 800 Вт в течение 4 мин и традиционный поверхностный нагрев при температуре 453 К в течение одного часа. Установлено, что термическая активация повысила сорбционную активность образца к парам воды в 3,3 раза, в то время как СВЧ-обработка – в 5,5 раза, а время обработки сокращается в 15 раз. В результате микроволнового излучения происходит быстрый разогрев материала во всем объеме и десорбция молекул воды как с поверхности, так и из объема образца; ранее занятые водой активные центры освобождаются и образец активизируется.

В работе [18] также утверждается, что СВЧ-излучение увеличивает площадь удельной поверхности активированного угля с 82 до 800 м²/г.

Поиск относительно недорогих и экологически чистых сорбентов является перспективным [19], а сорбенты на растительной основе наиболее привлекательны тем, что они биосферно совместимы: безопасны, нет необходимости в регенерации ввиду дешевой и многотоннажной сырьевой базы, возможны более экологически чистые способы утилизации, способность к биоразложению. К тому же при их использовании решаются сразу две задачи: очистка сточных вод и утилизация промышленных и сельскохозяйственных отходов.

На кафедре инженерных систем и сооружений Тюменского индустриального университета ведутся исследования различных растительных отходов в качестве сорбционного материала.

Цель настоящей работы заключается в изучении воздействия микроволнового излучения на сорбционный материал, полученный из древесины различных пород деревьев, произрастающих в Тюменской области, и являющийся отходами местных производств.

Экспериментальная часть. В качестве исходного сырья для приготовления фитосорбента были использованы растительные отходы, такие как опилки сосны и измельченные ветки тополя фракцией 1–4 мм, измельченные ветки березы фракцией 3–5 мм, измельченные ветки березы фракцией 5–7 мм (см. рисунок).

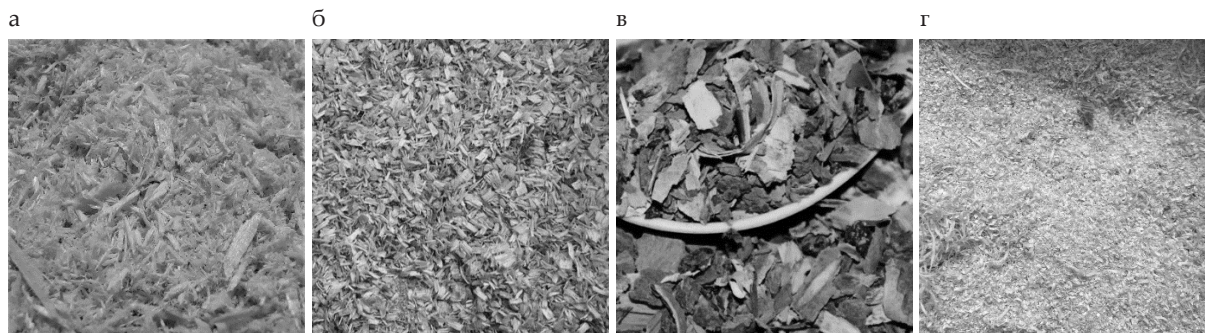
Сырье изначально высушивалось, после подвергалось модифицированию путем обработки СВЧ-излучением при мощности 600 Вт, частоте 2,45 Гц, в течение 1 мин с помощью бытовой микроволновой печи.

Удельная площадь поверхности сорбентов определялась по методике ASTM D6556-21 путем оценки количества поглощенного образцом азота, адсорбированного при заданном давлении и температуре с помощью теории Брунауэра, Эммета и Теллера. Для исследования применен адсорбционный анализатор удельной поверхности и пористости «3P SYNC 210A».

Далее проверялась влагоемкость образцов сорбционного материала по методике [20]. Навеска сорбента массой 5 г помещалась в чашки, заполненные водой, при этом в зависимости от диаметра чашки слой сорбента изменялся от 1 до 30 мм. Через три часа контакта с водой сорбент извлекался и взвешивался. Влагоемкость определялась по формуле

$$W = \frac{M_c - M}{M}, \text{ г/г}, \quad (1)$$

где M_c , M – масса сырого и сухого сорбента, г.



Образцы исследуемых растительных отходов: а – сосновые опилки; б – измельченные ветки тополя; в – измельченные ветки березы; г – измельченные ветки клена

Samples of studied plant waste:

a – pine sawdust; b – crushed poplar branches; c – crushed birch branches; d – crushed maple branches

Нефтеемкость исследуемого сорбционного материала определялась в соответствии с методикой [20]. Навеску сорбента (5 г) засыпали в предварительно взвешенную металлическую сетку и погружали в масло для воздушных компрессоров «Mobil Rarus SHC 1025», выдерживали в течение 15 мин и извлекали. После того как избыток масла стекал, образец взвешивали. Нефтеемкость высчитывалась по формуле

$$K_{1M} = \frac{m_H}{m_{\text{сорб}}}, \text{ г/г}, \quad (2)$$

где m_H – масса нефти, поглощенная сорбентом, г; $m_{\text{сорб}}$ – навеска сорбента, г.

Затем исследовались сорбционные свойства образцов. На первом этапе определялась сорбционная емкость образцов по метиленовому голубому по методике согласно ГОСТ 4453-74 «Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия». Для проведения анализа готовился раствор индикатора массовой концентрации 10 мг/дм³. Навеска сорбента (5 г) помещалась в коническую колбу, прибавлялся раствор метилового голубого (100 дм³), колба закрывалась пробкой и оставлялась на 20 ч, перемешивание осуществлялось с помощью мешалки. Затем проба центрифугировалась в течение 15 мин. Раствор отбирался, разбавлялся дистиллированной водой, далее определялась оптическая плотность при помощи прибора «Спектрофотометр ПЭ-5400ви» при длине волны 645 нм. Адсорбционная активность сорбента по индикатору вычислялась по формуле

$$X = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V}{m}, \text{ мг/г}, \quad (3)$$

где C_1 – массовая концентрация исходного раствора индикатора, мг/дм³; C_2 – массовая концентрация раствора индикатора после сор-

ции, мг/дм³; V – объем раствора индикатора, дм³; m – масса навески сорбента, г.

На втором этапе определялась динамическая сорбционная емкость (далее – ДСЕ). Пробы модельных растворов (150 см³) непрерывно фильтровались сверху вниз через колонку, заполненную сорбентом (5 г), с постоянной скоростью 0,1 см³/с. Остаточная концентрация растворенных нефтепродуктов в фильтрате измерялась при помощи прибора «Флюорат 02-3М» по стандартной методике ПНД Ф 14.1:2.4.128-98 (изд. 2012 г.). Анализ проводился без достижения полной сорбционной емкости. ДСЕ определялась по формуле

$$\text{ДСЕ} = \frac{V_r \cdot C}{m}, \text{ мг/г}, \quad (4)$$

где V_r – объем раствора, вышедшего из колонки от начала опыта до появления растворенного вещества, дм³; C – равновесная концентрация раствора, мг/дм³; m – навеска сорбента, г.

Модельные растворы нефтепродуктов готовились на основе масла для воздушных компрессоров «Mobil Rarus SHC 1025». Концентрация составляла 11,3 мг/дм³, что соответствует допустимым пределам для значений хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов (не более 15 мг/дм³) и поверхностных сточных вод (от 1 до 25 мг/дм³) согласно СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения»).

Результаты. Для исследования влияния СВЧ-излучения на структуру сорбционных материалов была измерена удельная площадь поверхности до и после обработки. Полученные данные приведены в табл. 1.

В нативном состоянии наибольшей удельной площадью поверхности обладают измельченные ветки клена (1,555 м²/г), наименьшей – опилки сосны (0,955 м²/г). После проведения модификации измельченных веток клена, березы

и тополя увеличения удельной площади поверхности добиться не получилось, и она осталась практически на одном и том же уровне. При этом для образцов из сосновых опилок достигнуто максимальное увеличение параметра – удельная площадь поверхности возросла в 1,23 раза.

Результаты определения влагоемкости сорбционных материалов сведены в табл. 2.

После обработки СВЧ-излучением увеличилась влагоемкость измельченных веток березы – в 1,23 раза. Увеличение влагоемкости сосновых опилок (в 1,04 раза) и веток клена (в 1,09 раза) незначительное, а для веток березы отмечено снижение (в 1,09 раза).

При оценке нефтеемкости сорбентов отмечено, что микроволновая обработка имела вы-

сокий эффект при обработке опилок сосны – их нефтеемкость возросла в 1,42 раза, а также увеличилась нефтеемкость измельченных веток клена – в 1,2 раза. Обработка данным методом веток тополя и березы не имеет эффекта (табл. 3).

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что влагоемкость и нефтеемкость являются зависимыми параметрами: при увеличении влагоемкости увеличивается и нефтеемкость. Однако микроволновое облучение имеет значительный положительный эффект только при обработке сосновых опилок и измельченных веток клена.

Под воздействием микроволновой энергии вода в клетках древесины нагревается и закипает, создавая такое давление пара в клетках, которое приводит к разрушению стенок клетки.

Таблица 1. Удельная площадь поверхности растительных сорбентов
Table 1. Specific surface area of vegetable sorbents

Вид сорбента	Удельная площадь поверхности, м ² /г		Изменение, %
	Нативное состояние	Модифицированное состояние	
Опилки сосны	0,955	1,177	+23,2
Измельченные ветки тополя	1,376	1,388	+0,9
Измельченные ветки березы	1,482	1,505	+1,6
Измельченные ветки клена	1,555	1,573	+1,2

Таблица 2. Влагоемкость растительных сорбентов
Table 2. Moisture capacity of vegetable sorbents

Вид сорбента	Влагоемкость, г/г		Изменение, %
	Нативное состояние	Модифицированное состояние	
Опилки сосны	5,844	6,056	+3,6
Измельченные ветки тополя	7,306	6,610	-9,5
Измельченные ветки березы	8,126	10,015	+23,2
Измельченные ветки клена	8,557	9,358	+9,4

Таблица 3. Нефтеемкость растительных сорбентов
Table 3. Oil capacity of vegetable sorbents

Вид сорбента	Нефтеемкость, г/г		Изменение, %
	Нативное состояние	Модифицированное состояние	
Опилки сосны	4,55	6,44	+41,5
Измельченные ветки тополя	5,31	5,36	+0,9
Измельченные ветки березы	2,72	2,67	-1,8
Измельченные ветки клена	5,32	6,36	+19,5

Предполагается, что поры сорбента освобождаются от свободной воды, удельная поверхность увеличивается и сорбционная активность возрастает [21].

Сорбционная емкость образцов по метиленовому голубому и растворенным нефтепродуктам приведена в табл. 4 и табл. 5 соответственно.

По полученным значениям установлено, что сорбционная емкость всех образцов находится в пределах погрешности – не более 2,5 %. После обработки микроволнами отмечено наибольшее увеличение сорбционной емкости для сосновых опилок – в 1,02 раза, измельченных веток тополя – в 1,01 раза, березы – в 1,02 раза, клена – в 1,01 раза.

Наибольшую сорбционную активность в динамических условиях в нативном состоянии проявили измельченные ветки клена – их ДСЕ выше значений образцов тополя в 1,05 раза, березы – в 1,23 раза, а сосновых опилок – в 1,98 раза. Однако после выполнения модификации удалось добиться существенного повышения ДСЕ для сосновых опилок – в 1,94 раза, для из-

мельченных веток березы – в 1,37 раза. При обработке веток клена достигнуто незначительное увеличение ДСЕ (в 1,08 раза), а при обработке веток тополя – уменьшение (в 1,13 раза), что может быть связано с особенностями структуры и необходим иной метод модифицирования.

Наибольшие изменения в структуре и свойствах под воздействием СВЧ-излучения отмечены для сосновых опилок, что вызвано особенностями данной древесной породы. В первую очередь под воздействием микроволновой энергии разрушаются клетки сердцевидного луча, так как имеют более тонкие стенки, чем клетки основной древесной ткани (трахеиды, либриформы), происходит размягчение и выдавливание смолы, затем свободная вода в клетках древесины закипает. Все это приводит к образованию открытых пор, разрушению стенок клетки и созданию тонких радиальных трещин, вследствие чего увеличивается удельная площадь поверхности и, соответственно, возрастает сорбционная активность образца [21].

Таблица 4. Сорбционная емкость растительных сорбентов по метиленовому голубому
Table 4. Sorption capacity of plant sorbents by methylene blue

Вид сорбента	Сорбционная емкость по метиленовому синему, мг/дм ³		Изменение, %
	Нативное состояние	Модифицированное состояние	
Опилки сосны	0,123	0,126	+2,4
Измельченные ветки тополя	0,125	0,126	+0,8
Измельченные ветки березы	0,125	0,127	+1,6
Измельченные ветки клена	0,126	0,127	+0,8

Таблица 5. Динамическая сорбционная емкость растительных сорбентов по растворенным нефтепродуктам
Table 5. Dynamic sorption capacity of plant sorbents for dissolved petroleum products

Вид сорбента	ДСЕ по растворенным нефтепродуктам, мг/дм ³		Изменение, %
	Нативное состояние	Модифицированное состояние	
Опилки сосны	0,052	0,101	+94,2
Измельченные ветки тополя	0,098	0,087	-11,2
Измельченные ветки березы	0,084	0,115	+36,9
Измельченные ветки клена	0,103	0,111	+7,7

Выводы. Исследование способа модификации фитосорбентов микроволнами показало, что после обработки происходит увеличение удельной площади поверхности сосновых опилок на 41,5 %, измельченных веток клена – на 19,5 %. Соответственно у сосновых опилок

и измельченных веток клена также отмечено улучшение сорбционных свойств: при незначительном увеличении влагоемкости сорбционная емкость по метиленовому голубому и растворенным нефтепродуктам сосновых опилок возросла на 2,4 и 94,2 % соответственно, веток

клена – на 0,8 и 7,7 % соответственно. Нефтеемкость сосновых опилок увеличилась на 41,5 %, веток клена – на 19,5 %.

Микроволновая обработка измельченных веток березы позволила добиться увеличения сорбционной емкости по метиленовому голубому на 1,6 %, по растворенным нефтепродуктам – на 36,9 %, также произошло увеличение влагоемкости (на 23,2 %) и незначительное увеличение удельной площади (на 1,6 %), однако по нефтеемкости отмечен отрицательный эффект.

При обработке измельченных веток тополя данный вид модификации неэффективен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Место активных углей в экологии и экономике, новые технологии их производства / В.М. Мухин, А.А. Курилкин, Н.Л. Воропаева, К.В. Лексюкова, П.В. Учанов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2016. Т. 16, № 3. С. 346–353.
2. Патент № 2228293. Способ получения дробленого активного угля из скорлупы орехов: № 2002134878/15: заявл. 23.12.2002: опубл. 10.05.2004 / А.Н. Тамамьян, В.М. Мухин, И.Н. Зубова, А.Н. Макеева, В.А. Поляков, Е.Н. Яковлева, М.Н. Таратун; патентообладатель ОАО «Заря». 5 с.
3. Якубовский С.Ф., Булавка Ю.А., Попкова Л.А., Писарева С.С. Сорбционные свойства природных целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов для сбора проливов нефтепродуктов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. 2013. С. 110–114.
4. Пашаян А.А., Нестеров А.В. Создание нефтепоглощающих сорбентов совместной утилизацией древесных опилок и нефтяных шламов // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, № 9. С. 144–147.
5. Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью природных и искусственных сорбентов / Н.М. Привалова, М.В. Двадненко, А.А. Некрасова, О.С. Попова, Д.М. Привалов // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 113(09). С. 1–10.
6. Reza Behnood, Bagher Anvaripour, Nematollah Jaafarzade Haghighi Fard, Masoumeh Farasati. Application of Natural Sorbents in Crude Oil Adsorption. Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology. 2013. V. 2. N. 4. P. 1–11.
7. Ikenyiri PN, Ukpaka CP. Overview on the Effect of Particle Size on the Performance of Wood Based Adsorbent. J Chem Eng Process Technol. 2016. V. 7. I. 5. 4 p. DOI: 10.4172/2157-7048.1000315.
8. Адсорбенты для сбора нефти [Электронный ресурс]. URL: <http://www.grantor.by/adsorbenty-dlya-sbora-nefti> (дата обращения: 05.02.2025).
9. Сорбент ВИВАН. Сорбент нефтепродуктов [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--90ahanknkqgiv0e.xn--p1ai/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82/8-%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82-%D0%BD.html> (дата обращения: 05.02.2025).
10. Грун Н.А., Ким А.Н. Вопросы питьевого водоснабжения и пути их решения методом доочистки водопроводной воды на фильтрах с березовым активированным углем, модифицированным фуллеренами // Градостроительство и архитектура. 2013. Т. 3, № 4. С. 28–32. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.04.5.
11. Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М. Использование лузги гречихи (гранулированной) в очистке городских поверхностных сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 37–44. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.5.
12. Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Головина С.Г. Скорлупа грецкого ореха как перспективный сорбент в очистке поверхностных сточных вод с городских территорий // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 1. С. 19–26. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.03.
13. Absorbents and spill control [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bradvid.com.sg/absorbents> (дата обращения: 05.02.2025).
14. Брюхов М.Н., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Денисов С.Е. Роль природных сорбентов и отходов трубного производства в очистке кислых железосодержащих сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 11–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.02.
15. Влияние СВЧ-обработки клиноптилолита на его ионообменные кинетические свойства / Т. Бахия, Р.Х. Хамизов, М.Д. Бавижев, М.А. Конов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2016. Т. 16, № 6. С. 803–812.
16. Изучение способа получения гидрофобного сорбента на основе модифицированного торфа / Е.А. Баннова, Н.К. Китаева, С.М. Мерков, М.В. Мучкина, Е.П. Залозная, П.Н. Мартынов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13, Вып. 1. С. 60–68.
17. Бельчинская Л.И., Ходосова Н.А., Новикова Л.А. Влияние различных механизмов нагрева слоистого алюмосиликата на сорбционные процессы. Сообщение 1. Сорбция воды при тепловом и электромагнитном (СВЧ) нагреве монтмориллонита // Сорбционные и хроматографические процессы. 2017. Т. 17, № 5. С. 781–791.
18. Foo K.Y., Hameed K.Y. Microwave-assisted regeneration of activated carbon. Bioresource Technology. 2012. N. 119. P. 234–240.
19. Вялкова Е.И. Извлечение нефтепродуктов из сточных вод природными сорбентами Арктики // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 4. С. 25–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.4.
20. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные адсорбенты. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 268 с.
21. Torgovnikov G., Vinden P. Microwave wood modification technology and its application. Forest products journal. 2010. V. 60. N. 2. P. 173–182. DOI: 10.13073/0015-7473-60.2.173.

REFERENCES

1. Mukhin V.M., Kurilkin A.A., Voropaeva N.L., Leksyukova K.V., Uchanov P.V. Place of active coals in ecology and economy, new technologies of their production. *Sorbcionnye i hromatograficheskie process* [Sorption and Chromatographic Processes], 2016, vol. 16, no. 3, pp. 346–353. (in Russian)
2. Tamamyanyan A.N., Mukhin V.M., Zubova I.N., Makeeva A.N., Polyakov V.A., Yakovleva E.N., Taratun M.N. *Sposob poluchenija droblenogo aktivnogo uglja iz skorlupy orehov* [Method of obtaining crushed active carbon from nut shells]. Patent RF, no. 2228293, 2004.
3. Yakubovsky S.F., Bulavka Yu.A., Popkova L.A., Pisareva S.S. Sorption properties of natural cellulose and lignin-containing waste for collecting petroleum product spills. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Polotsk State University], 2013, pp. 110–114. (in Russian)
4. Pashayan A.A., Nesterov A.V. Creation of oil absorbing sorbents by combined utilization of sawdust and oil sludge. *Vestnik tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the University of Technology], 2017, vol. 20, no. 9, pp. 144–147. (in Russian)
5. Privalova N.M., Dvadenko M.V., Nekrasova A.A., Popova O.S., Privalov D.M. Treatment of oily wastewater using natural and artificial sorbents. *Nauchnyj zhurnal KubGAU* [Scientific journal KubSAU], 2015, no. 113(09), pp. 1–10. (in Russian)
6. Reza Behnood, Bagher Anvaripour, Nematollah Jaafarzade Haghighi Fard, Masoumeh Farasati. Application of Natural Sorbents in Crude Oil Adsorption. *Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology*. 2013. V. 2. N. 4. P. 1–11.
7. Ikenyiri PN, Ukpaka CP. Overview on the Effect of Particle Size on the Performance of Wood Based Adsorbent. *J Chem Eng Process Technol*. 2016. V. 7. I. 5. 4 p. DOI: 10.4172/2157-7048.1000315
8. *Adsorbents for oil recovery*. Available at: <http://www.grantorf.by/adsorbenty-dlya-sbora-nefti> (accessed 05 February 2025).
9. *VIVAN sorbent. Petroleum product sorbent*. Available at: <https://xn--90ahanknkgiv0e.xn--p1ai/%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82/8-%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82-%D0%B2%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD.html> (accessed 05 February 2025).
10. Grun N.A., Kim A.N. Issues of drinking water supply and ways to solve them by the method of additional treatment of tap water on filters with birch activated carbon modified with fullerenes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, vol. 3, no. 4, pp. 28–32. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.04.5
11. Samodolova O.A., Ulrikh D.V., Lonzinger T.M. Using Granuated Buckwheat Husks in Urban Surface Runoff Treatment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 37–44. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.5
12. Samodolova O.A., Ulrich D.V., Lonzinger T.M., Golovina S.G. Walnut shells as a promising sorbent in the treatment of surface wastewater from urban areas. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 19–26. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.03
13. *Absorbents and spill control*. Available at: <https://www.bradayid.com.sg/absorbents> (accessed 05 February 2025).
14. Bryukhov M.N., Ulrich D.V., Lonzinger T.M., Denisov S.E. The role of natural sorbents and pipe waste in the treatment of acidic iron-containing wastewater. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 11–19. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.02
15. Bakhia T., Khamizov R.H., Bavizhev M.D., Konov M.A. Effect of microwave treatment of clinoptilolite on its ion-exchange kinetic properties. *Sorbcionnye i hromatograficheskie process* [Sorption and Chromatographic Processes], 2016, vol. 16, no. 6, pp. 803–812. (in Russian)
16. Bannova E.A., Kitaeva N.K., Merkov S.M., Muchkina M.V., Zaloznaya E.P., Martynov P.N. Study of the method for producing a hydrophobic sorbent based on modified peat. *Sorbcionnye i hromatograficheskie process* [Sorption and Chromatographic Processes], 2013, vol. 13, iss. 1, pp. 60–68. (in Russian)
17. Belchinskaya L.I., Khodosova N.A., Novikova L.A. Influence of different heating mechanisms of layered aluminosilicate on sorption processes. Message 1. Water sorption during thermal and electromagnetic heating of montmorillonite. *Sorbcionnye i hromatograficheskie process* [Sorption and Chromatographic Processes], 2017, vol. 17, no. 5, pp. 781–791. (in Russian)
18. Foo K.Y., Hameed K.Y. Microwave-assisted regeneration of activated carbon. *Bioresource Technology*. 2012. N. 119. P. 234–240.
19. Vialkova E.I. Extraction of Petroleum Products from Wastewater by Natural Sorbents of the Arctic. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 25–33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.4
20. Kamenshchikov F.A., Bogomolny E.I. *Neftjanye adsorbenty* [Petroleum adsorbents]. Moscow, Izhevsk, Research Center “Regular and Chaotic Dynamics”, 2005. 268 p.
21. Torgovnikov G., Vinden P. Microwave wood modification technology and its application. *Forest products journal*. 2010. V. 60. N. 2. P. 173–182. DOI: 10.13073/0015-7473-60.2.173

Об авторе:

КОРШИКОВА Елена Сергеевна

доцент кафедры инженерных систем и сооружений
Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: korshikovaes@yandex.ru

KORSHIKOVA Elena S.

Associate Professor of the Engineering Systems
and Structures Chair
Tyumen Industrial University
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo st., 38
E-mail: korshikovaes@yandex.ru

Для цитирования: Коршикова Е.С. Воздействие микроволнового излучения на свойства растительных сорбентов в технологии очистки сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 52–59. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.08.

For citation: Korshikova E.S. The effect of microwave radiation on the properties of plant sorbents in wastewater treatment technology. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 52–59. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.08.

Принята: 15.05.2025 г.

С. Ю. ТЕПЛЫХ
О. П. РАДЧЕНКО
Д. П. КЛОЧКОВ

ВНЕДРЕНИЕ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ УЧАСТКАХ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

INTRODUCTION OF RECYCLED WATER SUPPLY IN MOTOR TRANSPORT SITES OF CONSTRUCTION PRODUCTION FACILITIES

Рассмотрены проблемы загрязнения окружающей среды вследствие работы автотранспортных предприятий и в результате загрязнения транспорта на строительных площадках. Описаны факторы воздействия на окружающую среду при ведении строительных работ. Показаны основные загрязнители сточных вод. Обозначены основные загрязняющие вещества, такие как нефтепродукты. Показан процесс образования и накопления загрязняющих веществ в стоках автопредприятий и на строительных производствах. Представлены фотоматериалы загрязненной сточной воды после мойки автотранспорта. Обозначены концентрации основных загрязняющих веществ, образующихся после мойки машин и автобусов. Предложена технология оборотного водоснабжения для очистки сточных вод и возврата очищенной воды повторно на обмыв автотранспорта до внедрения сорбционной очистки и после нее.

Ключевые слова: автотранспортные предприятия, строительное производство, сточная вода, технология очистки, автотранспорт, сорбент, оборотное водоснабжение, мойка автотранспорта, загрязняющие вещества, нефтепродукты

The problems of environmental pollution due to the operation of motor transport enterprises and as a result of pollution of vehicles at construction sites are considered. Environmental impact factors during construction are described. The main wastewater pollutants are shown. The main pollutants, such as petroleum products, are indicated. The process of formation and accumulation of pollutants in the drains of automobile enterprises and in construction industries is shown. Photographic materials of contaminated waste water after washing vehicles are presented. The concentrations of the main pollutants formed after washing cars and buses are indicated. recirculating water supply technology is proposed for waste water treatment and recirculation of treated water for vehicle washing before and after sorption treatment.

Keywords: motor transport enterprises, construction production, waste water, treatment technology, motor transport, sorbent, recycling water supply, motor vehicle washing, pollutants, oil products

В ходе деятельности автотранспортных и строительных производств неизбежно появляются различные виды отходов. Это отходы бытового, производственного и технического назначения, а также загрязненная вода, которая образуется в результате промывки оборудования [1–3]. Даже небольшое количество опасных веществ постепенно попадает в водные объекты.

Вода, стекающая с территорий автотранспортных и строительных комплексов, содержит множество загрязняющих элементов: твердые частицы, нефтяные продукты, масла, остатки асфальта, песок, смазочно-охлаждающие жидкости, соли тяжелых металлов, топливо и поверхностно-активные вещества из моющих средств. Нефтяные загрязнения могут

быть в виде чистых углеводородов, эмульсий или растворенных веществ.

Часто городские очистные сооружения не справляются с удалением таких загрязнений, в связи с чем требуется предварительная очистка стоков непосредственно на предприятиях.

Нефтепродукты с трудом поддаются биологическому распаду в общих очистных системах. Поэтому необходимо их предварительное удаление в месте образования, т. е. очистка загрязненной воды перед ее поступлением в канализационную сеть [4].

Опасные вещества [5] постоянно накапливаются в сточных водах, образующихся на автотранспортных и строительных площадках, негативно влияя на состояние водных ресурсов

как на территории предприятия, так и за его пределами. Изучение экологического воздействия строительной и автомобильной отраслей подчеркивает важность дальнейшего исследования данной проблемы.

В табл. 1 приводятся некоторые данные о негативных воздействиях на окружающую природную среду на разных этапах строительных работ.

Из таблицы видно, что негативное влияние строительной сферы и автопроизводства на экологическую обстановку влечет за собой потребность в детальном рассмотрении данного вопроса.

В ходе функционирования стройплощадок и автопарков отмечается интенсивное загрязнение как внешних, так и внутренних поверхно-

стей оборудования, соответственно требуется их систематическая очистка.

На рис. 1 представлены фотографии загрязненной поверхности автотранспорта (днища, колес и пр.).

Значительная доля загрязняющих элементов в сточных водах образуется из-за процессов, связанных с автомойкой и особенно с ремонтом автомобилей. К типичным загрязнителям относятся взвешенные вещества, нефтепродукты и мелкий абразив, состоящий из асфальтовой крошки и песка, скапливающихся на дорогах.

Воды, стекающие со строительных площадок, зачастую содержат более высокую концентрацию вредных компонентов, превышающую допустимые уровни. Это также связано с интенсивной работой строительной техники и недо-

Таблица 1. Экологические последствия на окружающую среду на разных этапах строительных работ
Table 1. Environmental impacts at different stages of construction works

Тип работ	Основные воздействия на экологию (экологические вопросы)
Транспортировка стройматериалов	Загрязнение внешней части грузового транспорта
Перевозка персонала строительных компаний	Загрязнение внешних и внутренних элементов автобусов и микроавтобусов
Подготовка строительной площадки	Генерация строительного мусора и вынос грязи колесами автотранспорта; загрязнение дорожного покрытия, попадание сточных вод
Транспортировка, погрузка и разгрузка, эксплуатация компрессоров, отбойных молотков и т. д.	Загрязнение поверхностей автотранспорта, оборудования, механизмов
Работы с камнем и бетоном	Образование отходов, потенциальное загрязнение воздуха пылью, загрязнение воды, загрязнение поверхностей строительного оборудования



Рис. 1. Загрязненные поверхности автотранспорта
Fig. 1. Contaminated motor vehicle surfaces

статочным использованием специализированных очистных сооружений.

В табл. 2 представлен список загрязнителей, типичных для сточных вод, образующихся при очистке автотранспорта.

Из табл. 2 видна существенная разница в уровнях загрязнения сточных вод, образующихся на автотранспортных участках стройплощадок по сравнению с аналогичными показателями на автотранспортных предприятиях. Вероятной причиной этого также является более активная эксплуатация техники и оборудования на строительных объектах и отсутствие специализированных систем очистки.

Первостепенной задачей является создание и внедрение постоянно действующей системы мониторинга и контроля качества сточных вод, позволяющей своевременно выявлять и устранять источники загрязнения. Для предотвращения загрязнения необходимо разрабатывать и использовать системы отслеживания и регулирования параметров сбрасываемых вод, что позволит определять и обезвреживать источники вредных веществ [6, 7].

Ключевым моментом является внедрение передовых технологий очистки, направленных на сокращение объемов сбрасываемой жидкости, извлечение нефтепродуктов для их вторичного использования, а также активное применение замкнутых циклов водоснабжения.

Зачастую промышленные предприятия не имеют действенных систем рециркуляции воды, либо существующие очистные сооружения не позволяют повторно использовать очищенную воду из-за несоответствия требованиям. Это объясняется сложностью обслуживания и высокой стоимостью оборудования, упрощенными схемами локальных очистных сооружений, стремлением сэкономить на очистке и избежать штрафов. Проблема загрязнения окружающей среды отходами автомоек и стройплощадок остается актуальной и требует разработки результативных способов очистки, учитывающих особенности каждого предприятия и обеспечивающих снижение концентрации вредных веществ до допустимых значений.

В качестве выхода предлагается замкнутый цикл водопользования с применением сорбционной очистки, а именно интегрированный метод, сочетающий отстаивание с последующим сорбционным удалением загрязняющих элементов. Вода, прошедшая механическую подготовку и финальную сорбционную обработку с использованием опоки, достигает уровня очистки, позволяющего использовать её повторно в замкнутом цикле (табл. 3). Таким образом, она пригодна для возврата в производственный процесс.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование опоки как сорбционного материала позволяет существенно улучшить качество сточных вод, удаляя из них загрязняющие вещества, в том числе нефтепродукты, часто обнаруживаемые в высоких концентрациях в отходах, образующихся при мойке автомобилей.

Основываясь на представленных результатах, можно сделать вывод, что проведенные исследования приближают к достижению цели – разработке действенной системы очистки, дающей ощутимые экономические и экологические преимущества. Эксперименты по сорбционному удалению загрязнений из стоков позволили разработать схему водоочистки с использованием природного алюмосиликата – опоки. На рис. 2 и 3 наглядно показаны системы рециркуляции воды до и после внедрения предложенного технологического решения.

Важным плюсом предлагаемой сорбционной технологии является ее простая реализация и возможность как полной, так и частичной автоматизации всего процесса и его отдельных фаз.

Тестирование сорбентов марок СВ-1-3, СВ-5 и СВ-7 в процессе очистки сточных вод, загрязненных эмульгированными нефтепродуктами, выявило их значительную эффективность и перспективность применения в системах оборотного водоснабжения.

Разработанная технологическая схема локальной очистки стоков от взвешенных частиц и эмульгированных нефтепродуктов обеспечивает получение очищенной воды, в которой концентрация нефтепродуктов не превышает 5 мг/дм^3 , а взвешенных веществ – $3,5 \text{ мг/дм}^3$. Это соответствует требованиям для повторного использования воды в замкнутом цикле.

Полученные данные позволяют утверждать, что разработанная технология эффективно устраняет как взвешенные частицы, так и эмульгированные нефтепродукты из загрязненных стоков, обеспечивая показатели, достаточные для возврата очищенной воды в производственный цикл. Исследованные сорбционные материалы продемонстрировали высокую эффективность в удалении нефтепродуктов.

Загрязнение окружающей среды сточными водами, образующимися на автотранспортных и строительных площадках, представляет собой серьезную проблему, требующую разработки эффективных методов очистки. Необходимо учитывать специфические особенности каждого предприятия и обеспечивать снижение концентрации загрязняющих веществ до установленных нормативов. Будущие исследования должны быть направлены на создание

Таблица 2. Содержание вредных примесей в отработанной воде, образующейся на автотранспортных зонах стройплощадок и в автохозяйствах в сравнении с нормативами
Table 2. Content of Harmful Impurities in Waste Water Generated in Motor Transport Areas of Construction Sites and Motor Vehicles in Comparison with Standards

Показатель	Концентрация загрязненных сточных вод, мг/л	СанПиН 2.1.5.980	ПДК РХ
рН	7–7,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Взвешенные вещества	2500–5000	0,75	0,25
Нефтепродукты	30–80	0,3	0,05

Таблица 3. Эффективность очистки сточных вод от общих загрязнений на разных этапах
Table 3. Efficiency of wastewater treatment from general contaminants at different stages

Показатель	Исходный уровень загрязнения	Этап обработки			Эффективность очистки, %
		после пескоуловителя	после отстаивания	после сорбции	
Взвешенные вещества, мг/дм ³	700–550	70–55	14–11	3,5	До 99 %
Эмульгированные нефтепродукты, мг/дм ³	90	62,5	35	До 5	До 95 %
Запах, балл	5	4	3	2	100 %
Цвет	Темно-коричневая (до черного)	Светло-коричневая	Светло-коричневая	Бесцветная (прозрачная)	Бесцветная (прозрачная)



Рис. 2. Система оборотного водоснабжения на автопредприятии до внедрения технологии
Fig. 2. Recirculated water supply system at the automobile enterprise prior to technology implementation



Рис. 3. Система оборотного водоснабжения на автопредприятии после внедрения технологии
Fig. 3. Circulating Water Supply System at the Automobile Plant after technology implementation

и внедрение инновационных подходов к очистке стоков, учитывающих характеристики загрязнения и экономическую целесообразность.

Выводы. Результаты исследований показывают, что значительный объем сточных вод, образующихся на автотранспортных и строительных объектах, обуславливает необходимость их эффективной очистки. Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что сорбционный метод с использованием природных сорбентов является оптимальным и экономически выгодным решением.

Существенным преимуществом сорбционной технологии является простота ее аппаратной реализации, а также возможность внедрения полной или частичной автоматизации процесса очистки стоков.

В рамках реализации принципов безотходного производства отработанная опока может быть использована в различных областях:

- в качестве строительного материала, например щебня или опочно-грунтовых смесей, для устройства дорожных покрытий дорог IV и V категорий в определенных дорожно-климатических зонах;

- в качестве компонента для производства бетона, где опока может выступать в роли заполнителя и активной минеральной добавки к цементу.

Применение опоки позволяет достичь высокой степени очистки сточных вод от нефтепродуктов (до 95 %), что позволяет использовать очищенную воду в системах оборотного водоснабжения.

Для эффективного решения проблемы загрязнения окружающей среды сточными водами автотранспортных и строительных предприятий необходим комплексный подход, включающий разработку и внедрение передовых технологий очистки, совершенствование нормативно-правовой базы, стимулирование экологически ответственного поведения предприятий, повышение экологической культуры и ответственности персонала, регулярный мониторинг водных ресурсов, внедрение принципов устойчивого строительства и логистики, разработку автоматизированных систем контроля, усиление контроля за соблюдением экологических норм, международное сотрудничество, применение инновационных технологий, разработку систем управления отходами, проведение экологических аудитов, внедрение систем сертификации, а также экологическое просвещение населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прохоров Д.Л., Прохорова Н.Л. Проблемы загрязнения городской среды предприятиями автосервиса // Альтернативные источники энергии

в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 281–284.

2. Москвичева Е.В., Радченко О.П., Клочков Д.П. Сточные воды автотранспорта на строительных площадках // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2023»: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М. И. Платова. Новочеркасск, 2023. С. 50–54.

3. Радченко О.П., Поздняков А.П., Клочков Д.П. Обеспечение условий, повышающих экологическую безопасность автопредприятий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 2(87). С. 115–122.

4. Пат. 2712571 Российская Федерация, МПК C02F 9/02 (2006.01) Система оборотного водоснабжения для автотранспортных предприятий / Е. В. Москвичева, О. П. Радченко, Д. П. Клочков; ВолгГТУ. Волгоград, 2020.

5. Москвичева Е.В. Радченко О.П., Клочков Д.П. Состав сточных вод, образующихся после обмыва автотранспорта на строительных площадках // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2020. № 1(78). С. 182–189.

6. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалёв П.А., Саргсян А.М. Разработка установки для очистки сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 1. С. 52–57. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.9.

7. Шувалов М.В. Системный анализ эволюции нормативных требований к составу и свойствам сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 43–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.7.

REFERENCES

1. Prokhorov D.L., Prokhorova N.L. Problems of urban pollution by car service enterprises. *Al'ternativnye istochniki jenergii v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovaniya* [Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects for rational use], 2014, no. 1, pp. 281–284. (in Russian)

2. Moskvicheva E.V., Radchenko O.P., Klochkov D.P. Motor vehicle wastewater at construction sites. *Tehnologii ochistki vody «TEHNOVOD-2023»: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Technologies of water purification “TECHNOVOD-2023”: materials of the XIV International. scientific-practical. conf.]. Novocherkassk, South - Ros. state. polytechnic. University (NPI) named after M. I. Platova, 2023, pp. 50–54. (In Russian).

3. Radchenko O.P., Pozdnyakov A.P., Klochkov D.P. Ensuring conditions that increase the environmental safety of automobile enterprises. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering.

Series: Construction and Architecture], 2022, iss. 2(87), pp. 115–122. (in Russian)

4. Moskvicheva E.V., Radchenko O.P., Klochkov D.P. *Sistema oborotnogo vodosnabzheniya dlja avtotransportnyh predpriyatij* [Circulating water supply system for motor transport enterprises]. Patent RF, no. 2712571, 2020.

5. Moskvicheva E.V., Radchenko O.P., Klochkov D.P. Composition of wastewater generated after washing vehicles at construction sites. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2020, no. 1(78), pp. 182–189. (in Russian)

6. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Design of waste water treatment unit. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no 1, pp. 52–57. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.9

7. Shuvalov M.V. System Analysis of Normative Requirements Evolution in Terms of Composition and Characteristics of Sewage Discharged into Surface Water Bodies. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 43–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.7

Об авторах:

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: lana2802@mail.ru

TEPLYKH Svetlana Yu.

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
Professor of the Water Supply and Sanitation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: lana2802@mail.ru

РАДЧЕНКО Ольга Петровна

старший преподаватель кафедры технологии
строительного производства
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: olga.radchenko.82@mail.ru

RADCHENKO Olga P.

Senior Lecturer of the Construction Technology Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: olga.radchenko.82@mail.ru

КЛОЧКОВ Дмитрий Петрович

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии
строительного производства
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: look_back_in@mail.ru

KLOCHKOV Dmitry P.

PhD Engineering Sciences,
Associate Professor of the Construction Technology Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: look_back_in@mail.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю., Радченко О.А., Клочков Д.П. Внедрение оборотного водоснабжения на автотранспортных участках объектов строительного производства // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 60–65. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.09.

For citation: Teplykh S.Yu., Radchenko O.A., Klochkov D.P. Introduction of recycled water supply in motor transport sites of construction production facilities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 60–65. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.09.

Принята: 01.06.2025 г.



Д. В. ЛЕЩЕНКО
Н. М. МАКСИМОВ
К. П. ЯКУНИН
А. Г. ФЕДЯКИН

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ АНАЛОГА ДАМАССКОЙ СТАЛИ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕВОЛОКНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА

METHOD FOR OBTAINING AN ANALOG OF DAMASCUS STEEL
WITH GEOMETRICALLY DISTRIBUTED INCLUSIONS THROUGH
THE USE OF A CARBON FIBER CATALYST

Исследование посвящено разработке технологии изготовления многослойных образцов стали, которая по структуре напоминает дамасскую сталь, но с одним отличием: углерод в структуре стали представлен не только графитом, но и геометрически распределенными включениями фрагментов углеволокна. Внесение в структуру углеволокна осуществляется с помощью никелевого углеволокнистого катализатора, включаемого в стальные многослойные пакеты дляковки. Примечательно, что в полученных образцах многослойной стали углерод присутствует не только в виде графита, но и в виде углеродных нанотрубок, присутствующих в составе исходного углеволокна, из которого был изготовлен никелевый углеволокнистый катализатор. Основной перспективой развития данного метода изготовления дамасской стали является получение нового материала для применения в строительстве серийного металлопроката.

Ключевые слова: дамасская сталь, механические свойства, ковка, стальной многослойный пакет, углеволокнистый катализатор, углеродные нанотрубки, углеволокно

Введение

Дамасская сталь благодаря своим механическим свойствам и уникальному декора-

The work is dedicated to the development of a technology for manufacturing multi-layer steel samples, which in structure resembles Damascus steel but with one key difference: the carbon in the steel structure is represented not only by graphite but also by geometrically distributed inclusions of carbon fiber fragments. The incorporation of carbon fiber into the structure is achieved using a nickel-carbon fiber catalyst, which is embedded into multi-layer steel packets for forging. Notably, in the obtained multi-layer steel samples, carbon is present not only in the form of graphite but also in the form of carbon nanotubes, which are part of the original carbon fiber used to produce the nickel-carbon fiber catalyst. The primary prospect for the development of this method of producing Damascus steel lies in creating a new material suitable for use in construction-grade serial metal rolling.

Keywords: Damascus steel, mechanical properties, forging, multi-layer steel packet, carbon fiber catalyst, carbon nanotubes, carbon fiber

тивному виду традиционно ассоциируется с изготовлением холодного оружия. Она часто демонстрируется в музеях, посвященных оружию и декоративно-прикладному искусству.

Исторические образцы оружия из дамасской стали широко представлены в экспозициях музеев Российской Федерации, например в Государственном историко-культурном музее-заповеднике «Московский кремль» или в Государственном Эрмитаже. Масса сохранившихся образцов демонстрируется в музеях по всему миру, например на рис. 1 представлен образец из Нью-Йоркского Метрополитен-музея.

В наше время восстановлена историческая технология изготовления дамасской стали, и она дополнена такими современными методами, как электродуговая или аргоновая сварка [1]. Полученные стали находят применение в основном благодаря декоративным свойствам их структуры (рис. 2).

По поводу эксплуатационных свойств дамасской стали в источниках встречаются противоположные мнения [1–5]. Однако современные исследования и разработки позволяют рассматривать дамасскую сталь как перспективный материал для использования

в конструктивных узлах, где требуются высокие прочность, гибкость и устойчивость к динамическим нагрузкам. В рамках данного исследования была поставлена задача получения многослойных структур стали с геометрически распределенными включениями фуллеренов, углеродных нанотрубок и графитообразного углеволокна вместо графита. Рассматриваются потенциальные области применения такой дамасской стали в качестве конструкционного материала для металлопроката, а также преимущества, которыми она обладает в сравнении с традиционными сталями.

В серии экспериментов использовались стальные многослойные пакеты, состоящие из оболочки, выполненной из профилированной стальной трубы $25 \times 25 \times 1,5$ мм, внутрь которой помещались многослойные стальные пакеты, состоящие из стальных полос $0,5 \times 20 \times 200$ мм или полос из стальных сеток с различно подготовленной вуалью из углеволокна и флюсом (рис. 3). В качестве промежуточного слоя меж-



Рис. 1. Узор дамасской стали на лезвии сабли
Fig. 1. Damascus steel pattern on a saber blade

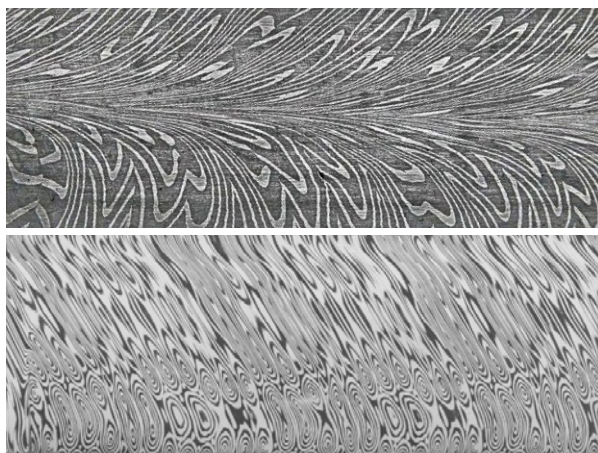


Рис. 2. Узоры дамасской стали
Fig. 2. Damascus steel patterns

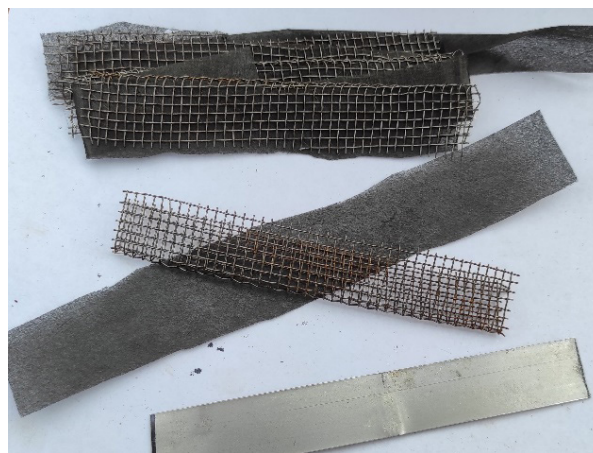


Рис. 3. Стальная полоса, полоса из сетки и вуаль из углеволокна
Fig. 3. Steel strip, mesh strip and carbon fiber veil

ду стальными полосами использовалась вуаль из углеволокна и изготовленный из той же вуали углеволокнистый катализатор с нанесенным металлическим слоем железа и никеля (рис. 4).

После размещения пакета внутри трубы она герметично заваривалась с помощью электродуговой сварки. Далее стальные многослойные пакеты нагревались в кузнечном горне до температуры выше $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 5) и расковывались пневматическим молотом (рис. 6).

После остывания раскованные образцы разрезались и из них извлекались полосы ста-



Рис. 4. Углеволокнистый катализатор
Fig. 4. Carbon fiber catalyst



Рис. 5. Стальные многослойные пакеты, помещенные в кузнечный горн
Fig. 5. Steel multilayer packages placed in a forging crucible



Рис. 6. Стальные многослойные пакеты послековки
Fig. 6. Steel multilayer packages after forging

ли, полученные из стальных пакетов. Из исследованных образцов наибольший интерес представляют образцы, изготовленные из стальной сетки и углеволокнистого катализатора. На рис. 7 представлен геометрический узор, который можно описать как иероглифический, причем контрастирование поверхности в данном случае выполнено не с помощью травления, а за счет эффекта побежалости.

В структуре стали обнаружены включения остатков углеволокнистого катализатора в виде цилиндров углеволокна, вплавленных в металл (рис. 8). В отличие от углерода, обычно присутствующего в стали в виде аморфных бесформенных включений, в данном случае наблюдаются одинаковые по диаметру включения с примерно одним диапазоном длины.

На рис. 9 представлен шлиф поперечного разреза образца стали, протравленный лимонной кислотой для повышения контрастности изображения. На микроскопическом срезе выявлены углеволокнистые включения, расположенные преимущественно параллельно относительно плоскости проката и сохранившие фрагменты волокна по всей его длине. Данная ориентация

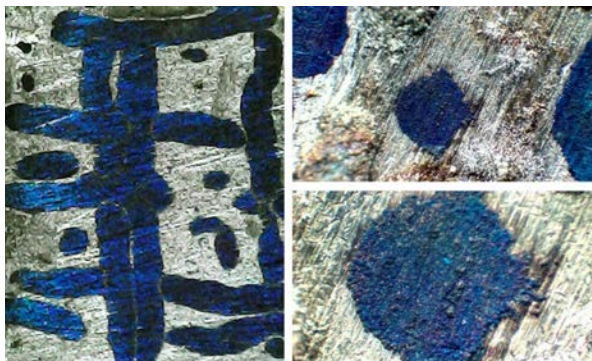


Рис. 7. Иероглифический узор
Fig. 7. Hieroglyphic pattern

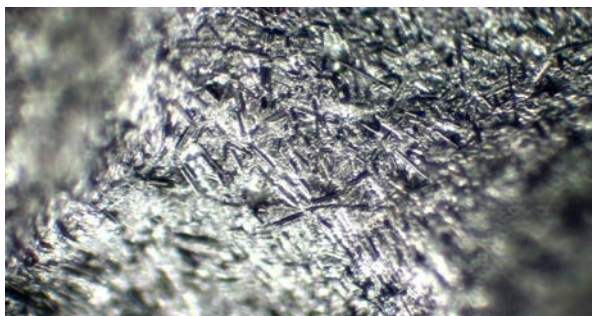


Рис. 8. Углеволокно, вплавленное в металл. Микроскопия места разрыва
Fig. 8. Carbon fiber fused into metal. Microscopy of the fracture site

волокон может эффективно противодействовать деформациям в направлении, перпендикулярном плоскости проката, повышая сопротивление изгибу и ударным нагрузкам.

Граница зон сплавления углеродистой стали с углеволокнистым никелевым катализатором представлена на рис. 10. Катализатор под воздействием проковки и ковки преобразовывается в никелевый сплав с включением фрагментов углеволокна.

При рентгенофлуоресцентном анализе (РФА) вплавленного в металл фрагмента углеволокна на графике были обнаружены пики [6], соответствующие углеродным нанотрубкам (см. рис. 10). Таким образом, в данном образце многослойной стали углерод присутствует не только в виде графита, но и в виде углеродных нанотрубок, находящихся в составе углеволокна, из которого был изготовлен углеволокнистый катализатор.

В результате исследования было установлено, что добавление металлического никеля и железа на поверхность вуали из углеволокна (углеволокнистый катализатор) в совокупности с добавлением стальных частей в многослойные пакеты после сварки ковки позволяет получить образцы многослойной стали, визуально сходной с дамасской сталью. Хотя данный метод является более технологически сложным, он требует мень-

ших трудозатрат по сравнению с традиционной технологией производства дамасской стали, что открывает перспективы для его более широкого применения в строительстве.

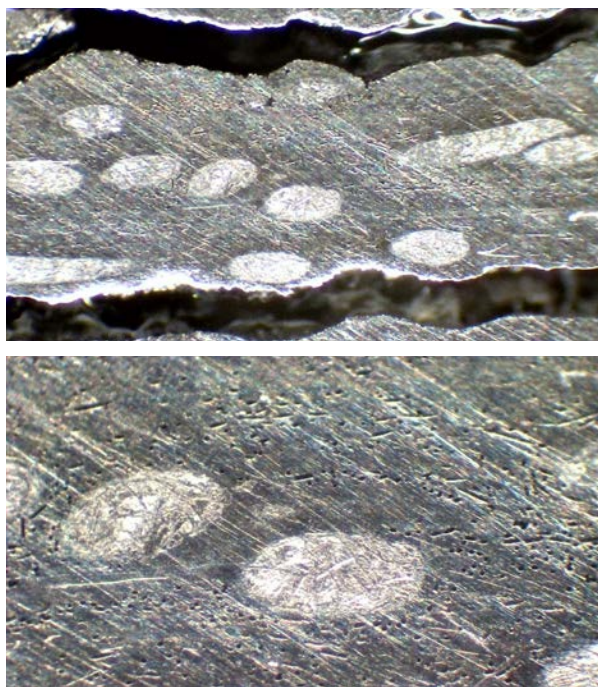


Рис. 9. Поперечный разрез стального образца при увеличении 10 и 40 крат

Fig. 9. Cross section of a steel specimen at 10× and 40× magnification

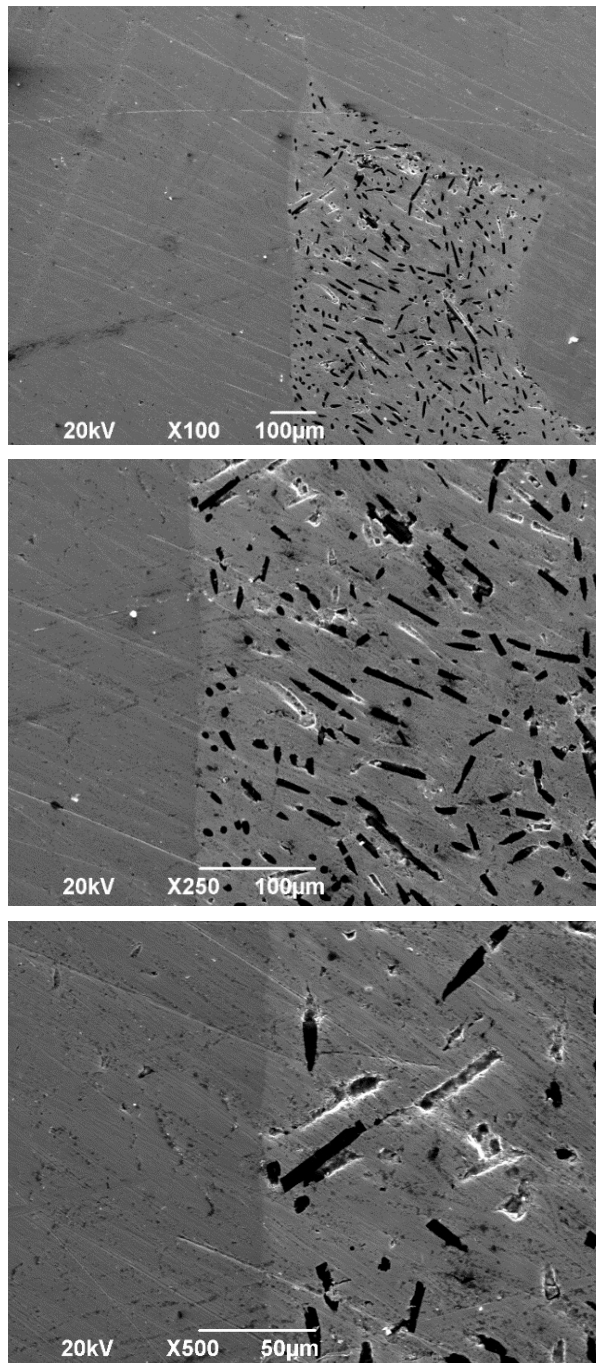


Рис. 10. Граница зон углеродистой стали и никелевого сплава с фрагментами углеволокна при увеличении 100, 250 и 500 крат

Fig. 10. Zone boundary of carbon steel and nickel alloy with carbon fiber fragments at magnifications of 100, 250 and 500×

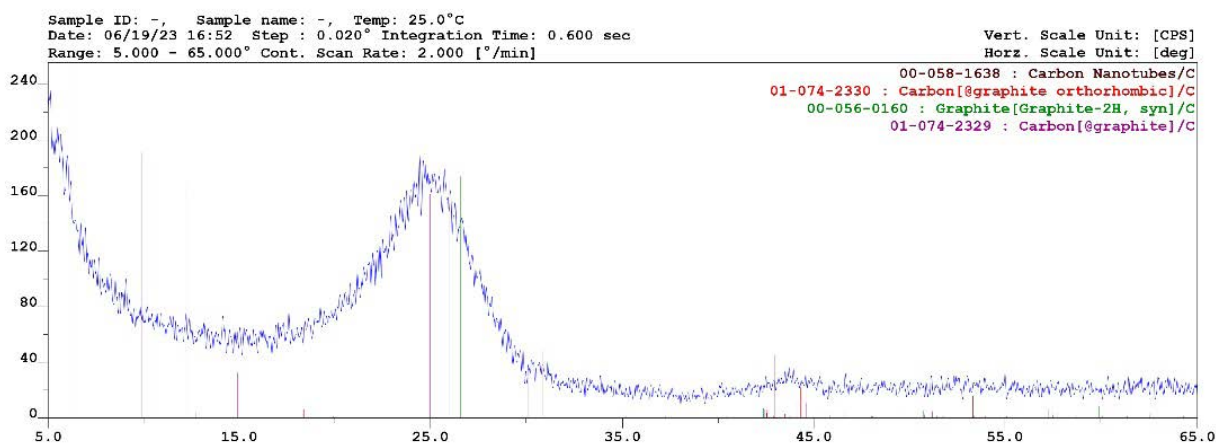


Рис. 11. РФА вплавленного в металл фрагмента углеволокна

Fig. 11. XRF of a carbon fiber fragment fused into metal

Сочетание методов изготовления углеволокнистого катализатора с нанесенными металлами и металлообработки может привести к созданию новых видов многослойных сталей с уникальными механическими и декоративными свойствами. Такие инновации способны значительно расширить области применения многослойной стали в производстве высокотехнологичных материалов, например серийного металлопроката для возведения несущих металлоконструкций с уникальными гибкостью, прочностью и с повышенной сейсмостойкостью.

Для более глубокого и комплексного понимания эксплуатационного потенциала разрабатываемой многослойной стали представляется необходимым проведение дополнительных исследований. В первую очередь, особое значение имеет исследование режимов термической обработки, включающее варьирование температуры нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения. Это позволит определить параметры, обеспечивающие оптимальные сочетания твердости и пластичности. Наряду с этим целесообразно изучение влияния различных охлаждающих сред, применяющихся при закалке (вода, масло, воздух, полимерные растворы), на микроструктуру и фазовый состав многослойной стали. Такие данные станут основой для разработки практических рекомендаций по термической обработке в промышленных условиях.

Следующим приоритетным направлением выступает оценка коррозионной стойкости металлопроката, полученного с применением рассматриваемой стали. Коррозия углеволокнистого железно-никелевого материала представляет собой важный аспект, требующий особого внимания в рамках его экспериментального и практического применения. Этот перспективный материал, обладая потенци-

ально уникальными свойствами, благодаря комбинации свойств железа, никеля и углеволокна, предполагает множество преимуществ во многих направлениях практического применения, однако его коррозионная стойкость может сильно повлиять на долговечность и эксплуатационный потенциал.

Важнейший шаг в оценке коррозионной стойкости заключается в проведении испытаний, которые позволят выявить – как различные параметры, такие как термическая обработка, микроструктура и компоненты, входящие в состав материала, скажутся на его способности противостоять коррозии. Оценка коррозионной стойкости требует обязательного применения современных методов анализа, позволяющих оценить степень повреждения поверхности и объем потерь металла. Проведение электрохимических испытаний, направленных на оценку анодных и катодных реакций в образцах разрабатываемой многослойной стали, позволит более точно оценить поведение нового материала в коррозионной среде. Особое внимание следует уделить выбору агрессивных сред, таких как кислоты или щелочи, поскольку их воздействие способно выявить слабые места материала. Возможные варианты коррозионных реагентов – растворы соляной, серной кислот, сероводорода, гидроксида натрия, аммиака, хлорида натрия. Сравнительный анализ методов испытаний также будет способствовать более детальному пониманию того, как различные режимы охлаждения и обработки повлияют на коррозионные свойства конечного продукта.

Высокая температура во время обработки многослойных сталей, полученных с применением углеволокнистого катализатора, может привести к образованию разнообразных фаз и микроструктур, которые будут по-разному реагировать

на агрессивные среды. Поэтому исследование различных режимов термической обработки, как упоминалось выше, должно включать и их влияние на коррозионную стойкость.

В конечном итоге полученные результаты помогут создать стратегию для увеличения коррозионной стойкости углеволокнистого железо-никелевого материала, что значительно расширит его область применения, включая аэрокосмическое машиностроение, автомобилестроение и строительство. Это, в свою очередь, будет способствовать более рациональному использованию производственных ресурсов, повышению безопасности эксплуатации.

Кроме того, в целях обеспечения успешной интеграции материала в производственные процессы необходимо исследовать его технологические свойства, в частности свариваемость. Оценка свариваемости должна как минимум включать в себя:

- анализ применимости различных технологий сварки (дуговая, TIG, MIG, лазерная и др.);
- исследование склонности к образованию дефектов в сварном шве;
- изучение микроструктурных изменений в зоне термического влияния;
- механические испытания сварных соединений на прочность, ударную вязкость, твердость и усталостную прочность.

Выводы. Проведение вышеперечисленных исследований позволит лучше понять, как ведет себя многослойная сталь и изделия из нее в разных условиях эксплуатации, что, возможно, станет основой для разработки новых рекомендаций в области материаловедения. Полученные результаты позволят существенно расширить возможности применения исследуемой многослойной стали в критически важных отраслях промышленного строительства, предъявляющих повышенные требования к механической прочности, устойчивости к коррозии и надежности сварных соединений.

Еще одна перспектива развития исследования – это совмещение данной технологии с технологией детонационного напыления металлических порошков [7], суть которого заключается в ускорении порошковых частиц до сверхзвуковых скоростей, что вызывает их интенсивную диффузию в приповерхностном слое металлической матрицы, в данном случае стальной сетки с углеволокнистым катализатором. Сверхзвуковые скорости обеспечивают высокое диффузионное проникновение частиц в металл матрицы, что позволит нанести покрытия, которые не подходят или неудобны для нанесения электрохимическим способом легирующих элементов, например титана, молибдена, алюминия, тантала и бериллия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урсулов А.А., Ларина Т.В. Технологии производства дамасской стали // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2024. Т. 8, № 2. С. 241–251. DOI: 10.33764/2618-981X-2024-8-2-241-251.
2. Справочник металлста. Т. 2 / под общ. ред. Н.С. Ачеркана. М.: Машиностроение, 1965. 975 с.
3. Антейн А.К. Дамасская сталь в странах бассейна Балтийского моря. Рига, 1973. 139 с.
4. Технология изготовления дамасской стали ковкой многослойных пакетов / С.А. Колчин, Ю.В. Горохов, А.А. Ковалева [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2022. Т. 20, № 1. С. 42–49. DOI: 10.18503/1995-2732-2022-20-1-42-49.
5. Волот Н.В. Современные материалы в производстве дамасской стали // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий: мат-лы науч.-практ. конф. Кострома: Костромской государственного университета, 2018. С. 55–57.
6. International centre for diffraction data. USA. Pennsylvania. 2008.
7. Опыт исследования и применения технологии нанесения детонационных покрытий / В.Ю. Ульяницкий, М.В. Ненашев, В.В. Калашников [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1-2. С. 569–575.

REFERENCES

1. Ursulov A.A., Larina T.V. Technologies of damask steel production. *Interjekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia]. 2024, vol. 8, no. 2, pp. 241–251. (in Russian) DOI: 10.33764/2618-981X-2024-8-2-241-251
2. Acherkan N.S. *Spravochnik metallista*. T. 2 [Metalworker's Handbook. V. 2]. Moscow, Mechanical Engineering, 1965. 975 p.
3. Antein A.K. *Damasskaja stal' v stranah bassejna Baltijskogo morja* [Damascus Steel in the Baltic Sea Basin]. Riga, 1973. 139 p.
4. Kolchin S.A., Gorokhov Yu.V., Kovaleva A.A. [et al.]. Technology for making Damascus steel by forging multilayer bags. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov], 2022, vol. 20, no. 1, pp. 42–49. (in Russian) DOI: 10.18503/1995-2732-2022-20-1-42-49
5. Volot N.V. Modern materials in the production of Damascus steel. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tehnologij: mat-ly nauch.-prakt. konf.* [Research and development in the field of design and technology: scientific and practical materials. conf.]. Kostroma, Kostroma State University, 2018, pp. 55–57. (In Russian).
6. International centre for diffraction data. USA. Pennsylvania. 2008.
7. Ulyanitsky V.Yu., Nenashev M.V., Kalashnikov V.V. [et al.]. Experience in research and application of detonation coating technology. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2010, vol. 12, no. 1-2, pp. 569–575. (in Russian)

Об авторах:

ЛЕЩЕНКО Дмитрий Владимирович

технический директор института по проектированию и изыскательским работам, старший преподаватель кафедры газопереработки, водородных и специальных технологий Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: Ld@samgtu.ru

МАКСИМОВ Николай Михайлович

доктор химических наук, доцент, профессор кафедры химической технологии переработки нефти и газа Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: maximovnm@mail.ru

ЯКУНИН Константин Петрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник института оборонных исследований и разработок, доцент кафедры химии и технологии полимерных и композиционных материалов, старший научный сотрудник лаборатории цифровых двойников материалов и технологических процессов их обработки Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: konst1982@gmail.com

ФЕДЯКИН Алексей Геннадьевич

главный инженер проектов института по проектированию и изыскательским работам Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: defxela@yandex.ru

LESHCHENKO Dmitry V.

Technical Director of the Institute for Design and Survey, Senior Lecturer of the Gas Processing, Hydrogen and Special Technologies Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: Ld@samgtu.ru

MAXIMOV Nikolay M.

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of the Chemical Technology of Oil and Gas Processing Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: maximovnm@mail.ru

YAKUNIN Konstantin P.

PhD in Engineering Sciences, Senior Researcher of the Institute for Defense Research and Development, Associate Professor of the Chemistry and Technology of Polymer and Composite Materials Chair, Senior Researcher of the Digital Material Twins Laboratory and Technological Processes of Heir Processing Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: konst1982@gmail.com

FEDYAKIN Alexey G.

Chief Project Engineer of the Institute for Design and Survey Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: defxela@yandex.ru

Для цитирования: Лещенко Д.В., Максимов Н.М., Якунин К.П., Федякин А.Г. Метод получения аналога дамасской стали с геометрически распределенными включениями за счет применения углеволокнистого катализатора // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 66–72. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.10.

For citation: Leshchenko D.V., Maksimov N.M., Yakunin K.P., Fedyakin A.G. Method for obtaining an analog of damascus steel with geometrically distributed inclusions through the use of a carbon fiber catalys. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 66–72. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.10.

Принята: 21.05.2025 г.

Е. И. ФРОЛОВ
М. А. АНЦЕВ
М. И. СМОЛЬКОВ
М. А. ФРОЛОВ

КОМПОЗИТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, СОСТОЯЩИЕ ИЗ КАРКАСА СО СТРУКТУРОЙ ТРЕХПЕРИОДИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЗАПОЛНЕННОГО САМОУПЛОТНЯЮЩИМСЯ ЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРОМ

COMPOSITE PRODUCTS CONSISTING OF A FRAME WITH A STRUCTURE OF
THREE-PERIODIC SURFACES FILLED WITH SELF-SEALING CONCRETE MORTAR

В работе исследуется влияние содержания трехпериодических поверхностей (ТПП), напечатанных на 3D-принтере, как армирующего каркаса, заполненного самоуплотняющимся цементным раствором, на физико-механические свойства полученного композитного изделия. Раствор включает в себя метакраолин, микрокальцит и суперпластификатор для обеспечения текучести при фиксированном водоцементном отношении. Образцы подвергали испытаниям на прочность (сжатие и изгиб) на 28-е сутки твердения. Результаты показали, что использование ТПП в качестве каркаса увеличивает прочность на изгиб до 100 %. Полученные данные подтверждают перспективность дальнейших разработок таких композитных изделий для применения в строительной отрасли.

Ключевые слова: трехпериодические минимальные поверхности, самоуплотняющиеся растворы, аддитивные технологии, испытания на прочность

The paper examines the effect of the content of three-periodic surfaces (TPS) printed on a 3D-printer as a reinforcing frame filled with self-sealing cement mortar on the physico-mechanical properties of the resulting composite product. The solution includes - metakaolin, microcalcite and a superplasticizer to ensure fluidity at a fixed water-cement ratio. The samples were subjected to strength tests (compression and bending) on the 28th day of hardening. The results showed that using the TPS as a frame increases the bending strength by up to 100 %. The data obtained confirm the prospects for further development of such composite products for use in the construction industry.

Keywords: triple-periodic minimal surfaces, self-compacting mortars, additive technologies, triple-periodic minimal surfaces, strength testing

Введение

Использование инновационных структур, таких как трехпериодические минимальные поверхности (ТПМП), для создания пористых материалов и их интеграции с бетоном и растворами является актуальной задачей по нескольким причинам: сохранение экологии, повышение энергоэффективности, замена традиционных заполнителей, элементов армирования и улучшение физико-механических характеристик конструкций [1]. В последние годы в строительной отрасли наблюдается рост выбросов углекислого газа (CO_2), достигающий 37–39 % от общего объема антропогенных эмиссий, с прогнозом увеличения до 42 % к 2050 году без внедрения инноваций [2]. Но необходимо

подчеркнуть, что этого явно недостаточно, судя по тенденции роста CO_2 -выбросов в секторе и постоянно возрастающего объема строительных работ [3]. Десятки миллиардов тонн материалов ежегодно потребляются в строительстве, что приводит к истощению природных ресурсов и накоплению отходов. Переработка и оптимизация структур с использованием ТПМП может стать источником эффективных материалов для различных отраслей, включая строительство, где используемые пористые структуры позволяют снизить вес и повысить ряд физико-механических характеристик [4]. Таким образом, интеграция ТПМП в производство строительных материалов является наиболее перспективным и быстроразвивающимся направлением. Внедрение таких структур эко-

номит ресурсы, не нанося вреда окружающей среде, но надо понимать, что на начальных этапах разработки любой инновационный подход является достаточно затратным, а инвестиции имеют немалый срок окупаемости. Использование ТПМП-материалов уменьшает количество строительного материала, необходимого для конструкций, и сокращает добычу сырьевых компонентов, способствуя устойчивому развитию. Обоснованность дальнейшего развития ТПМП-структур состоит в том, что в целом по миру на инновационные пористые материалы в строительстве приходится менее 5 % от общего объема, в то время как традиционные методы доминируют, приводя к высоким энергозатратам. К сожалению, основным подходом остается использование плотных бетонов, что усиливает экологическую нагрузку [5]. В настоящее время применение ТПМП в строительной индустрии может стать перспективным направлением для создания уникальных композитных изделий с высокими характеристиками [6]. Подобные направления должны чаще применяться в строительной отрасли.

В нашем случае, проведены исследования по использованию ТПМП-структуры, как армирующего каркаса для создания уникальных композитных изделий. А именно предварительно моделируемые для интеграции с бетонными смесями на стадии формирования, что позволит сократить расход сырьевого материала, при этом ожидаемо увеличив прочность готового композитного изделия на изгиб.

Материалы и методы

Метод генерации трёхпериодических поверхностей и новых пористых материалов на их основе

В работе [7] нами был предложен универсальный метод, предназначенный для генерации трёхпериодических поверхностей (ТПП) и их минимальных аналогов (ТПМП), который может быть применён к любой атомной сетке кристаллических структур, допускающей естественное разбиение на натуральный тайлинг. Атомные структуры некоторых кристаллов имеют конфигурации, схожие с лабиринтными сетками ТПП (например атомная решётка содалита) (рис. 1).

Атомная сетка такого кристалла декорирует соответствующую ТПП, а саму поверхность мы находим через построение разбиения, которое представляет собой разделение кристаллического пространства на обобщённые многогранники (тайлы), заполняющие это пространство без промежутков и самопере-

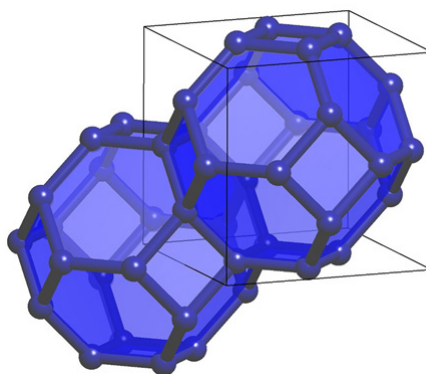


Рис. 1. Атомная структура (атомная сетка) кристалла содалит (SOD)

Fig. 1. Atomic structure (atomic network) of the sodalite (SOD) crystal

сечений. Грани тайлов образованы кольцами атомной сетки, поэтому тайлы могут быть как выпуклыми, так и невыпуклыми многогранниками и содержать двухкоординированные вершины. Из всех возможных разбиений на тайлинг можно выделить так называемый натуральный тайлинг [8], в котором тайлы минимальны, т. е. их нельзя разделить на меньшие многогранники.

Сам метод, предложенный в [9], схематически изображенный на рис. 2, представляет собой три шага:

1) *Генерация*: ТПП/ТПМП генерируются вычислительно с помощью ToposPro [10]. Используя ранее описанный подход и разбиение на натуральный тайлинг, генерация ТПП достигается путём удаления некоторых граней тайлинга при соблюдении трёх условий:

а) все вершины и ребра натурального тайлинга принадлежат ТПП (условие декорирования);

б) ребро сетки разделяется ровно двумя тайлами из натурального тайлинга (условие граней);

в) все ребра, сходящиеся в одной вершине, разделяются разными парами тайлов натурального тайлинга (условие вершин).

2) *Обработка*: модели ТПП подвергаются пространственной корректировке, сглаживанию и утолщению (рис. 3) с использованием алгоритмов Porous 3D [12], а итоговый результат, т. е. цифровой двойник пористого материала, экспортируется в формате «*.stl» для дальнейшего использования. Пространственная корректировка подразумевает алгоритм трансляции модели. Для симуляции бесконечности ТПП метод трансляции аналитически реализует параллельный перенос в прямоугольной системе координат, обеспечивая бесшовное соединение границ между соседними элементарными ячейками каркаса ТПП. Алгоритм сглаживания граней

сочетает метод Лапласа и метод оптимизации, минимизируя абсолютное значение разности между максимальным и минимальным значениями средней кривизны в каждой точке ТПП, что позволяет достичь сглаживания, подобного ТПМП. Алгоритм утолщения поверхности создаёт объёмные структуры путём смещения копии поверхности на заданную толщину.

3) *Валидация*: модель пористого материала изготавливается с помощью 3D-печати для последующего экспериментального исследования.

На основании этого метода из базы данных цеолитов (IZA) в работе [13] был выделен наиболее примечательный каркас CGF для дальнейшего использования как армирующего каркаса в композитном изделии.



Рис. 2. Разработанный метод для моделирования пористых материалов, впервые реализованный в работе [11]

Fig. 2. The developed method for modeling porous materials, first implemented in the work [11]

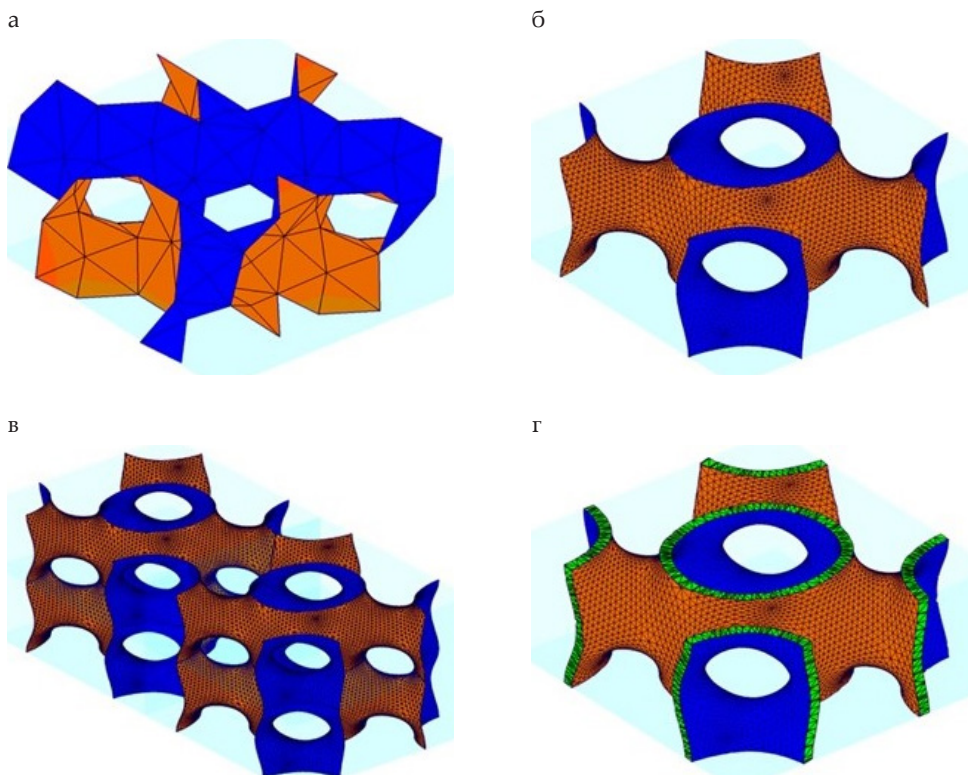


Рис. 3. Полученная ТПП из цеолита Co-Ga-P-5 (CGF) до и после обработки Porous 3D:
а – извлеченная ТПП; б – сглаженная ТПП;

в – транслированная сглаженная ТПП; г – утолщенная ТПП

Fig. 3. The obtained TPP from Co-Ga-P-5 zeolite (CGF) before and after Porous 3D treatment:
а – extracted TPP; б – smoothed TPP; в – translated smoothed TPP; г – thickened TPP

Изготовление композитного изделия

Для изготовления каркаса, представляющего собой пористый материал выбранной структуры (CGF), был использован репрезентативный объёмный элемент (РОЭ), который мог бы вписываться в куб размером 10×10×10 см и балочку размером 4×4×16 см, при этом толщина стенки составляла 2 мм. Далее РОЭ был транслирован по главным направлениям три раза и конвертирован в формат «*.stl». Печать проводилась на принтере Bambu Lab X1 Carbon 3D. Режим печати был следующий: $t_{\text{сопла}} = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v_{\text{печати}} = 200\text{ мм/с}$, $h_{\text{слоя}} = 0,16\text{ мм/с}$. Материал печати был PLA+, этот пластик обладает высокими прочностными и долговечностными характеристиками по сравнению с его аналогами.

После обсушки образцов необходимо было подобрать самоуплотняющийся раствор. На начальном этапе приготовления смеси применялся суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилата и полиарила для достижения требуемой подвижности смеси (класс А2). Однако при увеличении дозировки добавки наблюдалось расслоение смеси, при этом необходимая подвижность не была достигнута, для этого было принято решение ввести микрокальцит и метаколин для сохранения однородности и прочности смеси. Микрокальцит был введён в состав для предотвращения расслоения смеси, которое наблюдалось на начальных этапах испытаний при использовании суперпластификатора. Дозировка микрокальцита в 44,39 % от массы цемента была определена на основе экспериментальных данных, демонстрирующих оптимальное соотношение между снижением расслоения и сохранением удобоукладываемости смеси. Микрокальцит благодаря своей высокой удельной поверхности и мелкодисперсной структуре улучшает реологические свойства раствора, обеспечивая равномерное распределение частиц и снижая водоотделение. Выбор указанной дозировки основывался на балансе между технологическими характеристиками смеси и экономической целесообразностью, так как дальнейшее увеличение содержания микрокальцита могло привести к повышению расхода связующего и пластификатора [14]. Суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилата и полиарила был добавлен для достижения подвижности смеси класса А2, необходимой для эффективного заполнения пор в каркасе размером 4 мм в 3D-печатных образцах. Дозировка 0,8 % от массы цемента была установлена экспериментально как оптимальная, обеспечивающая требуемую текучесть без риска расслоения смеси. Меньшие дозировки (менее 0,8 %) не позво-

ляли достичь необходимой подвижности, в то время как более высокие дозировки (выше 1 %) вызывали сегрегацию компонентов, что подтверждалось результатами пробных замесов. Таким образом, выбранное процентное содержание суперпластификатора обеспечивало баланс между реологическими свойствами и стабильностью смеси. Метаколин (5 % от массы цемента) был введён в состав для повышения прочностных характеристик смеси. Выбранная дозировка была определена на основе анализа литературных данных и экспериментальных исследований, показывающих, что метаколин в данном количестве эффективно способствует формированию плотной микроструктуры цементного камня за счёт пуццолановой реакции. Увеличение содержания метаколлина выше 5 % могло привести к снижению подвижности смеси и увеличению водопотребности, что нежелательно для технологического процесса. Меньшие дозировки (менее 5 %) не обеспечивали значимого прироста прочности, что делало их недостаточно эффективными [15].

Состав:

1. Цемент AKKERMANN Цем I 52,5Н – **642,0 г.**
2. Песок строительный – **1046,0 г.**
3. Микрокальцит – **285,0 г.**
4. Суперпластификатор MasterGlenium 808 PAV – **5,1 г.**
5. Метаколин – **32,1 г.**
6. Вода – **293 мл.**

Результаты

Для объективной оценки возможности использования структур ТПП в качестве армирующих каркасов и получения композитного изделия был осуществлен ряд экспериментальных исследований. Основной целью работы было изучение основных физико-механических характеристик полученных изделий для оценки возможности использования подобных каркасов в строительстве.

Для этого были изготовлены пробные образцы в виде балочек (40×40×160 мм) и кубов (с ребром 100×100×100 мм). Образцы испытывали на 28-е сутки твердения, проходящего в нормальных условиях.

Испытания по определению прочности при сжатии и изгибе выполнялись на гидравлическом прессе ИП-100М-авто и БИ-1000-1 (ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб»). На рис. 4 приведены графики зависимости роста деформации образцов балочек от увеличивающейся нагрузки до момента разрушения. По графикам видно, что деформация образцов с каркасов больше в 8 раз (1,6 мм в отличие от 0,2 мм для

контрольных образцов) и нагружаемая сила до разрушения образцов с каркасом тоже больше более чем в два раза. Необходимо отметить, что характер зависимости для полученного композиционного изделия не прямолинейный, что безусловно характеризует синергический эффект при сопротивлении возрастающей нагрузки. Таким образом, было проведено по три измерения для

каждого типа образцов и рассчитаны значения по пределу прочности на изгиб (табл. 1).
На рис. 5 представлен образец балочки с каркасом после испытания на изгиб и локальные места его разрушения, из которых видно, что они проходят по зонам соприкосновения каркаса и затвердевшего цементного раствора. В аналогичной последовательности получали данные при испытании на сжатие. Так,

Таблица 1. Характеристика образцов балочек и значения предела прочности на изгиб
Table 1. Characteristics of samples beams and values of bending strength

Образцы		Длина×Ширина×Высота, см	Масса, г	R _{изг.} , МПа	R _{изг. ср.} , МПа
Контрольные	№1	16,1×4,0×4,0	599	6,5	7,4
	№2	16,2×4,1×3,9	599	7,6	
	№3	16,2×3,9×4,0	597	8,2	
С каркасом	№1	16,1×4,0×4,0	540	18,1	15,1
	№2	16,1×4,1×4,1	536	11,7	
	№3	16,1×4,0×4,1	538	15,4	

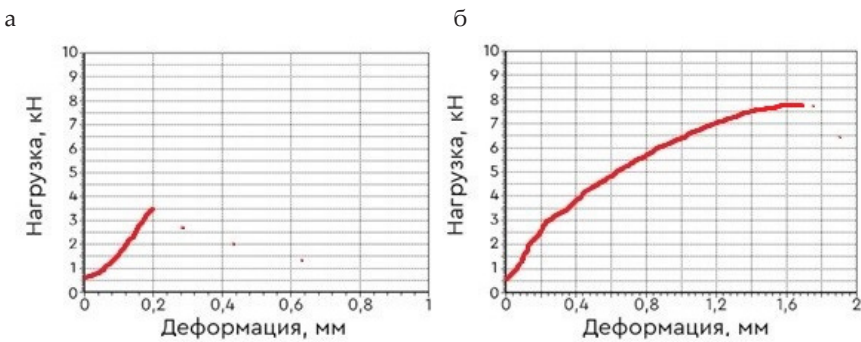


Рис. 4. Графики хода нагружения с фиксацией деформации до разрушения при испытании на изгиб: а – контрольный образец; б – образец с каркасом
Fig. 4. Graphs of the loading course with fixation of deformation to fracture during bending testing: а – control sample; б – sample with a frame

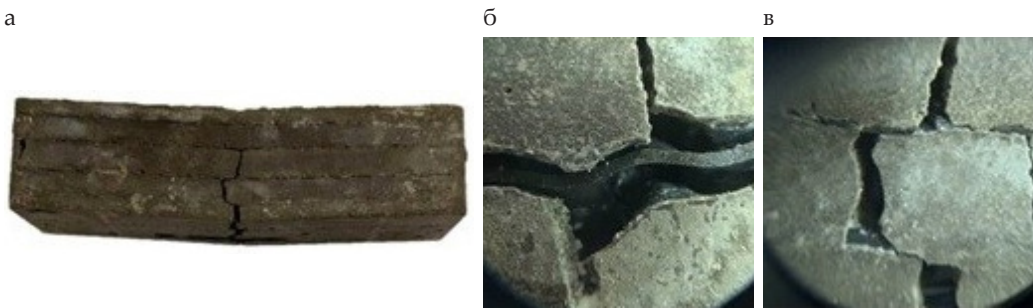


Рис. 5. Образец с каркасом после испытания и его увеличенные фрагменты:
а – образец после испытания на изгиб; б – стык ребра каркаса с растворной матрицей;
в – место разрушения без наличия открытого ребра каркаса
Fig. 5. The sample with the frame after the test and its enlarged fragments:
а – sample after bending test; б – joint of the frame rib with the mortar matrix;
в – place of destruction without the presence of an open rib frame

на рис. 6 приведены графики хода нагружения кубов с одновременной регистрацией происходящей деформации по вертикальной оси нагружения. Здесь необходимо пояснение, что на применяемом прессе, который позволяет регистрировать данные по нагружению и происходящей при этом деформации, максимальная нагрузка ограничена 100 кН. В связи с этим при испытании сжатия на прочность разрушения образцов не наблюдается. Также обнаружили некорректно подготовленный образец (на стадии изготовления это понять было сложно): сама структура каркаса была чуть выше уровня плоскостей затвердевшего бетона. Это сказалось на ходе кривой (рис. 6, б): при нагрузке до 10 кН, помимо основной деформации композита, происходила деформация выпирающих частей каркаса. Преждевременные воздействия отдельно на каркас практически наверняка снизили итоговое значение предела прочности при сжатии за счет неизбежного отслоения бетонной матрицы от CGF-структуры каркаса.

В табл. 2 приведены геометрические размеры кубов для серии контрольных образцов и образцов с каркасом. По среднему значению прочности на сжатие видно его снижение, что, с одной

стороны, ожидаемо, так как монолитный образец должен быть более устойчив к подобным видам нагрузки. А с другой – остается вопрос, какой вклад внесла недостаточная корректность при изготовлении образцов с выпирающим каркасом.

Стоит отметить тот факт, что масса образцов с каркасом становится меньше в среднем на 10 % (аналогично наблюдается и для образцов в виде балочек, см. табл. 1). Это логично, так как часть композита представлена пластиковым каркасом, который по плотности значительно легче цементной составляющей. Этот момент очень важен при учете получаемых конструкций, и соответственно, массы будущих строений, а следовательно, общей нагрузки на фундамент.

На рис. 7 представлен образец куба с каркасом после испытания на сжатие и локальные места его разрушения, из которых видно, что разрушения носят смешанный характер: частично по зонам соприкосновения каркаса и затвердевшего цементного раствора, частично наблюдаются повреждения самого каркаса. На рис. 8 показана полнота заполнения каркаса самоуплотняющимся цементным раствором на образце в виде куба.

Заключение

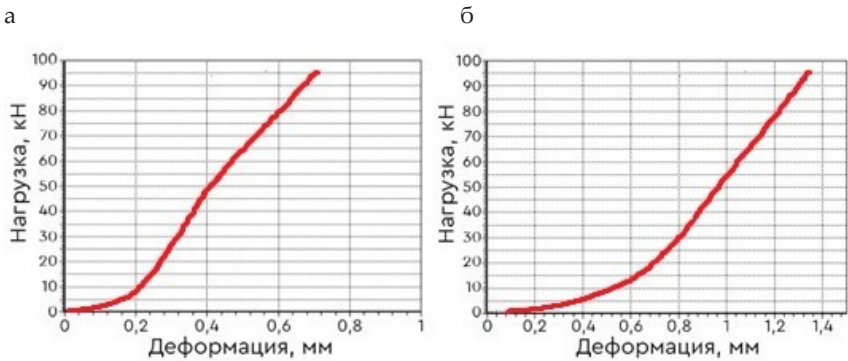


Рис. 6. Графики хода нагружения до 95 кН с фиксацией деформации при испытании на сжатие: а – контрольный образец; б – образец с каркасом
Fig. 6. Graphs of loading progress up to 95 kN with strain fixation during compression testing: а – control sample; б – sample with a frame

Таблица 2. Характеристика образцов кубов и значения предела прочности на сжатие
Table 2. Characteristics of samples cubes and values of compressive strength

Образцы		Длина×Ширина×Высота, см	Масса, г	R _{сж.} , МПа	R _{сж. ср.} , МПа
Контрольные	№1	10,0×10,2×9,8	2262	60,6	63,3
	№2	10,1×10,0×9,9	2272	70,4	
	№3	10,1×10,2×9,8	2276	58,9	
С каркасом	№1	10,0×10,0×10,0	2032	46,3	44,6
	№2	10,0×10,1×10,1	2064	42,5	
	№3	10,0×10,0×10,1	2040	44,9	

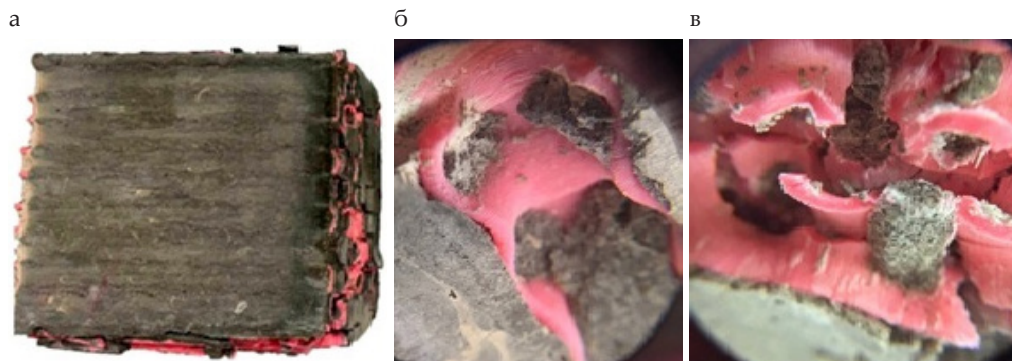


Рис. 7. Образец с каркасом после испытания на сжатие и его фрагменты:
а – образец после испытания на сжатие; б – снимок сделан перпендикулярно направлению основных каналов; в – снимок сделан в направлении основных каналов
Fig. 7. Sample with a frame after compression testing and its fragments:
б – the picture was taken perpendicular to the direction of the main channels; в – the picture was taken in the direction of the main channels

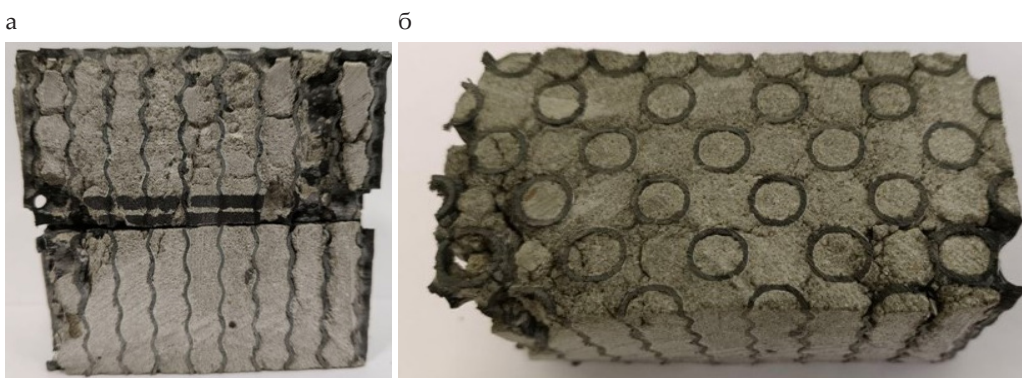


Рис. 8. Внутреннее наполнение ТПП-каркаса самоуплотняющимся цементным раствором в твердом состоянии (взят образец, который подвергался разрушению при определении прочности на сжатие):
а – по направлению заливки, вертикально; б – в горизонтальной плоскости, т. е. перпендикулярно заливке раствора
Fig. 8. Internal filling of the TPS-frame with self-sealing concrete mortar in a solid state (a sample was taken that was subjected to destruction during the determination of compressive strength):
а – in the direction of pouring, vertically; б – in the horizontal plane, i.e. perpendicular to the pouring solution

В исследовании была проведена оценка физико-механических характеристик композитных изделий на основе пластиковых каркасов с ТПП, заполненных самоуплотняющимся раствором. Каркасы ТПП были изготовлены методом 3D-печати. Экспериментальные образцы в форме кубов и балочек подверглись испытаниям на прочность при сжатии и изгибе с целью сравнения их с контрольными образцами без каркасов.

Полученные результаты демонстрируют увеличение значений предельной прочности на изгиб более чем на 100 % с ТПП-каркасом в сравнении с контрольными образцами. Это указывает на потенциал трехпериодичных поверхностей в повышенной устойчивости к изгибающим нагрузкам, что может быть обу-

словлено оптимизированным распределением напряжений в композитном изделии за счет геометрии структур ТПП. Однако наблюдается снижение прочности на сжатие, которое на данном этапе не является однозначным по значениям и необходимо проводить дополнительные исследования с корректировками на стадии изготовления композитных изделий в виде кубов.

Особый интерес вызывает уменьшение массы композитного изделия в среднем на 10 % для всех видов образцов. Подобное недостижимо для более близкого аналога к нашей разработке, а именно железобетонных изделий с металлической арматурой.

Авторы обратили внимание на механизм разрушения, который преимущественно ло-

кализуется на границе соприкосновения пластикового каркаса и затвердевшего цементного раствора. Это указывает на недостаточную величину адгезии между структурными элементами композитного изделия, что в свою очередь вызвано различиями в поверхностных свойствах материалов, является причиной разрушения образцов в настоящее время. Поэтому дальнейшие исследования будут связаны с изучением адгезии, включая анализ поверхностной энергии и возможное применение адгезионных промоторов, необходимых для предотвращения преждевременного отслоения и как результат разрушения образцов. Также в будущих работах планируется изучение альтернативных типов ТПП-каркасов и варьирования растворной части композитного изделия с целью баланса механических характеристик и расширения сферы применения разрабатываемого нами композиционного изделия.

В целом, совмещение 3D-печатных пластиковых каркасов с трехпериодичными поверхностями и самоуплотняющегося цементного раствора в единое композиционное изделие открывает перспективы для создания высокопрочных строительных материалов со сниженным весом, подходящих для различного применения, в частности для сейсмостойких конструкций.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-23-00123, <https://rscf.ru/project/25-23-00123>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Design, fabrication and analysis of triply periodic minimal surface concrete units». Journal of Building Engineering. 2024. V. 98. Art. 111286. DOI: 10.1016/j.jobe.2024.111286.
2. Building Materials and the Climate: Constructing a New Future. United Nations Environment Programme. Nairobi: United Nations Environment Programme. 2023. 48 p.
3. CO₂ Emissions. Global Energy Review 2025 / International Energy Agency (IEA). Paris: IEA. 2025.
4. Wiesenhuetter S., Goertzen T., Vakaliuk I., Curbach M., Scheerer S., Niemeyer A.C., Noennig J.R. Triply Periodic Minimal Surfaces – A Novel Design Approach for Lightweight CRC Structures. Building for the Future: Durable, Sustainable, Resilient. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland. 2023. P. 1449–1458. DOI: 10.1007/978-3-031-32511-3_148.
5. Jianping Shi, Liya Zhu, Lan Li, Zongan Li, Jiquan Yang & Xingsong Wang. TPMS-based method for modeling porous scaffolds for bionic bone tissue engineering. Scientific Reports. 2018. V. 8. Art. 7395. DOI: 10.1038/s41598-018-25750-9.
6. Skoratko A., Szatkiewicz T., Katzer J., Jagoda M. Mechanical properties of mortar beams reinforced by

gyroid 3D printed plastic spatial elements. Cement and Concrete Composites. 2022. V. 134. Art. 104809. P. 1–11.

7. Smolkov M.I., Blatova O.A., Krutov A.F., Blatov V.A. Generating triply periodic surfaces from crystal structures: the tiling approach and its application to zeolites. Acta Crystallogr A Found Adv. 2022. Vo. 78(4). P. 327–336. DOI: 10.1107/S2053273322004545.

8. Blatov V.A., Delgado-Friedrichs O., O’Keeffe M., Proserpio D.M. Three-periodic nets and tilings: natural tilings for nets. Acta Crystallogr A. 2007. V. 63(5). P. 418–425. DOI: 10.1107/S0108767307038287.

9. Eremin A.V., Frolov M.A., Krutov A.F., Smolkov M.I., Shulga A.S., Bragin D.M., Popov A.I., Blatov V.A. Mechanical properties of porous materials based on new triply periodic and minimal surfaces. Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2024. V. 31(29). P. 11320–11336. DOI: 10.1080/15376494.2024.2303724.

10. Blatov V.A., Shevchenko A.P., Proserpio D.M. Applied Topological Analysis of Crystal Structures with the Program Package ToposPro. Cryst Growth Des. 2014. V. 14(7). P. 3576–3586. DOI: 10.1021/cg500498k.

11. Eremin A.V., Frolov M.A., Krutov A.F., Smolkov M.I., Shulga A.S., Bragin D.M., Popov A.I., Blatov V.A. Mechanical properties of porous materials based on new triply periodic and minimal surfaces. Mechanics of Advanced Materials and Structures. V. 31(29). P. 11320–11336. DOI: 10.1080/15376494.2024.2303724.

12. Porous 3D, Samara, Russia: SCTMS [Электронный ресурс]. URL: <https://p3d.topcryst.com/software/> (дата обращения: 15.09.2025).

13. Frolov M.A., Smolkov M.I., Krutov A.F., Burchakov A.V., Blatov V.A. Comparative analysis of mechanical properties of porous structures obtained on the basis of triply periodic P-surfaces. Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2025. P. 1–18. DOI: 10.1080/15376494.2025.2518468.

14. Анализ влияния микрокальцита на эффективность совместной работы наполненных полимерных покрытий с бетонными основаниями / А.Н. Чернов, Д.Р. Низин, Т.А. Низина, А.И. Горенкова, Д.А. Клементьева // Известия вузов. Строительство. 2018. № 9. С. 60–67.

15. Свойства материалов на основе портландцемента с добавкой метакаолина МКЖЛ / С.А. Краснобаева, И.Н. Медведева, А.С. Брыков, З.В. Стафеева // Цемент и его применение. 2015. Вып. 1. С. 50–55.

REFERENCES

1. «Design, fabrication and analysis of triply periodic minimal surface concrete units». Journal of Building Engineering. 2024. V. 98. Art. 111286. DOI: 10.1016/j.jobe.2024.111286
2. Building Materials and the Climate: Constructing a New Future. United Nations Environment Programme. Nairobi: United Nations Environment Programme. 2023. 48 p.
3. CO₂ Emissions. Global Energy Review 2025 / International Energy Agency (IEA). Paris: IEA. 2025.
4. Wiesenhuetter S., Goertzen T., Vakaliuk I., Curbach M., Scheerer S., Niemeyer A.C., Noennig J.R. Triply

Periodic Minimal Surfaces – A Novel Design Approach for Lightweight CRC Structures. Building for the Future: Durable, Sustainable, Resilient. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland. 2023. P. 1449–1458. DOI: 10.1007/978-3-031-32511-3_148

5. Jianping Shi, Liya Zhu, Lan Li, Zongan Li, Jiquan Yang & Xingsong Wang. TPMS-based method for modeling porous scaffolds for bionic bone tissue engineering. Scientific Reports. 2018. V. 8. Art. 7395. DOI: 10.1038/s41598-018-25750-9

6. Skoratko A., Szatkiewicz T., Katzer J., Jagoda M. Mechanical properties of mortar beams reinforced by gyroid 3D printed plastic spatial elements. Cement and Concrete Composites. 2022. V. 134. Art. 104809. P. 1–11.

7. Smolkov M.I., Blatova O.A., Krutov A.F., Blatov V.A. Generating triply periodic surfaces from crystal structures: the tiling approach and its application to zeolites. Acta Crystallogr A Found Adv. 2022. Vo. 78(4). P. 327–336. DOI: 10.1107/S2053273322004545

8. Blatov V.A., Delgado-Friedrichs O., O’Keeffe M., Proserpio D.M. Three-periodic nets and tilings: natural tilings for nets. Acta Crystallogr A. 2007. V. 63(5). P. 418–425. DOI: 10.1107/S0108767307038287

9. Eremin A.V., Frolov M.A., Krutov A.F., Smolkov M.I., Shulga A.S., Bragin D.M., Popov A.I., Blatov V.A. Mechanical properties of porous materials based on new triply periodic and minimal surfaces. Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2024. V. 31(29). P. 11320–11336. DOI: 10.1080/15376494.2024.2303724

10. Blatov V.A., Shevchenko A.P., Proserpio D.M. Applied Topological Analysis of Crystal Structures with the Program Package ToposPro. Cryst Growth Des. 2014. V. 14(7). P. 3576–3586. DOI: 10.1021/cg500498k

11. Eremin A.V., Frolov M.A., Krutov A.F., Smolkov M.I., Shulga A.S., Bragin D.M., Popov A.I., Blatov V.A. Mechanical properties of porous materials based on new triply periodic and minimal surfaces. Mechanics of Advanced Materials and Structures. V. 31(29). P. 11320–11336. DOI: 10.1080/15376494.2024.2303724

12. Porous 3D, Samara, Russia: SCTMS. Available at: <https://p3d.topcryst.com/software/> (accessed 15 September 2025).

13. Frolov M.A., Smolkov M.I., Krutov A.F., Burchakov A.V., Blatov V.A. Comparative analysis of mechanical properties of porous structures obtained on the basis of triply periodic P-surfaces. Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2025. P. 1–18. DOI: 10.1080/15376494.2025.2518468.

14. Chernov A.N., Nizin D.R., Nizina T.A., Gorenkova A.I., Klementyeva D.A. Analysis of the influence of microcalcite on the efficiency of joint work of filled polymer coatings with concrete bases. *Izvestiia vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2018, no. 9, pp. 60–67. (in Russian)

15. Krasnobaeva S.A., Medvedeva I.N., Brykov A.S., Stafeyeva Z.V. Properties of materials based on Portland cement with the addition of metakaolin MKZhL. *Tsement i ego primeneniye* [Cement and its application], 2015, no. 1, pp. 50–55. (in Russian)

Об авторах:

ФРОЛОВ Евгений Игоревич

кандидат химических наук, доцент,
заведующий кафедрой производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: frolov.ei@samgtu.ru

АНЦЕВ Максим Александрович

аспирант кафедры производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: max2203200@mail.ru

СМОЛЬКОВ Михаил Игоревич

младший научный сотрудник НИЛ Вычислительной
геометрии
и теоретического материаловедения
Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики
443010, Россия, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23
E-mail: m.smolkov97@gmail.com

ФРОЛОВ Михаил Александрович

кандидат технических наук,
доцент кафедры общей и неорганической химии
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: panosonig@mail.ru

FROLOV Evgeniy Ig.

PhD in Chemical Sciences, Associate Professor,
Head of the Production of Building Materials, Products
and Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: frolov.ei@samgtu.ru

ANTSEV Maxim Al.

Post-graduate student of the Production of Building
Materials, Products and Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: max2203200@mail.ru

SMOLKOV Mikhail Ig.

Associate Researcher at the Research Laboratory
of Computational Geometry
and Theoretical Materials Science
Povolzhskiy State University of Telecommunications
and Informatics
443010, Russia, Samara, L. Tolstoy st., 23
E-mail: m.smolkov97@gmail.com

FROLOV Mikhail Al.

PhD in Engineering Sciences,
Associate Professor of the General and Inorganic
Chemistry Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: panosonig@mail.ru

Для цитирования: Фролов Е.И., Анцев М.А., Смольков М.И., Фролов М.А. Композитные изделия, состоящие из каркаса со структурой трехпериодичных поверхностей, заполненного самоуплотняющимся цементным раствором // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 73–82. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.11.
For citation: Frolov E.I., Antsev M.A., Smolkov M.I., Frolov M.A. Composite products consisting of a frame with a structure of three-periodic surfaces filled with self-sealing concrete mortar. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 73–82. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.11.

Принята: 10.06.2025 г.



А. А. ИСЛАМ
Д. В. МЕДВЕДЕВ
В. И. ПРОНИН

СТАТУСЫ ДОКУМЕНТОВ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ СТАНДАРТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СРЕДАХ ОБЩИХ ДАННЫХ

DOCUMENT STATUSES AS A KEY ELEMENT
OF STANDARDIZING INFORMATION EXCHANGE
IN COMMON DATA ENVIRONMENTS

Статья посвящена исследованию роли статусов документов в стандартизации информационного обмена в средах общих данных (СОД). В современном мире проектирования и строительства, когда речь идет о цифровизации и автоматизации, ключевым фактором эффективного взаимодействия между организациями и пользователями информационных систем является стандартизация. Важным элементом в стандартизации информационного обмена в СОД являются статусы документов. Статусы обеспечивают прозрачность и отслеживаемость этапов разработки документов, благодаря статусам сокращается количество ошибок и конфликтов, улучшается взаимодействие между участниками строительного проекта. В статье рассматривается роль статусов документов в стандартизации информационного обмена в строительной отрасли, их классификация и назначение. Стандарты ISO 19650 и BS 1192 определяют четыре зоны управления информацией: WIP, SHARED, PUBLISHED и ARCHIVE. Также исследуются теоретические основы этих статусов, их практическое применение в средах общих данных и предложена методология для стандартизации информационного обмена в СОД.

Ключевые слова: среда общих данных, стандартизация, информационный обмен, проектная информация, статусы документов

This article is devoted to the study of the role of document statuses in standardizing information exchange within Common Data Environments (CDE). In today's world of design and construction, where digitalization and automation are paramount, standardization is a key factor for effective interaction between organizations and users of information systems. Document statuses are an important element in standardizing information exchange in CDEs. Statuses ensure transparency and traceability of document development stages; they help reduce errors and conflicts and improve collaboration among participants in construction projects. The article examines the role of document statuses in standardizing information exchange in the construction industry, their classification, and purpose. ISO 19650 and BS 1192 standards define four information management zones: WIP, SHARED, PUBLISHED, and ARCHIVE. Theoretical foundations of these statuses, their practical application in CDEs, and a proposed methodology for standardizing information exchange in CDEs are also explored.

Keywords: Common Data Environment, standardization, information exchange, project information, document statuses

Введение. Стандартизация информационного обмена в строительной отрасли является важнейшим фактором для обеспечения эффективного сотрудничества участников проектов и управления информационным потоком. Одним из ключевых элементов стандартизации является использование статусов документов, которые определяют этапы разработки и обмена информацией. В статье рассматривается роль статусов документов в стандартизации информационного обмена в средах общих данных (СОД) и предлагается методология для их применения.

Теория. «Технологии информационного моделирования – способ преобразования информации об объекте капитального строительства в информационную модель/модели ОКС путем построения взаимосвязей внутри и между различными информационными частями посредством использования среды общих данных» [1].

«Среда общих данных (СОД) – это единый программно-технический комплекс для совместной работы участников проекта с информационными моделями на всех стадиях жизненного цикла» [2].

Статус – это атрибут единицы информации (документ, модель и т. п.), позволяющий участникам идентифицировать, как правильно её можно использовать в работе и какая степень «зрелости» ей соответствует [3].

Движение документов и моделей между зонами СОД сопровождается рядом процессов. Например, переходу материалов из зоны «В работе» в зону «Общее» предшествуют процессы рассмотрения, проверки и согласования. Британцы в своём стандарте уделили много внимания описанию этих процессов. Рассмотрев подробнее методику работы по BS 1192, выделим следующие важные элементы.

- Использование правильных наименований файлов и моделей. В стандарте предложена универсальная структура и принцип кодификации.

- Применение статусов. Данная методология получила дальнейшее развитие в серии стандартов ISO 19650 [4].

ISO 19650 «Организация и оцифровка информации о зданиях и инженерно-строительных работах, включая информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM) – Управление информацией с использованием технологий информационного моделирования».

Ниже представлена схема процессов в СОД согласно стандарту BS 1192 (рис. 1).

В российской практике данная схема была переосмыслена и в общем виде представляется следующим образом (рис. 2):

Приведенная схема, как и в BS 1192, содержит в себе 4 файловые зоны:

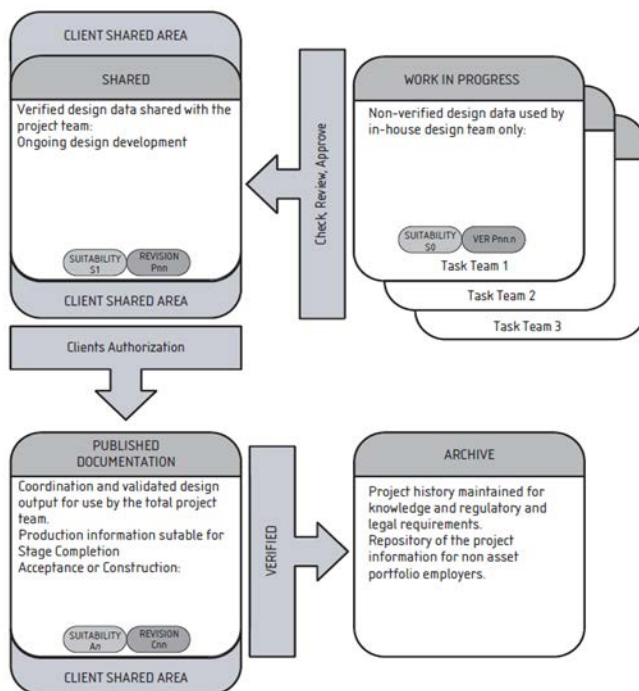


Рис. 1. Определение структуры репозитория документов и данных как части среды общих данных в BS 1192:2007 [5]
Fig. 1. Definition of the document and data repository structure as part of the Common Data Environment in BS 1192:2007 [5]



Рис. 2. Структура среды общих данных
Fig. 2. Structure of the Common Data Environment

▪ **WIP (Work in Progress)** – область СОД «В работе» служит для хранения текущих данных одной из групп участников проекта. Информация в этой зоне доступна только этой группе участников. По мере повышения степени проработки информации доступ может быть предоставлен другим участникам проекта путем перемещения данных в другие файловые зоны.

▪ **Shared** – раздел данных «В общем доступе», которые доступны смежным подразделениям и подрядчикам. Служит для координации проекта.

▪ **Published Documentation** – в области «Опубликовано» размещаются только готовые и утвержденные документы, которые можно передавать вовне, заказчику или контрагентам.

▪ **Archive** – в разделе «Архив» хранятся архивные данные. Область СОД для долгосрочного хранения данных после завершения проекта [6].

Работа с документами, согласно этой методологии, позволяет проводить в рамках строительного проекта эффективные взаимодей-

ствия между всеми участниками. Это основные теоретические положения СОД.

Практическое применение статусов документов в СОД. Необходимо отметить, что потребность в указании статуса версии документа существовала у инженеров всегда. Без использования специализированных систем специалисты старались указывать статус в имени файла или помещали его в папку с определенным названием. Описанные способы частично решают проблему идентификации информации в проекте, однако для более качественного решения этой задачи следует применять специализированное программное обеспечение.

Методика работы, заложенная в СОД, позволяет создавать и применять регламенты работ внутри проекта. Эти регламенты основываются на файловых зонах и статусах. Использование СОД в проекте помогает формировать и удерживать единое понимание у всех его участников. Как пример, был подготовлен упрощенный регламент организации коллективного производства информации в проекте с помощью СОД (рис. 3).

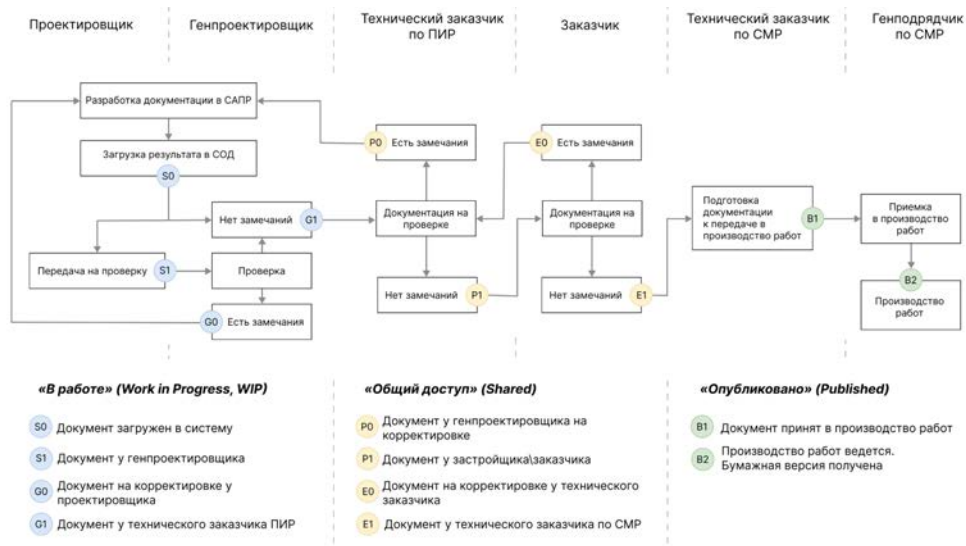


Рис. 3. Пример схемы регламента по организации коллективного производства информации в СОД
Fig. 3. Example of a regulation scheme for organizing collaborative information production in CDE

Согласно приведенной схеме, каждый участник проекта строительства работает с одним или ограниченным количеством статусов документа на входе и после проведенной работы устанавливает новый статус на выходе. При этом документ может продвигаться вперед по линии жизненного цикла, а может вернуться назад, если к нему появились замечания. Благодаря статусам задаётся понимание о состоянии информации, размещённой в документах, на их жизненном цикле, а также кто с этой информацией должен работать.

Статусы в СОД могут быть связаны с системой распределения прав доступа, при изменении статуса автоматически меняются и права доступа к документу. Такая связка может упростить взаимодействие участников проекта и явно разделяет рабочие зоны, хотя при сформированном регламенте, где определено «кто с каким статусом работает», как правило этого не требуется.

Созданные регламенты позволяют:

- максимально оперативно подключать новых сотрудников к проектам;
- обеспечить повышение производительности труда каждого участника проекта;
- формировать отчёты и аналитику, выявлять проблемы на ранних этапах.

Регламент, построенный при использовании статусов документов, является эффективным инструментом организации информационного обмена в проекте. Если наименования статусов документов и их версий будут стандартизированы на национальном уровне, это повысит общую эффективность проводимых работ в строительной отрасли. Специалисты различных организаций по статусу документа будут понимать степень его готовности и возможности применения так, как это происходит

сейчас с наименованием папок, которые формируют по Постановлению правительства РФ от 16.02.2008 № 87. При этом неважно, какая система была использована для организации СОД в проекте, если в каждой из них статусы имеют одинаковое название.

Примеры реализации статусов документов в различных СОД. Современные системы класса СОД уже давно обзавелись функционалом «статусы документов». Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Система **Pilot-BIM** от разработчика АСКОН обладает рядом функций для решения задач по подготовке 2D-документов. В том числе система позволяет задавать определённый статус документам, который будет виден всем участникам проекта: «согласовано», «аннулировано», «на согласовании» (рис. 4).

Также статусы есть у замечаний к документам: «принято», «отклонено», «удалено». Они позволяют инициатору контролировать процесс работы над замечанием. Необходимо отметить, что хотя статус документа и статус замечания имеют одинаковое название «статус», это разные информационные сущности и решают они разные задачи.

При работе с документацией в среде общих данных **SAREX** статусы имеют похожую структуру и связаны с этапами согласования определенной версии документа, присутствует идентификатор согласования, что позволяет более точно определить, какой участник проекта и на каком этапе подготовки документации изменил статус (рис. 5).

Статусы к замечаниям в системе Sarex имеют три состояния: «ожидает», «закрыто», «открыто», по которым их можно фильтровать.

В системе TDMS Фарватер статус является одним из свойств (атрибутов) каждого инфор-

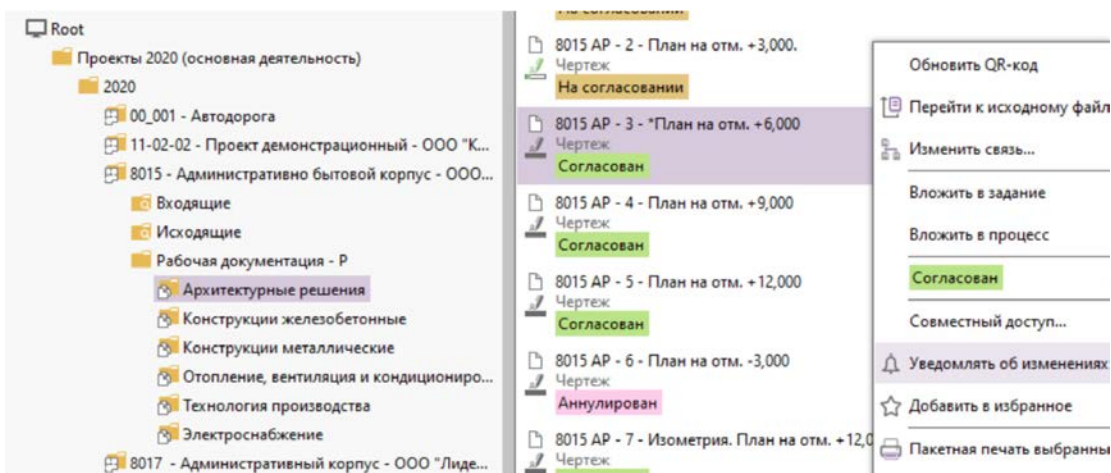


Рис. 4. Скриншот из системы Pilot-BIM [7]
Fig. 4. Screenshot from the Pilot-BIM system [7]

мационного объекта. В зависимости от статуса определяются права доступа разных сотрудников к объекту, а также список возможных действий с объектом (рис. 6).

В системе TDMS Фарватер документ может перемещаться по статусам только вперед, перевод в предшествующий статус из списка недопустим. Например, если из статуса «в работе» перевести в «завершено», перевести документ в статус, предшествующий «завершено», невозможно.

Статусы документов в среде общих данных ИНГИПРО основываются на файловых зонах согласно ISO 19650 (рис. 7). Статусы в ИНГИПРО представлены в виде кода (идентификатора) с цветом и описанием. Цвет определяет зону, в которой находится файл, а код помогает определить, какой участник проекта работает или должен начать работу над документом в настоящий момент. Набор статусов возможно задать индивидуально под любой проект в настройках системы (рис. 8).

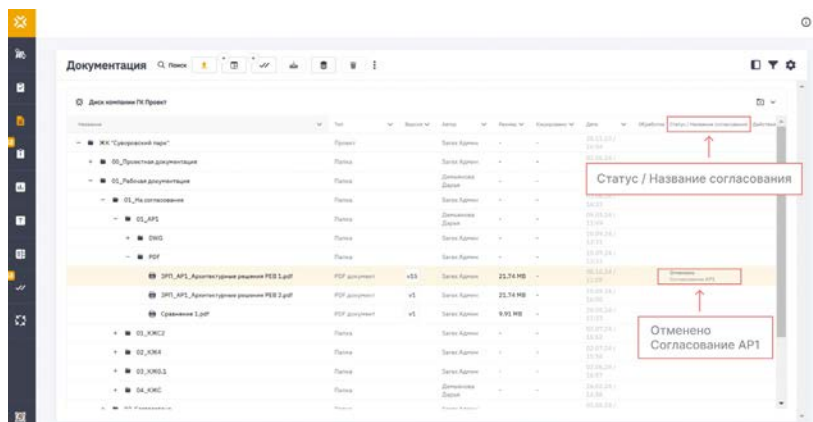


Рис. 5. Скриншот из системы Sarex [8]
Fig. 5. Screenshot from the Sarex system [8]

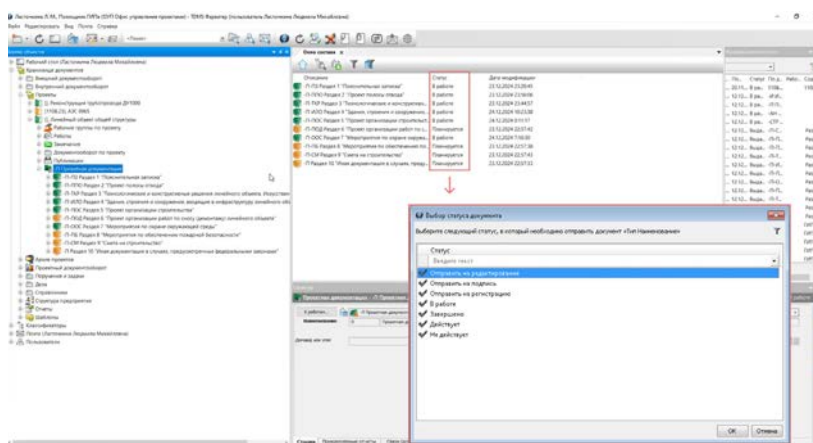


Рис. 6. Скриншот из системы TDMS Фарватер [9]
Fig. 6. Screenshot from the TDMS Farwater system [9]

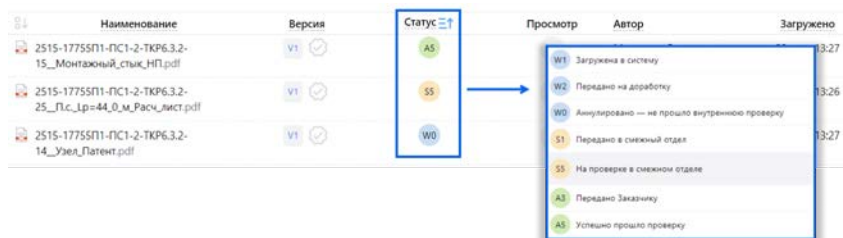


Рис. 7. Скриншот из системы ИНГИПРО [10]
Fig. 7. Screenshot from the INGIПРО system [10]

Наименование	Версия	Статус	Просмотр	Автор
2515-17755П1-ПС1-2-ТКР6.3.2-15_Монтажный_стык_НП.pdf	V1	A5	2D	Медведев Д.
2515-17755П1-ПС1-2-ТКР6.3.2-25_П.с._Лр=44_0_М_Расч_лист.pdf	V1	W1		Медведев Д.

26 марта, 16:03 Ислам Амир сменил статус с W1 на A5
22 дек, 13:27 Медведев Дмитрий установил W1

Рис. 8. Информация о изменении статусов в ИНГИПРО

Fig. 8. Information on status changes in INGIPRO

При работе с замечаниями к версии документа можно изменять их статус: «открыто», «в работе», «нужна информация», «проверить», «решено», «отклонено». Используя статусы, возможно применять фильтры для навигации по замечаниям.

Каждая система СОД на российском рынке так или иначе позволяет работать со статусами версий документов.

У рассмотренных решений статусы документов имеют разные представления, некоторые служат для отображения информации о состоянии и степени подготовки, а какие-то сигнализируют, на каком этапе согласования находится версия документа, в некоторых решениях есть вариативность в управлении количеством и названием статусов. Разнообразие, конечно, хорошо, однако не во всём. Для поддержания единого понимания в проектах всеми участниками требуется единый язык коммуникации. Статусы документов тоже являются языком коммуникации большого количества специалистов разных профилей. Если в каждом проекте будет свой язык, то это повлечет за собой лишнюю нагрузку пользователю на его изучение и дополнительные ошибки в процессе.

Предложения. В целях стандартизации информационного обмена в СОД необходимо утвердить и закрепить понятие статуса документа и необходимость его применения, определить базовые наименования статусов документов, благодаря которым мы сможем перейти на универсальный язык, который будет понятен всем участникам проекта, независимо от их роли или местоположения. Сформированный отраслевой базис с полным спектром возможных состояний и со сквозной нумерацией статусов внутри зон позволит выбирать и настраивать список из набора статусов под конкретный проект, оставлять необходимые и исключать те, которые не требуются. Данная стандартизация позволит специалистам, освоившим коммуникацию в одном проекте, бесплатно и эффективно вливаться в продуктивную работу на всех других проектах в будущем. Это колоссальная экономия социального рабочего времени в проекте.

Специалист, который будет работать в СОД в нескольких проектах с разными наименованиями статусов, цветами и буквами, будет испытывать очень серьёзную когнитивную нагрузку

при переключении между информационными системами разных проектов, появятся ошибки в интерпретации статусов. Более того, вся сквозная аналитика использует эти зоны, цвета и коды. Тут уместна аналогия с правилами дорожного движения: что будет если дать возможность в каждом посёлке или городе устанавливать свои цвета светофора? – ничего хорошего.

Стандартизация статусов версий документов упрощает будущую работу по интеграции различных информационных систем, которая безусловно потребуется при дальнейшей цифровизации строительной отрасли.

Заключение. Статусы документов являются ключевым элементом стандартизации информационного обмена в СОД. Они обеспечивают прозрачность и понятность информационного обмена, позволяя участникам проекта отслеживать состояние документа на его жизненном цикле. Классификацию, определение базовых названий статусов документов, а также требования к их использованию в СОД требуется утвердить на национальном уровне. Необходимо выработать и закрепить отраслевой базис, который позволит стандартизировать информационный обмен в СОД. Стандартизация обеспечит эффективное и прозрачное взаимодействие между организациями и системами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пронин В.И., Медведев Д.В. Трактовка понятий «технологии информационного моделирования» (ТИМ) и «среда общих данных» (СОД) // Человек. Общество. Инклюзия. 2023. Т. 14, № 2(54). С. 140–146.
2. Медведев Д.В., Пронин В.И., Ислам А.А. Формирование экономических обоснованных требований к средам общих данных // Человек. Общество. Инклюзия (Приложение). 2023. № S1-2. С. 752–759.
3. Савенко А.И., Черенков П.В. Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 2(13). С. 4–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.1.
4. BS EN ISO 19650-1:2018. Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Part 1: Concepts and Principles
5. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice. 2008. 38 p.

6. Медведев Д.В., Пронин В.И. Уровни развития сред общих данных строительных проектов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 5-1. С. 434–445. DOI: 10.34670/AR.2023.59.18.018.

7. Softline. Pilot-BIM. Работа с моделью [Электронный ресурс] URL: [https://softline.ru/upload/iblock/c19/vyhmxxq6vgw4mk4id54nmy38u211c7nf/Pilot-BIM %20Работа %20с %20моделью.pdf](https://softline.ru/upload/iblock/c19/vyhmxxq6vgw4mk4id54nmy38u211c7nf/Pilot-BIM%20Работа%20с%20моделью.pdf) (дата обращения: 17.06.2025).

8. Sarex. Документация по строительству [Электронный ресурс] URL: <https://www.sarex.io/media/dokumentaciya-po-stroitelstvu> (дата обращения: 17.06.2025).

9. Help.farvater. Перевод документа в требуемый статус [Электронный ресурс] URL: https://help.farvater.cloud/topics_mc_idh_objects_docint_others_changestatus.html (дата обращения: 17.06.2025).

10. Пронин В.И., Медведев Д.В., Ислам А.А. Особенности хранения проектной информации в среде общих данных строительного проекта // Человек. Общество. Инклюзия. 2024. Т. 15, № 1-2. С. 111–119.

REFERENCES

1. Pronin V.I., Medvedev D.V. Interpretation of the concepts of “information modeling technologies” (TIM) and “general data environment” (SOD). *Chelovek. Obshchestvo. Inkljuzija* [Man. Society. Inclusion], 2023, vol. 14, no. 2(54), pp. 140–146. (in Russian)

2. Medvedev D.V., Pronin V.I., Islam A.A. Formation of economically justified requirements for general data environments. *Chelovek. Obshchestvo. Inkljuzija* [Man. Society. Inclusion], 2023, no. S1-2, pp. 752–759. (in Russian)

3. Savenko A.I., Cherenkov P.V. General data environment in the implementation of construction projects using BIM. *SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog* [CAD and GIS of Motor Roads], 2019, no. 2(13), pp. 4–11. (in Russian) DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.1

4. BS EN ISO 19650-1:2018. Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Part 1: Concepts and Principles.

5. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice. 2008. 38 p.

6. Medvedev D.V., Pronin V.I. Levels of development of general data environments of construction projects. *Jekonomika: vchera, segodnja, zavtra* [Economy: yesterday, today, tomorrow], 2023, vol. 13, no. 5-1, pp. 434–445. (in Russian) DOI: 10.34670/AR.2023.59.18.018

7. Softline. Pilot-BIM. Working with the Model. Available at: [https://softline.ru/upload/iblock/c19/vyhmxxq6vgw4mk4id54nmy38u211c7nf/Pilot-BIM %20Работа %20с %20моделью.pdf](https://softline.ru/upload/iblock/c19/vyhmxxq6vgw4mk4id54nmy38u211c7nf/Pilot-BIM%20Работа%20с%20моделью.pdf) (accessed 17 June 2025).

8. Sarex. Construction documentation. Available at: <https://www.sarex.io/media/dokumentaciya-po-stroitelstvu> (accessed 17 June 2025).

9. Help.farvater. Transfer the document to the required status. Available at: https://help.farvater.cloud/topics_mc_idh_objects_docint_others_changestatus.html (accessed 17 June 2025).

10. Pronin V.I., Medvedev D.V., Islam A.A. Features of project information storage in general data environment of construction project. *Chelovek. Obshchestvo. Inkljuzija* [Man. Society. Inclusion], 2024, no. 1-2, pp. 111–119. (in Russian)

Об авторах:

ИСЛАМ Амир Ашраф

менеджер проектов

ООО «Ингипро»

129626, Россия, г. Москва, ул. Павла Корчагина, 2

E-mail: amir@ingipro.com

ISLAM Amir Ashraf

Project Manager

LLC Ingipro

129626, Russia, Moscow, Pavel Korchagin st., 2

E-mail: amir@ingipro.com

МЕДВЕДЕВ Дмитрий Валерьевич

руководитель проектов

ООО «Ингипро»

129626, Россия, г. Москва, ул. Павла Корчагина, 2

E-mail: medvedev@ingipro.com

MEDVEDEV Dmitry V.

Project Manager

LLC Ingipro

129626, Russia, Moscow, Pavel Korchagin st., 2

E-mail: medvedev@ingipro.com

ПРОНИН Вадим Игоревич

директор по развитию

ООО «Ингипро»

129626, Россия, г. Москва, ул. Павла Корчагина, 2

E-mail: pronin@ingipro.com

PRONIN Vadim Ig.

Director of Development

LLC Ingipro

129626, Russia, Moscow, Pavel Korchagin st., 2

E-mail: pronin@ingipro.com

Для цитирования: Ислам А.А., Медведев Д.В., Пронин В.И. Статусы документов как ключевой элемент стандартизации информационного обмена в средах общих данных // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 83–89. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.12.

For citation: Islam A.A., Medvedev D.V., Pronin V.I. Document statuses as a key element of standardizing information exchange in common data environments. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 83–89. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.12.

Принята: 15.06.2025 г.



**В. З. АБДРАХИМОВ
Е. Г. САФРОНОВ**

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕЦИКЛИНГ АРГИЛЛИТОПОДОБНЫХ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМЗИТА ДЛЯ ЭКОЛОГИИ, ЭКОНОМИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА

PROSPECTIVE RECYCLING OF MUDSTONE-LIKE WASTE FROM COAL
ENRICHMENT FLOTATION INTO THE PRODUCTION OF EXPANDED CLAY
FOR ECOLOGY, ECONOMICS AND CONSTRUCTION

В условиях стагнации в сегменте утилизации чрезмерная аккумуляция отходов производств в России приблизилась к угрожающим диапазонам. Создавшаяся экологическая ситуация требует разработки предпочтительных для жизнедеятельности россиян экологических условий, которые обязаны стать государственными фундаментальными приоритетами. Аккумуляция в России отходов производств деструктивно стимулирует уровень экономического роста, который по оценкам специалистов ежегодно снижается на 4–6 % от ВВП. В работе проведено исследование керамзита фракции 5–10 мм, в результате которого установлено, что предпочтительными составами по марочности, которые заслуживают внимание, являются составы, содержащие 30 % аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения, дальнейшее увеличение которых не соответствует условиям по морозостойкости. Исследования показали, что пористость снаружи, в отличие от пористости внутри, мало замечена, т. е. отходы углеобогащения способствуют получению в пористом заполнителе замкнутых пор, которые повышают технические показатели керамзита.

Ключевые слова: рециклинг, экология, экономика, керамзит, аргиллитоподобные отходы, углеобогащение, флотация, бентонитовая глина, монтмориллонит

In conditions of stagnation in the recycling segment, excessive accumulation of industrial waste in Russia has approached threatening ranges. The current environmental situation requires the development of preferred environmental conditions for the life of Russians, which must become state fundamental priorities. The accumulation of industrial waste in Russia destructively stimulates the level of economic growth, which, according to experts, decreases annually by 4–6 % of GDP. A study of expanded clay with a 5–10 mm fraction has shown that the preferred grade compositions that deserve attention are compositions containing 30 % of argillite-like waste from coal enrichment flotation, the further increase of which does not meet the conditions for frost resistance. Studies have shown that porosity on the exterior, unlike the interior, is small, i.e. carbon enrichment waste contributes to the formation of closed pores in the porous filler, which increase the technical performance of expanded clay.

Keywords: recycling, ecology, economics, expanded clay, mudstone-like waste, coal enrichment, flotation, bentonite clay, montmorillonite

Введение

Экологическая ситуация. Министр природных ресурсов и экологии РФ С.Е. Донской отметил, что в условиях стагнации в сегменте утилизации чрезмерная аккумуляция отходов производств в России приблизилась к угрожающим диапазонам [1]. Создавшаяся ситуация требует разработки предпочтительных для жизнедеятельности россиян экологических условий, которые обязаны стать государственными фундаментальными приоритетами. По словам министра С.Е. Донского в РФ обнаружено 153 тыс. несанкционированных территорий, использованных под отходы, общая площадь которых составила 77 тыс. га. В создавшейся ситуации корень зла следует искать в дефиците финансовых мотиваций по созданию современных предприятий для рециклинга отходов производств. Добавленные в законодательные документы поправки позволяют сначала сократить, а затем до 2030 г. исключить полностью нелегальные полигоны и свалки [2], а промышленные отходы вовлекать в производство товаров народного потребления. Для экологических систем наиболее пагубными являются отходы топливно-энергетического комплекса (ТЭК), которые формируются последовательно, при добыче, обогащении, переработке и транспортировке энергоресурсов, и серьёзно вредят почвенному покрову, фауне и флоре, а также водно-воздушному бассейну [3]. Изучаемые аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения относятся к многотоннажным отходам ТЭК.

Экономическая ситуация. Аккумуляция в России отходов производств деструктивно стимулирует уровень экономического роста, который по оценкам специалистов ежегодно снижается на 4-6 % от ВВП [4]. Экономически целесообразно использовать аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения в производстве керамзита.

Керамзит – это изделие ячеистого строения, чаще в виде гравия, реже в виде щебня, относящееся к легким пористым заполнителям. Получают керамзит традиционно из набухающих глин (чаще монтмориллонитовых) методом их вспучивания при термообработке в интервале температур 1100–1300 °С за период 30–60 мин.

Благодаря уникальным многофункциональным полезным свойствам: лёгкость за счёт низкой плотности, низкая теплопроводность за счёт повышенной пористости, прочность при сдавливании в цилиндрах – керамзит является востребованным пористым заполнителем [5, 6].

Экономически выгодно керамзитом заполнять, в качестве легких заполнителей, конструктивно-теплоизоляционные и облегченные бетоны с целью снижения веса, использовать его как теплоизоляционный насыпной материал. Керамзит имеет плотность существенно ниже природных традиционных заполнителей: щебень, гравий, песок и т. д., поэтому он облегчает нагрузку на грунт, удешевляет транспортировку. Использование керамзита позволяет частично экономить тепло, идущее на отопление здания, за счёт снижения теплопередачи через стены и фундамент [7].

Финансовые капиталовложения на формирование эффективности производства керамзита возмещаются в течение трех лет, поэтому удельный вес этого искусственного заполнителя достиг 60–70 % [8].

Для повышения вспучивания керамзита при использовании маловспучивающихся (малонабухающих) монтмориллонитовых глин) в композицию дополнительно включают: органику – солярное масло, мазут, молотый каменный уголь, сульфат-спиртовую барду (ССБ), опилки и неорганические компоненты – пыль железистой руды, пиритные огарки и окристую глину.

Дефицит хорошо вспучивающегося (набухающих монтмориллонитовых глин) глинистого сырья создаёт проблемы для производства керамзита, так как во многих регионах России в основном встречаются лессовидные суглинки, не имеющие соответствующих технологических параметров для получения теплоизоляционного материала [9–11]. В таких случаях в керамических композициях целесообразно использовать корректирующие добавки, содержащие теплотворную способность – более 2500 ккал/кг, в результате чего вспучивание увеличивается [11, 12]. К высокоперспективным корректирующим добавкам следует отнести отходы ТЭК с содержанием теплотворной способности от 2300 до 3500 ккал/кг.

Эффективный рециклинг крупнотоннажных отходов ТЭК в производстве керамзита существенно снижает вредное воздействие на окружающую среду, а показатели деятельности предприятия повышает [11–13].

Постановка задачи. Истощение качественных традиционных хорошо вспучивающихся монтмориллонитовых глин для производства керамзита требует использования корректирующих добавок, обладающих теплотворной способностью более 2500 ккал/кг, в результате чего вспучивание увеличивается. Такой инвентарий по утилизации вторичного сырья используется передовыми странами ещё и для безопасности окружающей среды.

Цель работы: а) определить у исследуемых сырьевых материалов составы: химические – оксидный и поэлементный, минералогический и фракционный, а также технологические показатели; б) проанализировать фактор воздействия аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения на технические характеристики и пористую структуру керамзита на основе бентонитовой глины.

Аргиллитоподобное сырье

В настоящее время пока не существует общепринятой формулировки аргиллита, т. е. не существует единого термина, который получил бы согласие на всеобщее одобрение, хотя имеются некоторые интерпретации по его определению, см., например, [14–16]: а) аргиллит – это осадочная мелкозернистая порода, состоящая преимущественно из силикатных зерен крупностью менее $0,63 \times 10^{-6}$ м; б) аргиллит – это разновидность модификации камнеподобной глины сланцевой структуры с твердостью 3,5–4, плотностью 1,3–2,6 г/см³; в) аргиллит – это слоистая или раскалывающаяся мелкозернистая осадочная порода; г) аргиллит – это камнеподобный плотный минерал, сформировавшийся в результате дегидратации, спрессования и перекристаллизации в процессе диагенеза и эпигенеза, т. е. это продукт уплотнения и окаменения ранее увлажненных осадочных пород.

Диагенез – комплекс физико-химических процессов перестройки пористо-сыпучих осадков в твердые горные осадочные породы, а **эпигенез** уже относится ко вторичным процессам, порождающим следующие трансформации в горных породах, способствующие новообразованию минералов и месторождению полезных ископаемых.

По месторождениям, залежам, скоплениям, показателям и признакам аргиллитоподобное сырье условно для удобства разделяют на три класса [17]:

а) традиционное натуральное образование, которое целенаправленно разведывалось и изучалось для определенного керамического изделия;

б) крупнотоннажные отходы, чаще всего образующиеся при добыче угля и его обогащении, количество которых эквивалентно природным месторождениям;

в) горные пустые и вмещающие породы, образовавшиеся в процессе разработки месторождений разнообразных продуктивных ископаемых, с которыми аргиллиты взаимосвязаны генетически.

По химическим составам аргиллиты можно ассоциировать с глинами, которые отли-

чаются от аргиллитов размоканием в воде и являются нетвердыми и пластичными материалами, хотя по внешнему виду аргиллиты в большей степени аналогичны алевролитам, которые не причисляются к минералам [18, 19].

В основу алевролита могут входить частицы полевых шпатов, глинистые минералы, карбонаты и гидроксиды железа, кварц, а базисными накапливаемыми минералами аргиллитов, как правило, являются в первую очередь гидрослюда, затем смешаннослойные минералы, каолинит и в последнюю очередь монтмориллонит, а от сланцев аргиллит отличается отсутствием трещиноватости и параллельного наслоения [19, 20].

Методика исследования

Для установления микроструктуры и поэлементных химических составов сырьевых компонентов: аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения и бентонитовой глины привлекался микроскоп фирмы Jeol (Япония). Для петрографической диагностики применяли: шлифы, прозрачные аншлифы, иммерсионные жидкости, микроскопы МИН-8 и МИН-7. Определение размеров включений в исследуемых сырьевых материалах осуществлялось металлографическим анализом при увеличении в 200 раз на микроскопе МИН-8М. Частишки сырья растворялись в спирте, а затем располагались на стекле и снимались фотоаппаратом. Пользование шкалой микромера (1 дел. = 0,001 мм), заслуживающего доверия, позволяет обнаружить средний размер отходов.

Профпригодность глины для процесса изготовления керамзита устанавливается по коэффициенту вспучивания: $K = V_k V_c$, где V_k – объем вспученной гранулы керамзита, V_c – объем сухой сырьевой гранулы до обжига. Чем выше K сырья, тем ниже плотность керамзита, что более привлекательно для производства керамзита.

Коэффициент вспучивания глинистых пород различного минералогического состава в естественном состоянии варьируется в масштабных пределах (до 15). Такая вибрация условно предполагает вспучивание: слабое – до 2,5; среднее – от 2,5 до 4,5 и хорошее – выше 4,5. Прочность образцов на раздавливание измерялась прибором МП-9С (ручной вариант) конструкции ИФХ АН РФ.

Показатели пористых заполнителей документировали по ГОСТ 32496-2013 – стандарт, который распространяется на

пористые заполнители для лёгких бетонов, в том числе на керамзит.

Сырьевые материалы

В качестве связующей (пластичного материала) была задействована бентонитовая глина, а в качестве отошителя и как выгорающая добавка (за счет повышенной теплоотворной способности) – аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения (отходы углеобогащения).

Фундаментальные параметры и характеристики сырьевых материалов изложены: усреднённый оксидный химический – в табл. 1, поэлементный – в табл. 2, технологические свойства – в табл. 3, фракционный состав – в табл. 4, металлографический анализ представлен – на

рис. 1, минералогический – на рис. 2, а микроструктура – на рис. 3.

Бентонитовая глина. Диспергирующаяся глина в воде до коллоидного состояния и сформированная в основном из глинистых минералов группы монтмориллонита называется бентонитовой [21]. Для повышения формовочных свойств керамических композиций добавляются бентонитовые глины, состоящие из гидрофильных высокодисперсных частиц минерала монтмориллонита.

Монтмориллонит имеет слоистую структуру (см. рис. 3, а), в основе которого размещены трехслойные пакеты, сформированные тетраэдрическими и октаэдрическими слоями.

Для получения керамзита использовалась бентонитовая глина Смышляевского месторождения Самарской области со следующими

Таблица 1. Усредненный химический оксидный состав сырьевых компонентов
Table 1. Average chemical oxide composition of raw materials

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	П.п.п.
Бентонитовая глина	58,89	14,43	7,2	4,8	2,7	3,4	7,85
Отходы углеобогащения	50,54	18,19	6,38	1,29	0,20	4,45	18,91

Примечание: п.п.п. – потери при прокаливании; R₂O = K₂O + Na₂O

Таблица 2. Поэлементный химический состав сырьевых компонентов
Table 2. Element-wise chemical composition of raw materials

Компонент	Содержание элементов, мас. %								
	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Бентонитовая глина	1,30	55,8	0,27	1,00	13,46	18,47	3,99	2,46	3,25
Отходы углеобогащения	7,88	49,43	2,08	–	12,91	23,02	1,39	0,35	2,96

Таблица 3. Технологические показатели сырьевых компонентов
Table 3. Technological indicators of raw materials components

Компонент	Теплотворная способность, ккал/кг	Огнеупорность, °С		
		начало деформации	размягчение	жидкоплавкое состояние
Бентонитовая глина	1200	1180	1200	1230
Отходы углеобогащения	2700	1220	1280	1320

Таблица 4. Фракционный состав сырьевых компонентов
Table 4. Fractional composition of raw materials

Компонент	Содержание фракций, %; размер частиц, мм				
	> 0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Бентонитовая глина	3	5	6	7	79
Отходы углеобогащения	35	27,1	6,7	12,8	18,4

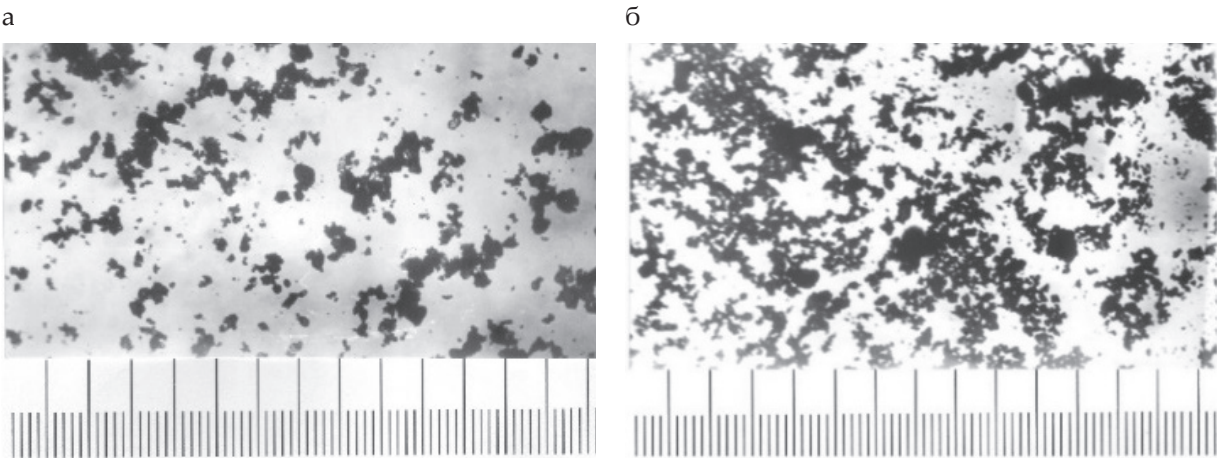


Рис. 1. Металлографический анализ сырьевых компонентов:
а – бентонитовая глина; б – отходы углеобогащения
Fig. 1. Metallographic analysis of the raw material components:
a – bentonite clay; b – coal enrichment waste

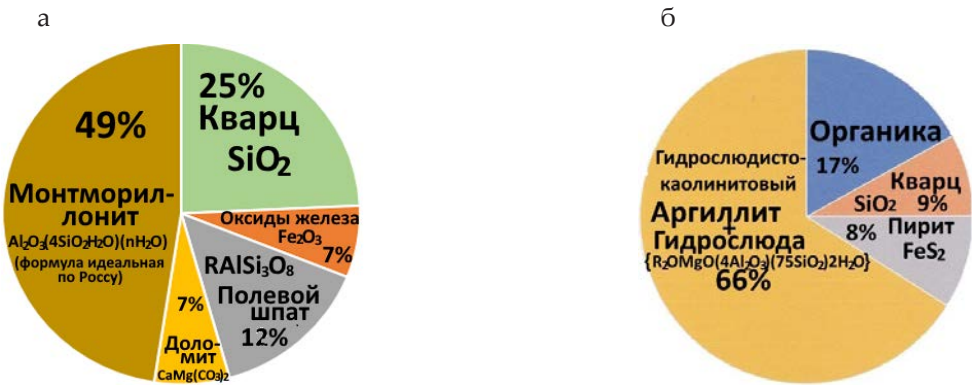


Рис. 2. Минералогический состав сырьевых компонентов:
а – бентонитовая глина; б – отходы углеобогащения
Fig. 2. Mineralogical composition of the raw material components:
a – bentonite clay; b – coal enrichment waste

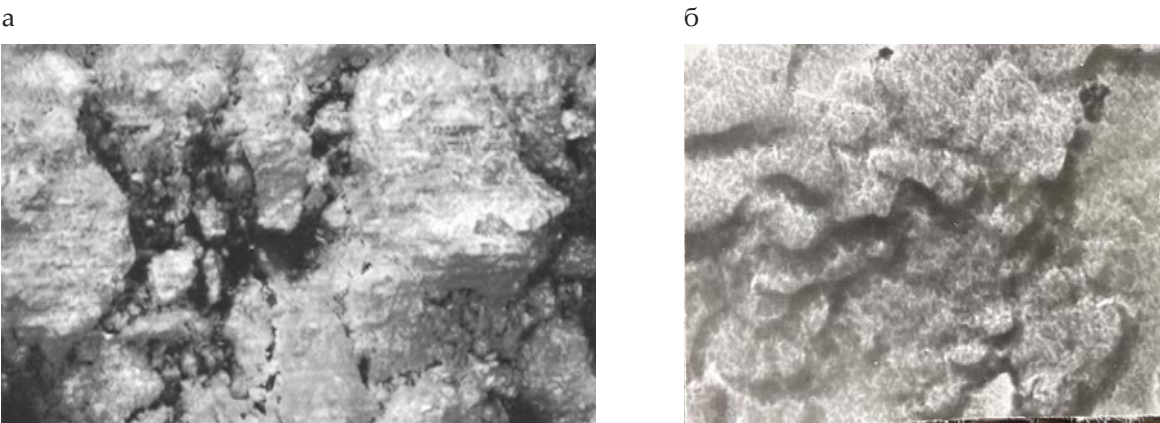


Рис. 3. Микроструктура сырьевых компонентов:
а – бентонитовая глина; б – отходы углеобогащения
Fig. 3. Microstructure of the raw material components:
a – bentonite clay; b – coal enrichment waste

параметрами: высокопластичная (число пластичности более 25), высокодисперсная (см. табл. 4), легкоплавкая (см. табл. 3), коэффициент вспучивания – 4. Металлографический анализ глины показал наличие множества мелких включений, но встречаются и средние размеры (5–10 мкм, см. рис. 1, а), минералогический состав представлен на рис. 2, а.

Аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская». Исследуемые отходы углеобогащения использовались, как и в работах [22–24], в качестве отощителя и выгорающей добавки. Химические, технологические показатели и свойства представлены в табл. 1–4 и на рис. 1–3. Большинство аргиллитовых пород и аргиллитоподобных глин образуют массивные пласты или микрослоистые (плитчатые) разновидности [21, 24, 25]. Исследуемые аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения выражены слоистостью, образовавшейся в результате уплотнения и эпигенеза глин (см. рис. 3, б).

Минеральный состав отходов флотации углеобогащения показал, что основным минералом является гидрослюдисто-каолинитовый аргиллит с небольшой примесью гидрослюды – 5–10 %, а суммарное содержание – 66 % (см. рис. 2, б). Согласно металлографическому анализу, в образцах исследуемых отходов флотации образуется повышенное количество мелких и средних включений как неоргани-

ческого, так и органического происхождения (средний размер отходов флотации углеобогащения частиц от 1–3 до 3–5 мкм, черного цвета, см. рис. 1, б).

Технология получения керамического кирпича и его показатели

Изготовление керамзита воплощалось по хорошо известной технологии [5–9]: бентонитовая глина и аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения подсушивались и, согласно рецепту (табл. 5), тщательно перемешивались. Полученная композиция диспергировалась до прохождения сквозь сита № 1 (1 мм) и затворялась водой до формовочной влажности 24–30 % (в зависимости от содержания в композиции бентонитовой глины).

Сконструированная композиция с целью гомогенизации ее влажности помещалась на одни сутки в эксикатор, из полученной единой образной композиции специальной системой ножей разрезалась на отдельные гранулы – образцы в виде сферических гранул диаметром 16 мм. Обжиг образцов проводился в лабораторной печи при температуре 1100 °С.

В ГОСТ 9757 заложены нижеследующие по крупности зерен фракции: 5–10, 10–20 и 20–40 мм. В представленной работе исследованию подвергались фракции 5–10 мм. Основные технические показатели приведены в табл. 6.

Таблица 5. Составы керамических композиций для производства керамзита
Table 5. Compositions of ceramic compositions for the production of expanded clay

Компонент	Содержание компонентов, мас, %				
	1	2	3	4	5
Бентонитовая глина	1	2	3	4	5
Аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения	10	20	25	30	35

Таблица 6. Основные физико-механические показатели керамзита
Table 6. Main physical and mechanical parameters of expanded clay

Показатель	Состав				
	1	2	3	4	5
Прочность при сжатии, МПа	2,2	2,1	1,8	1,5	1,2
Насыпная плотность, кг/м ³	380	360	330	290	255
Марка керамзита	M350	M350	M300	M250	M250
Теплопроводность, Вт/(м·°С) *	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05
Морозостойкость, циклы**	25	23	20	18	14
Коэффициент вспучивания	4,5	4,7	4,9	5,2	5,5

*Коэффициент теплопроводности для керамзитового гравия должен составлять 0,10–0,18 Вт/(м·°С).

** Согласно ГОСТ 32496-2013, морозостойкость керамзитового щебня и гравия должна быть не ниже F15.

При этом потеря массы после 15 циклов не должна превышать 8 %.

Строение полученных гранул, например оптимального состава, аналогично керамзитовым, полученным на основе традиционного сырья т. е. они имели высокопористую структуру ядра и сплошную плотную корочку (рис. 4, состав № 4). Полученный керамзитовый гравий имеет тонкую слегка шероховатую поверхностную корку коричневого цвета.

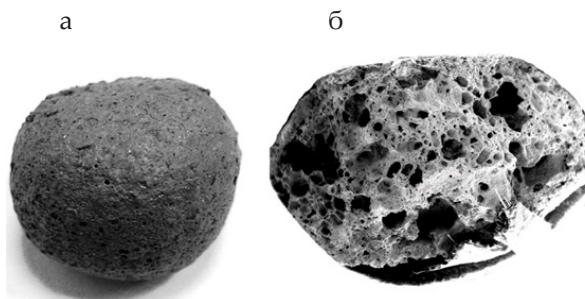


Рис. 4. Фото керамзита состава № 4:

а – внешний вид; б – разрез

Fig. 4. Photo of expanded clay composition N. 4:

a – appearance; b – incision

Обсуждение результатов

Исследование керамзита фракции 5–10 мм засвидетельствовало, что предпочтительными составами по марочности, заслуживающими внимание, являются составы № 4 и № 5 (М250, см. табл. 6), но при этом состав № 5 не соответствует условиям по морозостойкости. Таким образом, к оптимальному составу следует отнести состав № 4. Керамзит фракции 5–10 мм с коэффициентом теплопроводности 0,07–0,12 Вт/(м·°С) рекомендуется применять для заливки бетонных стяжек и производства керамзитобетонных блоков [4, 5, 9].

К конструктивным показателям качества следует отнести прочность керамзита, с повышением которой изделие более надежно выдерживает транспортировку, температурные перепады, перегрузку и другие внешние негативные действия. Кроме того, низкомарочные гранулы с большим количеством пористости, выдерживающие максимум 0,8–1,2 МПа, принимаются в расчет как самые хрупкие [4, 5, 9]. Коэффициент вспучивания при увеличении аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения также повышается, но прочность понижается (см. табл. 6).

За счет повышенного содержания в отходах флотации углерода и его выгорания при обжиге (см. табл. 2, С = 7,88 %) выделяется газ, который способствует росту коэффициента вспучивания.

Вспучивание керамзита идентифицируется как результат избыточного давления газов

внутри микропор, способствующих их расширению, которое пребывает в непосредственной зависимости от вязкости пиропластического расплава. Поэтому для роста вспучиваемости в керамзите применяют вспучивающие добавки, например солянку, а в представленной работе использовали отходы флотации углеобогащения с содержанием п.п.п. – 18,91 % (см. табл. 1), С – 7,88 % (см. табл. 2), теплотворная способность – 2700 ккал/кг (см. табл. 3), органика – 17 % (см. рис. 2) [8, 26].

Как видно из рис. 4, пористость снаружи, в отличие от пористости внутри вида, мало замечена, т. е. аргиллитоподобные отходы флотации углеобогащения способствуют получению в пористом заполнителе замкнутых пор, которые способствуют повышению технических показателей керамзита.

Выводы

1. Исследование керамзита фракции 5–10 мм засвидетельствовало, что предпочтительными составами по марочности, которые заслуживают внимание, являются составы, содержащие отходы углеобогащения 30 % (состав № 4) и 35 % (состав № 5), марка которых М250, но при этом состав № 5 не соответствует условиям по морозостойкости. Таким образом, к оптимальному составу следует отнести состав № 4.

2. Выявлено, что коэффициент вспучивания при увеличении аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения также повышается, но прочность понижается: за счет повышенного содержания в отходах флотации углерода и его выгорания при обжиге (см. табл. 2, С = 7,88 %) выделяется газ, который способствует росту коэффициента вспучивания.

3. Установлено, что вспучивание керамзита идентифицируется как результат избыточного давления газов внутри микропор, способствующих их расширению, которое пребывает в непосредственной зависимости от вязкости пиропластического расплава. Поэтому для роста вспучиваемости в керамзите применяют вспучивающие добавки, например солянку, а в представленной работе использовали отходы флотации углеобогащения с содержанием п.п.п. – 18,91 % (см. табл. 1), С – 7,88 % (см. табл. 2), теплотворная способность – 2700 ккал/кг (см. табл. 3), органика – 17 % (см. рис. 2).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донской С.Е., министр природных ресурсов и экологии РФ. Зелёные технологии как новая точка роста экономики // Международная выставка-форум. М.: ЭКОТЕХ, 2016.

2. Зеленцов Д.В., Савельев А.А., Чертес К.Л. Устройство системы пассивной дегазации массивов существующих объектов размещения отходов // Градостроительство и архитектура. 2015. № 4(21). С. 100–102. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.13.
3. Рахимов Р.З. Топливно-энергетический комплекс, экология и минеральные вяжущие вещества // Известия КГАСУ. 2022. № 3(61). С. 67–74. DOI: 10.52409/20731523_2022_3_67.
4. Донской С.Е. Ликвидация прошлого экологического ущерба, снижение негативного воздействия, сохранение и восстановление биоразнообразия и создание условий для экологической модернизации экономики являются приоритетными направлениями деятельности Минприроды России // IV Всероссийский съезд по охране окружающей среды. М.: Международный выставочный центр «Крокус-ЭКСПО», 2013.
5. Абдрахимов В.З., Денисов Д.Ю. Теоретические и технологические аспекты использования техногенного сырья в производстве теплоизоляционных материалов. Самара, 2010. 72 с.
6. Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Курс лекций по дисциплине «Заполнители для бетонов». Самара, 2006. 70 с.
7. Использование отходов флотации углеобогащения в производстве керамзита / В.З. Абдрахимов, В.К. Семенычев, Е.С. Абдрахимова, И.В. Ковков, В.А. Куликов // Экология и промышленность России. 2010. № 5. С. 20–21.
8. Абдрахимова Е.С., Никитина Н.В. Влияние нефтяного шлама на коэффициент вспучивания и фазовый состав керамзита на основе бейделлитовой глины // Бурение и нефть. 2022. № 7. С. 72–78.
9. Султан И.С., Шингужиева А.Б. Керамзит – энергоэффективный и экологически безопасный материал // Юный ученый. 2019. № 5. С. 53–56.
10. Рошупкина И.Ю., Денисов Д.Ю., Абдрахимов В.З. Исследование фазового состава керамзита на основе отходов горно-обогатительной фабрики при обогащении угля // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17, № 2. С. 136–138.
11. Куликов В.А., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Влияние твердого нефтесодержащего отхода сепарации нефтешлама на фазовый состав и физико-механические свойства керамзита // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 6. С. 141–147.
12. Куликов В.А., Ковков И.В., Абдрахимов В.З. Исследование фазового состава керамзита на основе монтмориллонитовой глины и отходов горно-обогатительной фабрики при обогащении угля // Известия вузов. Строительство. 2010. № 10. С. 24–28.
13. Соколов Л., Фоменко А. Использование отходов в производстве керамзита // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19, № 9. С. 30–34. DOI:10.18412/1816-0395-2015-9-30-34.
14. Котляр А.В., Талпа Б.В., Лазарева Я.В. Особенности химического состава аргиллитоподобных глин // Строительные материалы. 2016. № 4. С. 10–13.
15. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики / В.Д. Котляр, А.В. Козлов, А.В. Котляр, Ю.В. Терёхина // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 95–105.
16. Талпа Б.В., Котляр А.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 31–33.
17. Абдрахимов В.З. Влияние аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения на технические показатели и фазовый состав керамического кирпича // Известия вузов. Строительство. 2025. № 1. С. 76–87. DOI:10.32683/0536-1052-2025-793-1-76-87.
18. Котляр А.В. Характеристика камнеподобных глинистых пород как сырья для производства строительной керамики // Строительные материалы. 2022. № 4. С. 31–37. DOI: 10.31659/0585-430X-2022-801-4-31-37.
19. Nunes K.G.P. Illi J.C., Dávila I.V.J., Feris L.A. Use of coal beneficiation tailings as solid sorbents in the treatment of nitrate-contaminated real wastewater. Applied Water Science. 2020. V. 10. N. 4. P. 14.
20. Gongcheng Li, Shulong Liu, Zengsheng Wen, Guolei Liu, Yu Cui, Yajian Shao Effect of Ultrasonic Frequency on Thickener Performance. Advances in Materials Science and Engineering. 2021. N. 4. P.12–15.
21. Абдрахимов В.З. Получение керамических стеновых материалов на основе монтмориллонитовой глины и «хвостов» обогащения полиметаллических руд // Строительство и реконструкция. 2022. № 4. С. 132–138. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-102-4-132-138.
22. Абдрахимов В.З. Влияние аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения на технические показатели и фазовый состав керамического кирпича // Известия вузов. Строительство. 2025. № 1. С. 76–87. DOI:10.32683/0536-1052-2025-793-1-76-87.
23. Абдрахимов В.З. Термогравиметрические и электронно-микроскопические исследования композиции на основе межсланцевой глины и аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения // Новые огнеупоры. 2025. № 1. С. 58–67.
24. Абдрахимов В.З. Влияние аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения на структуру пористости теплоизоляционного материала // Известия КГАСУ. 2025. № 1(71). С. 77–91. DOI: 10.48612/NewsKSUAЕ/71.7.
25. Еременко Г.Н., Лапунова К.А., Лазарева Я.В. Керамическая черепица на основе аргиллитоподобных глин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2015. № 4. С. 41–46.
26. Заостровский А.Н. Зависимость индекса свободного вспучивания от петрографического состава углей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 4(152). С. 52–58. DOI: 10.26730/1999-4125-2022-4-52-58.

REFERENCES

1. Donskoy S.E., Minister of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. Green technologies

as a new point of economic growth. *Mezhdunarodnaja vystavka-forum* [International Exhibition Forum]. Moscow, JeKOTEH, 2016.

2. Zelentsov D.V., Savelyev A.A., Chertes K.L. Arrangement of passive degassing system for existing waste disposal facilities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2015, no. 4(21), pp. 100–102. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.13

3. Rakhimov R.Z. Fuel and energy complex, ecology and mineral binders. *Izvestija KGASU* [News of KGASU], 2022, no. 3(61), pp. 67–74. (in Russian) DOI: 10.52409/20731523_2022_3_67

4. Donskoy S.E. Elimination of past environmental damage, reduction of negative impact, preservation and restoration of biodiversity and creation of conditions for ecological modernization of the economy are priority areas of activity of the Ministry of Natural Resources of Russia. *IV Vserossijskij s'ezhd po ohrane okruzhajushhej sredy* [IV All-Russian Congress on Environmental Protection]. Moscow, International Exhibition Center «Crocus-EXPO», 2013.

5. Abdrakhimov V.Z., Denisov D.Yu. *Teoreticheskie i tehnologicheskie aspekty ispol'zovaniya tehnogennogo syr'ja v proizvodstve teploizoljacionnykh materialov* [Theoretical and technological aspects of the use of technogenic raw materials in the production of heat-insulating materials]. Samara, 2010. 72 p.

6. Abdrakhimov V.Z., Kovkov I.V. *Kurs lekciy po discipline «Zapolniteli dlja betonov»* [Course of lectures on the discipline “Aggregates for concrete”]. Samara, 2066. 70 p.

7. Abdrakhimov V.Z., Semenychev V.K., Abdrakhimova E.S., Kovkov I.V., Kulikov V.A. Use of coal processing flotation wastes in expanded clay production. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2010, no. 5, pp. 20–21. (in Russian)

8. Abdrakhimova E.S., Nikitina N.V. Influence of Oil Sludge on the Swelling Factor and Phase Composition of Claydite Based on Beidellite Clay. *Burenje i neft'* [Drilling and Oil], 2022, no. 7, pp. 72–78. (in Russian)

9. Sultan I.S., Shinguzhieva A.B. Keramzit – energy efficient and environmentally friendly material. *Junyj uchenyj* [Young Scientist], 2019, no. 5, pp. 53–56. (in Russian)

10. Roshchupkina I.Yu., Denisov D.Yu., Abdrakhimov V.Z. Study of the phase composition of expanded clay based on waste from the mining and processing plant during coal processing. *Bashkirskij himicheskij zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2010, vol. 17, no. 2, pp. 136–138. (in Russian)

11. Kulikov V.A., Abdrakhimov V.Z., Kovkov I.V. Influence of solid oil-containing waste of oil sludge separation on phase composition and physical and mechanical properties of expanded clay. *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2010, no. 6, pp. 141–147. (in Russian)

12. Kulikov V.A., Kovkov I.V., Abdrakhimov V.Z. Study of the phase composition of expanded clay based on montmorillonite clay and mining and processing plant wastes during coal beneficiation. *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2010, no. 10, pp. 24–28. (in Russian)

13. Sokolov L., Fomenko A. Use of waste in expanded clay production. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2015, vol. 19, no. 9, pp. 30–34. (in Russian) DOI:10.18412/1816-0395-2015-9-30-34

14. Kotlyar A.V., Talpa B.V., Lazareva Y.V. Features of chemical composition of mudstone-like clays. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2016, no. 4, pp. 10–13. (in Russian)

15. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Teryokhina Yu.V. Features of stone-like clay rocks of Eastern Donbass as raw materials for the production of wall ceramics. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2014, no. 10, pp. 95–105. (in Russian)

16. Talpa B.V., Kotlyar A.V. Mineral resource base of lithified clay rocks of the South of Russia for the production of building ceramics. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2015, no. 4, pp. 31–33. (in Russian)

17. Abdrakhimov V.Z. Influence of argillite-like wastes of coal enrichment flotation on technical parameters and phase composition of ceramic bricks. *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2025, no. 1, pp. 76–87. (in Russian) DOI:10.32683/0536-1052-2025-793-1-76-87

18. Kotlyar A.V. Characterization of stone-like clay rocks as raw materials for the production of building ceramics. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2022, no. 4, pp. 31–37. (in Russian) DOI: 10.31659/0585-430X-2022-801-4-31-37

19. Nunes K.G.P. Illi J.C., Dávila I.V.J., Feris L.A. Use of coal beneficiation tailings as solid sorbents in the treatment of nitrate-contaminated real wastewater. *Applied Water Science*. 2020. V. 10. N. 4. P. 14.

20. Gongcheng Li, Shulong Liu, Zengsheng Wen, Guolei Liu, Yu Cui, Yajian Shao Effect of Ultrasonic Frequency on Thickener Performance. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2021. N. 4. P.12–15.

21. Abdrakhimov V.Z. Production of ceramic wall materials based on montmorillonite clay and “tailings” of polymetallic ore beneficiation. *Stroitel'stvo i rekonstrukcija* [Construction and Reconstruction], 2022, no. 4, pp. 132–138. (in Russian) DOI: 10.33979/2073-7416-2022-102-4-132-138

22. Abdrakhimov V.Z. Influence of argillite-like wastes of coal enrichment flotation on technical parameters and phase composition of ceramic bricks. *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2025, no. 1, pp. 76–87. (in Russian) DOI:10.32683/0536-1052-2025-793-1-76-87

23. Abdrakhimov V.Z. Thermogravimetric and electron-microscopic studies of the composition based on inter-shale clay and argillite-like wastes of coal enrichment flotation. *Novye ognepory* [New Refractories], 2025, no. 1, pp. 58–67. (in Russian)

24. Abdrakhimov V.Z. Influence of argillite-like wastes of coal enrichment flotation on porosity structure of heat-insulating material. *Izvestija KGASU* [News of KGASU], 2025, no. 1(71), pp. 77–91. (in Russian) DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.7

25. Eremenko G.N., Lapunova K.A., Lazareva Y.V. Ceramic tiles based on argillite-like clays. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian], 2015, no. 4, pp. 41–46. (in Russian)

26. Zaostrovsky A.N. Dependence of free swelling index on petrographic composition of coals. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Kuzbass State Technical University], 2022, no. 4(152), pp. 52–58. (in Russian) DOI: 10.26730/1999-4125-2022-4-52-58

Об авторах:

АБДРАХИМОВ Владимир Закирович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры землеустройства и экологии
Самарский государственный экономический
университет
443090, Россия, г. Самара, ул. Советской Армии, 141
E-mail: 3375892@mail.ru

ABDRAKHIMOV Vladimir Z.

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Land Management and Ecology Chair
Samara State University of Economics
443090, Russia, Samara, Soviet Army st., 141
E-mail: 3375892@mail.ru

САФРОНОВ Евгений Геннадьевич

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры экономики промышленности
и производственного менеджмента
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ewgenijsafronow@yandex.ru

SAFRONOV Evgeny G.

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Industrial Economics
and Production Management Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya st., 244
E-mail: ewgenijsafronow@yandex.ru

Для цитирования: Абдрахимов В.З., Сафронов Е.Г. Перспективный рециклинг аргиллитоподобных отходов флотации углеобогащения в производство керамзита для экологии, экономики и строительства // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 90–99. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.13.

For citation: Abdrakhimov V.Z., Safronov E.G. Prospective recycling of mudstone-like waste from coal enrichment flotation into the production of expanded clay for ecology, economics and construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 90–99. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.13.

Принята: 27.04.2025 г.

АРХИТЕКТУРА

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ



УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.14

Э. В. ДАНИЛОВА

АРХИТЕКТУРА КАК ИСКУССТВО: ФОРМИРОВАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА ФРЭНКА ГЕРИ

ARCHITECTURE AS ART: THE FORMATION OF FRANK GEHRY'S ARTISTIC LANGUAGE

Статья посвящена исследованию развития проектного подхода Фрэнка Гери во время его работы над серией индивидуальных жилых домов в 1960–1980-е гг. В статье определяются факторы влияния на его работу. Анализируются условия его проектов в это время – урбанистический и артистический контексты. Описывается своеобразие городской среды Лос-Анджелеса, которая стала для архитектора источником вдохновения, определив композиционные структуры объектов. Выявляется специфика Калифорнийского художественного сообщества, которое стало для Гери стимулом для создания его архитектурного языка. Рассматриваются архитектурно-планировочные особенности шести построек, их эстетические качества и средства художественной выразительности, превратившие каждый объект в произведение искусства.

Ключевые слова: фрагментарность, динамика, непостоянство, городская среда, арт-сцена, современное искусство, ассамбляж, архитектурная экспрессия

The article is devoted to the study of the development of Frank Gehry's design approach during his work on a series of individual residential buildings in the 1960s-1980s. The article identifies the factors influencing his work. The conditions of his projects at that time – urban and artistic contexts – are analyzed. The article describes the uniqueness of the Los Angeles urban environment, which became a source of inspiration for the architect, determining the compositional structures of the objects. The specificity of the Californian art community, which became an incentive for Gehry to create his architectural language, is revealed. The architectural and planning features of six buildings, their aesthetic qualities and means of artistic expression, turning each object into a work of art, are considered.

Keywords: fragmentation, dynamics, impermanence, urban environment, art scene, contemporary art, assemblage, architectural expression

Фрэнк Гери – архитектор, который в большей степени, чем его коллеги, обязан искусству своим вдохновением, концепциями и методом. Его объекты, начиная с музея Гуттенхайма в Бильбао, являются важными знаками современного урбанистического мира, повышающими статус города и притягивающими потоки туристов. Узнаваемый почерк Гери стал символом глобализации. Но международное признание пришло к архитектору только во второй

половине его жизни, когда он, достигнув профессиональной зрелости, решил полностью поменять свой подход к архитектуре. Серия индивидуальных жилых домов, построенных им в 1960–1980-е гг., стала для Гери решающей в его переходе от коммерческой архитектуры к тому, что представляет собой главный концепт его работы: архитектурный объект как произведение искусства. С точки зрения художественного языка на Гери повлияло два главных фактора:

контекст и художественная среда. Лос-Анджелес, обеспечивший архитектору урбанистические условия для работы и творческую лабораторию одновременно, был многократно интерпретирован в этой серии домов. Можно рассматривать серию как последовательный художественный эксперимент, в процессе которого Гери отработывал идеи, переосмысливал архитектуру, добываясь высшей художественной выразительности, и разрабатывал свой проектный метод. В статье рассматриваются особенности урбанистического и культурного контекста и их архитектурная интерпретация Гери в формообразовании и пространственной организации жилых домов.

Контекст: город

Фрэнк Гери родился в Торонто, но городом его жизни и творчества стал Лос-Анджелес. Он приехал в город в 1949 г., окончил университет Южной Калифорнии – школу архитектуры – в 1954 г. Лос-Анджелес заставил архитектора выработать свой особый ответ на урбанистический условия, принять типологию, впитать культурный и социальный контекст. В то время, когда Гери в 1962 г. открыл свою архитектурную практику, город представлял собой альтернативу традиционным городам, основанным на взаимоотношениях центра и периферии. Лос-Анджелес воспринимался как бесконечный пригород, в котором существовало множество анклавов, варьирующихся как по уровню дохода, так и по национальности. Это была многокультурная среда, невероятно плотная и неоднородная, в которой каждый житель жил мечтой о своем частном доме, но в реальности сталкивался со множеством проблем.

Примерно в этот же период Рейнер Бэнхэм, знаменитый английский архитектурный критик и теоретик, посетил город. Результатом его исследования стала книга «Лос-Анджелес: архитектура четырех экологий», которая увидела свет в 1971 г. [1] Возможно, это наиболее полное описание той среды, в которой происходило становление Гери как архитектора. Книгу Бэнхэма часто сравнивают с такими знаменитыми книгами, как «Уроки Лас-Вегаса» Р. Вентури (1972 г.) и «Нью-Йорк вне себя» Р. Колхаса (1978 г.), раскрывающими для архитекторов специфику американского урбанизма в его различных контрастных проявлениях. Бэнхэм предложил взгляд на урбанистическую структуру Лос-Анджелеса как на мозаику из четырех непохожих сред-экологий, каждая из которых обладала своими собственными характеристиками, потенциалами и проблемами, а значит и особой идентичностью. Такой

подход позволил автору передать своеобразие Лос-Анджелеса, который, не имея исторического ядра, был не похож на традиционные города Старого и Нового Света.

Четыре экологии представлены прибрежной полосой, холмами, равниной и автострадами. Для каждой из сред-экологий с уникальным ландшафтом Бэнхэм предложил название, выражающее гибрид культурного и природного контекстов. География становится поводом для определения, но городской социум составляет акценты. Первая из экологий – Серфурбия – названа так по имени культуры серферов, вызывая ассоциации с образами солнца, песка и прибоя. Это прибрежный район города, уникальность которого определяется океаном, пляжем и в целом романтической жизнью, в которой доминирует отдых и туризм. Прибрежный образ жизни оказал свое влияние и на архитектуру, для которой характерны открытые пространства, панорамные окна, виды на океан, меняющие повседневность своим постоянным присутствием природных явлений. Это идеал благополучной жизни, вечного досуга, который представляет собой прямой контраст по отношению к трудовым будням города. Это праздничная часть Лос-Анджелеса, где красота природы становится красотой урбанистической жизни.

Вторая экология – это Предгорья, или холмы, представляющие собой оппозицию открытому побережью Серфурбии. Эти районы ассоциируются с уединением и отстранением от городской суеты. Это места роскоши и благополучия. Для Предгорий характерны большие участки, а сама застройка гармонирует с окружающим ландшафтом. Дороги петляют между холмами, являющимися природными ограждениями, за которыми от посторонних взглядов скрыта жизнь их обитателей. Именно здесь проживают звезды Голливуда, ведущей индустрии Лос-Анджелеса. И именно здесь обитают промышленные магнаты и другие влиятельные лица города. Равнины Ид, третья экология, является наиболее обширной. Это место обитания всех остальных социальных слоев города с их разнообразными образами жизни. Равнины представляют собой пригород, который расползается во всех возможных направлениях. Жилые зоны чередуются с промышленными и коммерческими, и именно здесь мечта о своем доме находит свою массовую реализацию. И, наконец, четвертая экология, названная Бэнхэмом Автопией, представляет собой синтез автомобиля и утопии. Автопия и есть кровеносная система Лос-Анджелеса, связывающая воедино бесчисленные урбанистические фрагменты. Автопия – это система автомагистралей

и развязок, занимающих настолько обширные территории, что они могут быть поняты как отдельная часть города – его экология, рассредоточенная по всему городскому пространству. Автопия определяет Лос-Анджелес как динамичный город, жизнь в котором немыслима без автомобиля. Невозможно было бы считать этот разросшийся пригород городом, если бы не автомобиль и не система коммуникаций, связывающая его воедино. Жизнь жителя регламентируется временем, проведенным в пути от точки до точки. Сеть маршрутов определяет повседневность. И если говорить о факторах градоформирования Лос-Анджелеса, то центральным из них будет несомненно являться автомобиль. Автомобиль привносит в жизнь города свободу и гибкость, которые становятся отличительными характеристиками местного образа жизни. Свобода передвижения обеспечивает свободу личности, которая выражается в разнообразии его архитектуры, где каждый частный владелец привносит тот же дух свободы и индивидуальности в экстерьер и интерьер своего дома.

Мобильность является ключевым качеством среды, указывая на единственно возможную традицию в городе, где практически нет истории, которая была бы закреплена в его урбанистической структуре. Мобильность – это константа, и значит, в Лос-Анджелесе нет ничего, что претендовало бы на вечность, а следовательно, его архитектура свободна от догм и традиций. Все изменяется, и архитектурные изменения, бесконечные перестройки скорее являются нормой, чем исключением. Все четыре экологии создают урбанистическую уникальность Лос-Анджелеса, демонстрируя возможности среды, которая реагирует на социальную мозаику его жителей разнообразием условий. Это среда, которая постоянно трансформируется и адаптируется – к ландшафту и экономике, культурам и климату, социуму и тем образам жизни, которые возникают в этом пространстве изменений и динамики.

Таким Лос-Анджелес предстал перед Гери в 1960-х гг., поставив перед ним проблему архитектурного метода в городе, в котором отсутствует контекст в его традиционном понимании. Архитектурная традиция Лос-Анджелеса заключалась в ее отсутствии. Испанское миссионерское возрождение, Ар-деко довоенного времени, Фрэнк Ллойд Райт, модернистские постройки Рудольфа Шиндлера и Ричарда Нойтры, коммерческая реклама заправок и придорожные кафе гутти-архитектуры – футуристичного калифорнийского изобретения – все это сосуществует в городе, где модернизм уживается с Маленьким Токио

и другими азиатскими соседствами, а эклектика является неизбежной. Именно в таком окружении Гери нужно было найти ключ к своей архитектуре, которая была бы вдохновлена этим противоречивым контекстом. И именно Бэнхэм обращает внимание на Фрэнка Гери, все еще маргинального архитектора на момент написания книги, рассказывая на ее страницах о Студии Данцингера. Небольшая постройка привлекает внимание архитектурного критика, заметившего архитектурную новизну этого минималистского дома. С данного объекта начинается история архитектора Фрэнка Гери, который был в равной мере сформирован как урбанистическим контекстом, так и художественной средой Лос-Анджелеса, заслуживающей отдельного описания.

Контекст: искусство

Серфурбия формировалась в Лос-Анджелесе начиная с конца XIX в., когда железные дороги соединили прибрежную территорию с внутренними районами. Вдоль береговой линии стали возникать дома отдыха, застройка вокруг которых со временем расширялась. Возникли такие пригороды, как Санта-Моника, а затем и Венеция, которые сыграли важную роль в культуре Калифорнии. К 1950-м гг. Венеция представляла собой деградировавшую среду с облупившимися домами, отсутствием удобств, но привлекавшую поэтов, художников, музыкантов дешевой арендной платы и свободным духом. Здесь сформировался богемный район, подобно Гринвич Виллиджу в Нью-Йорке. Битники составляли большую часть посетителей бесчисленных кофеен, которые функционировали как центры социальной и культурной жизни. Здесь продавались произведения искусства, здесь выступали поэты и музыканты, сюда приезжали такие известные писатели, как Аллен Гинзберг и Джек Керуак. Именно здесь появилась альтернативная художественная сцена, где нашли свое прибежище те, кто был изгнан консервативной средой Лос-Анджелеса. К 1950-м гг. в районе Западного Голливуда появилось множество коммерческих художественных галерей, благодаря притоку частных инвестиций в искусство. Но эта среда была неоднородна. В Лос-Анджелесе сосуществовали две различные сцены – официальная и андеграундная, противоречия между которыми стимулировали саму художественную жизнь [2].

К 1960-м гг. в городе было более сотни галерей, и именно на волне галерейного бума художник Эдвард Кинхольц и куратор Уолтер Хоппс открыли в 1957 г. авангардную галерею

Ферус на бульваре Ла-Сьенега. Через год галерея представляла несколько десятков художников, которые жили и работали в районе Венеция и Западном Голливуде. Среди них были сам Эд Кинхольц, Уоллес Берман, Билли Эл Бенгстон, Джон Олтун, Крейг Кауфман, Джордж Хермс и Эд Мозес, а позже Эд Рушей и Ларри Белл. Именно Эд Мозес стал проводником Фрэнка Гери в мир современного искусства. Кроме продвижения художников Лос-Анджелеса, Хоппс и сменивший Кинхольца Ирвинг Блюм выставляли ведущих художников Восточного Побережья – Энди Уорхола, Роя Лихтенштейна, Дональда Джадда, Фрэнка Стеллу, Роберта Раушенберга. Блюм превратил андеграундный и маргинальный Ферус в процветающую коммерческую галерею. Художники, выставлявшиеся в галерее, теперь определяли художественный климат Лос-Анджелеса, превратив бывшую художественную провинцию во второй по значению для современного искусства город после Нью-Йорка [3].

Начало самостоятельной карьеры Гери совпало с подъёмом художественного мира Лос-Анджелеса, где задавали тон художники, представляющие собой авангард современного искусства. В их творчестве было два доминирующих направления – ассамбляж и поп-арт. Руша переосмысливал урбанистический ландшафт Лос-Анджелеса – бассейны, парковки и заправки, сочетая шрифт с языком рекламы, создавая знаки массовой культуры и глянца. Часто художники использовали пластик, неон, оргстекло и алюминий вместе с акриловыми красками, что было прямым ответом на коммерческий и развлекательный дух города. Детали мотоциклов Билли Эна Бенгстона и рекламные знаки Эда Рушея контрастировали с работами Уоллеса Бермана, Джорджа Хермса и Эда Кинхольца, которые представляли другую версию среды Лос-Анджелеса. Они создавали сложные инсталляции из найденных объектов и собранного мусора, что дало повод для критиков называть их работу «мусорным искусством». Таким образом Голливуд и Венеция, глянец и андеграунд были двумя сторонами одного и того же города, который представлял собой коллекцию контрастных фрагментов, хаотично разбросанных в ландшафте. Ассамбляж Кинхольца и Хермса был попыткой переосмыслить маргинальность, они создавали работы, которые не были рассчитаны на коммерческий успех, в то время как Раушенберг демонстрировал более эстетскую версию ассамбляжа, уходившую своими истоками в классический модернизм Курта Швиттерса и Владимира Татлина. То, что объединяло всех художников, занимающихся ассамбляжем, – это внимание к материалам, их

парадоксальным сочетаниям и использованию, интерес к феноменологии современного урбанизма, в котором традиционные природные и искусственные материалы перемешивались самым естественным образом. Таков был дух Лос-Анджелеса 1960-х гг., и именно таким его передавали художники. Для Гери этот взгляд и подход стали решающими.

Архитектор познакомился с Эдом Мозесом, когда приезжал на стройку Студии Дэнцингера. Он каждый раз встречал художника, который наблюдал за строительством, и приводил с собой своих друзей-художников. Необычный объект привлек внимание артистической среды, и скоро Гери стал своим среди художественного сообщества Лос-Анджелеса. Бенгстон, Мозес, Прайс и Белл познакомили Гери с Раушенбергом, Джаддом и Серра. Гери говорил, что именно художники стали его кругом поддержки в то время, когда он не находил общего языка с архитекторами Лос-Анджелеса [4]. Развитие галереи Ферус и деятельность Хоппса, подъем современного искусства Лос-Анджелеса происходили параллельно со становлением Гери как архитектора, который находился в центре всех процессов и событий.

Вспоминая этот период, Гери часто впоследствии утверждал, что именно от художников он «научился находить вдохновение вокруг себя и ценить повседневные вещи» [4]. Он выбрал такой круг общения, потому что искусство всегда привлекало его. Когда Гери обучался в университете, он пытался объединить студентов архитекторов и художников в проектах, привнести момент искусства в архитектуру, поскольку верил, что архитектура – это искусство, и он старался практиковать ее именно так [5]. «Мои любимые художники – Кен Прайс, Роберт Раушенберг, Элсворт Келли, Эд Мозес и Джон Балдессари», – говорил архитектор в одном из своих интервью [6]. В других интервью он часто упоминал Джадда, который вместе с Раушенбергом повлиял на использование джанка – мусора, дешевых материалов и найденных вещей; Рона Дэвиса, который вдохновил его на игры с перспективой; Лоренцо Бернини, впечатлившего его барочной избыточностью; Микеланджело с его рисунками складок. Но, видимо, одним из самых важных аспектов влияния художников стала практикуемая Гери координация руки и глаза, определяющая взаимосвязь построенного объекта с эскизом, сохранение экспрессии и непосредственности графического рочерка в фундаментальных материалах. Сам архитектор называл это качество своим лучшим навыком архитектора: «Я способен перевести скетч в модель здания» [4].

Начиная с 1960-х работа Гери делилась на две части. Первая – это коммерческие проекты, вторая – творческие. Такое раздвоение продолжалось несколько лет до того момента, когда, встретив личный кризис в зрелом возрасте, архитектор решил заниматься только творчеством, чего бы это не стоило, что и было осуществлено им во второй половине его жизни. Но его бэкграунд из объектов, построенных в 1960–1980-х гг., обеспечил ему постепенное становление как художника, для которого архитектура – такой же вид искусства как живопись и скульптура. Многие из этих проектов были построены для его друзей-художников, что предоставляло архитектору возможности для свободного и ничем не ограниченного творчества. Его собственный дом в Санта-Монике стал кульминацией этой серии домов и принес ему мировую известность и будущие концептуальные основания для его архитектуры после 1980-х.

*Дом как произведение искусства
Резиденция и студия Данцингера*

Дом, который привлек внимание художников, был спроектирован Гери для графика Луи Данцингера и построен на Мелроуз авеню. Художник предложил архитектору идею из двух смещенных кубов и попросил построить это как можно дешевле. Гери в свою очередь разработал концепцию закрытого глухого скульптурного объема, который был отгорожен от дороги с интенсивным движением (рис. 1). Интровертный объект контрастировал с хаотичским урбанистическим окружением. На улицу было обращено только узкое окно кухни, в то время как все остальные проемы обращены во двор. Дом представляет собой кубистическую композицию, созданную под влиянием Луиса Кана, Ле Корбюзье и японской архитектуры, которой был увлечен Гери в тот момент. Сырая

штукатурка, использованная для стен, была заимствована из эстетики автострад, где она применялась для покрытия под ними. Внутреннее пространство дома отличалось разнообразием проемов и работой со светом. Архитектор комбинировал естественный и искусственный свет, работал с холодным и теплым освещением для студии и жилого дома. Каждая композиция проемов и потоков света была отдельным эпизодом в световой композиции дома.

Для художников Лос-Анджелеса этот объект представлял собой архитектурную версию современного искусства: это была минималистская скульптура или инсталляция, которая транслировала те же идеи, что были актуальными в искусстве того времени. Дом явно представлял собой эстетическое высказывание и выделялся этим на фоне остальной утилитарной и коммерческой застройки города. Собранность, компактность, композиционная чистота и целостность, а также оппозиция внешнего и внутреннего пространства, разыгранная через ограниченную палитру художественных средств, представлялись выдающимися качествами архитектуры Гери, который стремился противопоставить эклектике вернакуляра Лос-Анджелеса концептуальную чистоту произведения искусства.

Дом Рона Дэвиса

Тридцатилетний художник Рональд Дэвис вдохновил Гери на новую работу с формой. Дэвис просил архитектора построить два объекта на одном участке в Малибу – дом и студию. Но Гери отказался в пользу синтетического решения. Архитектор, наблюдая за тем, как Дэвис экспериментирует с перспективными изображениями и геометрическими формами, предложил найти ключ к пространству через перспективу. Гери взял точки схода



Рис. 1. Резиденция и студия Данцингера. 1965 г.
Fig. 1. Danzinger Residence and Studio. 1965



Рис. 2. Дом Рона Дэвиса. 1968 г.
Fig. 2. Ron Davis House. 1968

на стене и протянул струны по модели участка. Пространственная конструкция, полученная в результате этих опытов, была положена в основу структуры дома (рис. 2). Трапециевидная форма в плане и по фасаду была вписана в ландшафт. Гери говорил, что это решение было также продиктовано феноменологией. Он вспоминал, что провел там много времени, сидя и наблюдая, куда падают тени и свет солнца [7]. Начал играть с отражениями, исследуя его визуальный и эмоциональный потенциал. От предыдущего проекта – студии Данцингера – осталась идея минималистской формы, но теперь эта форма была искажена и своими острыми и тупыми углами стала художественным прообразом будущего творчества архитектора. Перспектива в работах Дэвиса стала примером для перспективы пространственной, которая в свою очередь представляла собой модель для последующих художественных опытов. Закольцованность идеи перспективы была своеобразным ответом на развивающееся концептуальное искусство.

Из дома открывался вид на океан. Крыша была расположена параллельно горам и оси дороги. Именно здесь проявился особый подход Гери, который заключался в том, чтобы рука и взгляд были скоординированы. Гери представлял будущее восприятие объекта через модель, стремясь расположить объект в ландшафте таким образом, чтобы все взаимно дополняло друг друга через драму природы и архитектуры. Дом построен на основе деревянного каркаса, но облицован гофрированным металлом, что создавало ссылку на транспортный контейнер. Дом и был контейнером, содержащим внутри пространство для идей и их реализаций, оболочку для произведений искусства, созданных как художником, так и архитектором. Гофрированный металл мог вызвать намек на банальность, если бы не перепад кровли в шесть метров – с девяти до трех. Первоначальная простота объема была усложнена искажением ортогональной сетки и мостила путь к дальнейшим открытиям в интерьере. Здесь работы Дэвиса – живописные геометрические абстракции – продолжались архитектурными геометрическими абстракциями интерьера. Диагонали балок и лестниц, световой проем в кровле, перегородки и экраны – все вместе создавали сложный пространственный рисунок, а каждый фрагмент мог быть воспринят как скульптурная инсталляция. Иллюзии и аллюзии открытого и закрытого, противостояние внешнего и внутреннего, плоскостное и линейное – все это обретет дальше в репертуаре архитектора свое новое прочтение.

Дом Гери

Если в домах Данцингера и Дэвиса архитектор Гери играл с закрытым автономным объемом-контейнером, представляющим образ убежища в урбанистическом беспорядке Лос-Анджелеса, то затем его интерес сместился в сторону взаимодействия с окружением. Скульптурная форма уступила место инсталляции и ассамбляжу. Контекст, который прежде вызывал реакцию ответить на фрагментарность целостностью, на этот раз выступил поводом для создания нового образа. В городе, где все непостоянно, где все находится в движении, где нет ничего ценного, длительного и непрерывного, объект Гери становится высказыванием, выражающим дух места.

У дома были и свои художественные прототипы. Огромная скульптура – бесконечная колонна – Курта Швиттера, «поэта мусорного искусства», созданная им в собственном доме, инсталляции Роберта Раушенберга и художников Лос-Анджелеса – все это были пространственные скульптурные композиции, которые можно сделать из найденных объектов. Для Гери в ассамбляже и «мусорном искусстве» заключался особый ключ к пониманию Лос-Анджелеса. Большая часть застройки города была сделана из дешевых материалов, поскольку строящиеся дома воспринимались как временные постройки. Но даже в тех районах, где находились дорогие виллы, обязательно присутствовала сетка-рабица. Забором из сетки-рабицы были огорожены теннисный корт и бассейн, демонстрировавшие претензии на роскошь, заключенную в рамки дешевой промышленной продукции. Бесконечный микс дешевых и дорогих материалов создавал урбанистический ассамбляж и специфическую текстуру Лос-Анджелеса, что и попытался воплотить Гери в своем собственном доме.



Рис. 3. Дом Гери. 1978 г.
Fig. 3. Gehry House. 1978

Он купил розовое колониальное бунгало, построенное в 1920-х гг., и не стал сносить старый дом, чтобы построить новый объект. Бунгало стало основой для гигантской архитектурной инсталляции – ее композиционным центром. С трех сторон Гери построил оболочку, которая представляла собой вариацию абстрактной скульптуры, созданную из фанеры, деревянных конструкций, гофрированного металла и сетки-рабицы (рис. 3). Каждый элемент этой оболочки – оконный проем, стык кровли и стены, вход – все было выполнено с особой тщательностью, как часть художественного произведения. Все окна были задуманы как экраны, отражающие небо и природу, определяя игру света и тени в интерьере. Внутри дома был смонтирован наклонный куб, который прорывал оболочку и создавал множество пространственных сцен-инсталляций внутри самого дома.

Дом стал художественным манифестом архитектора, который, имея абсолютную свободу в этом проекте, позволил себе любые вариации формы и пространства. Выражая дух окружения, дом одновременно был мощным авторским жестом, который нельзя было не заметить. Дом Гери стал местом паломничества архитекторов и публики, которая традиционно посещает музеи и выставки современного искусства. Позже, на выставке в МоМА в Нью-Йорке в 1988 г., дом был представлен как деконструктивистская икона, но сам Гери отрицал это узкое определение. Спустя годы становится ясно, что именно художественная сцена Лос-Анджелеса сформировала художественный язык Гери, послужив линзой для восприятия урбанистического окружения.

Дом Нортон

Художница Лина Нортон и писатель Уильям Нортон были вдохновлены собственным домом Фрэнка Гери и заказали архитектору резиденцию на береговой линии в Венеции. Вытянутый участок размером 4x20 м был втиснут между традиционными постройками с панорамным остеклением. Для Гери линейность участка стала определяющим фактором архитектурной композиции. Штабелируемые разнородные по своим материалам и цвету кубические объемы соединены наружными и внутренними лестницами на разных уровнях. Эта постройка еще больше похожа на скульптуру или инсталляцию, чем дом Гери (рис. 4). Здесь не существовало исходного объекта, который дал бы возможность вступить с ним в диалог, как в предыдущем проекте. Архитектор обыграл каждый куб, до-



Рис. 4. Дом Нортон. 1984 г.

Fig. 4. House of Norton. 1984

бавив отдельные детали, превратив дом в меняющиеся по ходу пьесы декорации для жизни его обитателей. Выразительная форма, балансирующая на грани банальности и изобретательности, стала результатом сборки, в которой принцип контраста был основополагающим.

У дома есть характерный элемент, который разрушает линию панорамного остекления прибрежной застройки. На фасад выходит отдельный куб, доступ к которому осуществляется по наружной лестнице, – это место уединения, студия писателя, напоминающая спасательную будку. В юности Нортон работал спасателем, и эту ссылку можно прочитать в архитектуре дома. Возвышаясь над первым и вторым уровнем дома, кабинка отделена от всей остальной композиции. Здесь писатель становится наблюдателем, но и сам представляет собой объект для наблюдения, хотя способен закрыться от внешнего мира поднимающимися ставнями. В этой форме можно увидеть и отсылку к кабинке Ле Корбюзье – пляжному дому, построенному великим модернистом для уединения и творчества. Остальные элементы – красная труба, стеклянный навес, портал из бревен, голубая, зеленая и желтая плитка – добавляют поэзии в утилитарную конструкцию, меняя ее первоначальную функцию. Дом как убежище с видом на океан превращен в арт-объект, выставленный на обозрение для публики. В этом объекте Гери кажется ироничным и скептическим по отношению к серьезной типологии, но Монео подчеркивал, что намек на иронию исчезает после того, как присмотришься к совершенству деталей [8]. Фрагментация становится инструментом Гери на несколько последующих лет, позволяя архитектору добиваться идеальной функциональной структуры, не ограничивающей свободное формотворчество.

Гостевой дом Уинтонов

Заказчики – Дэвид Майкл и Сара Уинтоны были известными коллекционерами и покровителями искусства. Они жили в доме на берегу озера Миннетонка в Ороно, недалеко от Миннеаполиса, в доме, который Филипп Джонсон спроектировал в 1953-1954 гг. для куратора Института искусств Ричарда Дэвиса. Дом представлял собой минималистскую модернистскую постройку из красного кирпича. Уинтоны нуждались в гостевом доме, где они могли бы разместить своих пятерых детей и внуков. Они первоначально обратились к Джонсону, но тот был занят и отказался. В журнале *New York Times Magazine* они прочитали статью о Гери, в которой был процитирован отзыв Джонсона о его работе. Джонсон высоко оценил его работы, которые «поражают воображение ... дарят таинственное чувство удовольствия» [9]. Для Уинтонов было важна связь Гери с художниками, поскольку свой гостевой дом они рассматривали как потенциальное произведение искусства. На них произвел впечатление собственный дом Гери, о котором рассказывалось в статье.

Сначала архитектор сделал эскиз «детской деревни», композиции, которая была сформирована архетипичными домами в духе Альдо Росси. Но по мере процесса проектирования и взаимодействия с заказчиками его концепция изменилась. «Детская деревня» трансформировалась в гигантский натюрморт, вдохновленный произведениями Джорджо Моранди и отчасти метафизическими работами Джорджо де Кирико. Теперь архетипичные дома были заменены выразительными по своей геометрии абстрактными объемами, каждый из которых обладал собственной идентичностью (рис. 5). В центре композиции был расположен пирамидальный объем гостиной, вокруг которого

располагалось шесть элементов – деформированные параллелепипеды, кубы и сфера. Каждый объем был в определенной степени иррациональным по форме, не имеющим явной предметной отсылки, но возможно, напоминающим просвещенной публике об идее архетипичных объемов Ле Корбюзье. Только в случае Гери идеальная геометрия белоснежных форм великого модерниста уступила место ироничной интерпретации всего, что может быть рассмотрено как идеальная форма. Результат – скульптурная композиция, которая создавала временной диалог с модернистской постройкой Джонсона, перекликаясь материалом – красным кирпичом – одного из объемов, увенчанного трубой. Эта рифма лишь подчеркивала контраст материальной целостности дома Джонсона и фрагментарности коллажа, созданного Гери. Черный металл, алюминий, фанера, кирпич, доломитовый известняк, побелка – выразительная композиция цвета и материала создавала музыкальное многоголосие или как в случае дома Нортон – нарратив с несколькими героями. Как и в доме Нортон, здесь существует момент поэзии – куб на опоре – вызывающий ассоциации с домом на дереве, традиционном образе детства с его летними каникулярными историями.

Нельзя лучше представить себе оппозицию модернизма и постмодернизма, чем в этих домах-высказываниях. Если минимализм Джонсона – это минимализм архитектурного объекта, то избыточность Гери прежде всего происходит из мира искусства, где любое искажение идеального вносит экспрессию и заставляет зрителя переживать эмоциональный катарсис. Скульптурный натюрморт из объемов в духе переосмысленного Эльсвортом Келли Ле Корбюзье, несмотря на строгое выполнение функциональной программы – гостиной,



Рис. 5. Гостевой дом Уинтонов. 1987 г.

Fig. 5. Winton Guest House. 1987

кухни, гаража, ванной, спален, – все же выходил за пределы утилитарности. Это скульптурное качество дома проявило себя в полной мере, когда дом был продан, разобран, перевезен и смонтирован на новом месте, став центром архитектурных исследований Университета Св. Фомы. Дом был назван Филипом Джонсоном шедевром [9]. Эта высокая оценка архитектора архитектором дорогого стоит. Дом Гери стал началом нового этапа творчества. С этого момента архитектор стал создавать фрагментированные композиции из дифференцированных объемов, исследуя эту тему дальше в жилых и общественных объектах.

Дом Шнабеля

В этом проекте для дипломата в отставке Рокуэлла Шнабеля и его жены Марни Гери продолжает идею композиции гостевого дома Уинтонов. На этот раз форма опять происходит из сюрреалистического синтеза деревни-натюрморта (рис. 6). От деревни – образ усадьбы, состоящей из нескольких построек. От натюрморта – автономные объекты, причудливые и эксцентричные, одновременно вызывающие ассоциации с предметным миром и миром искусства. Гостиная в центре композиции – то ли замок с башней из детского набора кубиков, то ли кубистическая бутылка – альтернатива Умберто Боччони. Башня соединяется с параллелепипедом на втором уровне, который в свою очередь завершается ромбовидным объемом мастер-спальни, выходящей в пруд. Аркада, отсылающая к архитектурной традиции вилл Палладио, связывает главный дом с гаражом. Узкая полоса бассейна становится третьей линией в плане после объема с аркадой и аллеей, ведущей от входа к гостиной-башне.

Изобретательность, с которой Гери выстраивает и сочиняет каждый объем, превращает дом в выставку скульптуры под открытым небом. Все возможные реплики и формы – шары, кубы, параллелепипеды перемешиваются в композиции, которая равно далека как от классических, так и модернистских прототипов, но при этом имеет удивительные ассоциации на глубинном уровне с теми и другими. Но на этот раз становится очевидным, что Гери становится тесно в рамках типологии частного дома. Сам объект нуждается в зрителях, которые могли бы оценить все архитектурные мизансцены с их множеством аллюзий и ссылок. Объект является зрелищным по своей природе, в нем нет камерности, а его сложная геометрия разрушает представление о сельской идиллии, которая сама по себе была исходным посылом. Все, что должно быть в вилле, здесь существует, но существует в правилах архитектурного театра, а не частного дома. И случайно дом стал одним из последних объектов Гери в этой типологии.

Заключение

Когда дом Шнабеля был построен, Гери был занят уже множеством других проектов, таким как Концертный зал Уолта Диснея в Лос-Анджелесе, Рыба в Барселоне и другими, прославившими его. Музей Гутенхайма в Бильбао стал главным объектом XX века. Творческий метод Гери, проявившийся в этих и последующих знаковых постройках, был, тем не менее, развит именно в этой серии домов. Здесь впервые Гери отработал подход, основанный на восприятии архитектурного объекта как произведения искусства, обладающего таким же качеством как живопись или скульптура. Отвечая на урбанистический хаос Лос-Анджелеса, города, не имеющего архитектурной традиции, Гери обратился

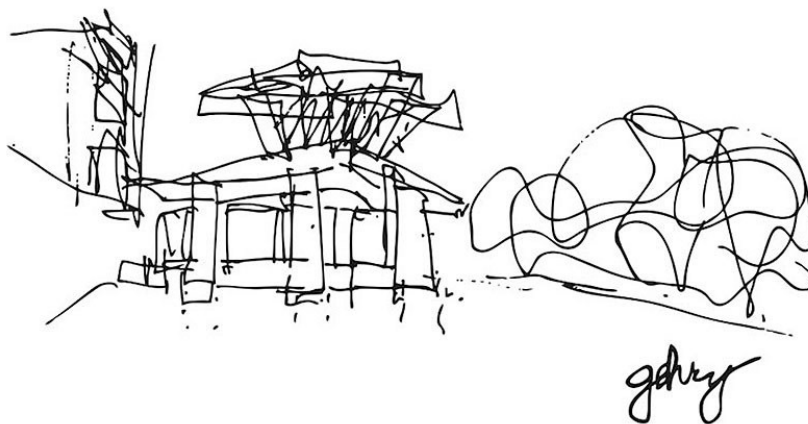


Рис. 6. Рисунок Гери «Дом Шнабеля». 1989 г.
Fig. 6. Gehry's drawing "Schnabel's House." 1989

к искусству как единственному чистому смыслу, представляющему контраст спонтанному окружению. Сначала противопоставляя, а потом создавая собирательный образ из городской среды, архитектор открыл свою собственную эстетическую программу, которая была сформирована в диалоге с художниками. Гери является единственным архитектором, после Ле Корбюзье, кому удалось добиться абсолютной чистоты и совершенства перехода от современного искусства к современной архитектуре в своем творчестве. Компьютерные технологии лишь расширили возможности архитектора, обеспечив его большей свободой в реализации собственных идей, но сама методология была развита Гери еще в традиционном проектировании. Именно поэтому серия домов, построенных в 1960–1980-е гг., стала таким значительным вкладом в современную архитектуру и определяющим опытом для самого архитектора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Banham R. Los Angeles: The Architecture of Four Ecologies. Los Angeles: University of California Press, 2009. 296 p.
2. Schrank S. The Art of the City: Modernism, Censorship, and the Emergence of Los Angeles's Postwar Art Scene // *American quarterly*. 2004. V. 56. N. 4. P. 663–691.
3. Schwartz A. Second City": Ed Ruscha and the Reception of Los Angeles Pop // *October*. 2005. N. 111. P. 23–43.
4. Zaera A. Conversations with Frank Gehry // *El Croquis*. 1995. N. 74/75. P. 6–36.
5. Davidson J. In conversation: Frank Gehry [Электронный ресурс]. URL: <https://nymag.com/intelligencer/2020/01/frank-gehry-in-conversation.html> (дата обращения: 26.04.2025).

Об авторе:

ДАНИЛОВА Элина Викторовна

кандидат архитектуры, доцент,
профессор кафедры градостроительства,
советник РААСН
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: red_avangard@mail.ru

Для цитирования: Данилова Э.В. Архитектура как искусство: формирование художественного языка Фрэнка Гери // *Градостроительство и архитектура*. 2025. Т. 15, № 4. С. 100–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.14.
For citation: Danilova E.V. Architecture as art: the formation of Frank Gehry's artistic language. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 100–109. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.14.

Принята: 12.05.2025 г.

6. Minner K. Interview with Frank Gehry [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/129680/interview-with-frank-gehry> (дата обращения: 26.04.2025).

7. Dal Co F., Foster K. W. Frank O. Gehry The Complete Works. New York: The Monacelli Press, 1997. 616 p.

8. Moneo R. Frank Gehry // *Theoretical Anxiety and Design Strategies in the Work of Eight Contemporary Architects*. Cambridge: The MIT Press. 416 p.

9. Ramos F. G. V. The house of the '80: escultura e arquitetura na casa de hóspedes Winton, de Frank Gehry // *Arquitetura Revista*. 2016. V. 12. N. 2. P. 154–164.

REFERENCES

1. Banham R. Los Angeles: The Architecture of Four Ecologies. Los Angeles. University of California Press. 2009. 296 p.
2. Schrank S. The Art of the City: Modernism, Censorship, and the Emergence of Los Angeles's Postwar Art Scene. *American quarterly*. 2004. V. 56. N. 4. P. 663–691.
3. Schwartz A. Second City": Ed Ruscha and the Reception of Los Angeles Pop. *October*. 2005. N. 111. P. 23–43.
4. Zaera A. Conversations with Frank Gehry. *El Croquis*. 1995. N. 74/75. P. 6–36.
5. Davidson J. In conversation: Frank Gehry. Available at: <https://nymag.com/intelligencer/2020/01/frank-gehry-in-conversation.html> (accessed 26 April 2025).
6. Minner K. Interview with Frank Gehry. Available at: <https://www.archdaily.com/129680/interview-with-frank-gehry> (accessed 26 April 2025).
7. Dal Co F., Foster K. W. Frank O. Gehry The Complete Works. New York. The Monacelli Press. 1997. 616 p.
8. Moneo R. Frank Gehry in Theoretical Anxiety and Design Strategies in the Work of Eight Contemporary Architects. Cambridge. The MIT Press. 416 p.
9. Ramos F. G. V. The house of the '80: escultura e arquitetura na casa de hóspedes Winton, de Frank Gehry. *Arquitetura Revista*. 2016. V. 12. N. 2. P. 154–164.

DANILOVA Elina V.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Professor of the Town Planning Chair, RAASN Advisor
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: red_avangard@mail.ru

К. В. КАКУНЕЦ
Н. П. ДУБРОВИНА

КРУПНЫЕ ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЦЕНТРЫ ЛЕНИНГРАДА КАК УНИКАЛЬНЫЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ: ОСОБЕННОСТИ СОХРАНЕНИЯ

LARGE PUBLIC CENTERS OF LENINGRAD
AS UNIQUE URBAN-PLANNING COMPLEXES:
PRESERVATION FEATURES

Статья посвящена общественным центрам Санкт - Петербурга, запроектированным и созданным в годы Советской власти, как ценным элементам градостроительного наследия города. Общественные центры, включающие административные здания, учреждения бытового обслуживания, Дома культуры, образовательные учреждения, имеющие особую планировочную организацию, играли важную роль в градостроительстве Ленинграда. На основе многолетнего изучения всех запроектированных, осуществленных и частично осуществленных общественных центров Ленинграда 1930–1950-х гг. в статье рассмотрена их типология в зависимости от условий возникновения и реализации и современные проблемы сохранения общественных центров как ценных объектов градостроительной среды города. На примере трёх объектов (Московская площадь, общественный центр Володарского района с предмостными площадями Володарского моста, ансамбль площади Стачек и Кировской площади), применив методику по отнесению историко-культурных территорий к объектам культурного наследия в виде достопримечательного места, в статье приведены предложения по корректировке охранного зонирования на этих территориях.

Ключевые слова: архитектурное наследие, градостроительное наследие, общественный центр, архитектура авангарда, советская архитектура, планировочная структура, реставрация, история градостроительства

Введение. Общественные центры играют важную роль в формировании современной городской среды и улучшении качества жизни горожан.

Под понятием «общественный центр» в данной работе подразумевается комплекс зданий и сооружений социального обслуживания или соответствующая функциональная территория (сквер, парк и т. д.) жилого или

The article is devoted to the public centers of St. Petersburg, designed and created during the years of Soviet power, as valuable elements of the urban planning heritage of the city. Community centers, including administrative buildings, public service facilities, cultural centers, and educational institutions with special planning organizations, played an important role in Leningrad's urban development. Based on a long-term study of all projected, implemented and partially implemented public centers in Leningrad in the 1930s and 50s, the article examines their typology depending on the conditions of their emergence and implementation and the current problems of preserving public centers as valuable objects of the urban environment of the city. Using the example of three objects (Moskovskaya Square, the Volodarsky district community center with the Volodarsky Bridge squares, the ensemble of Stachek Square and Kirovskaya Square), applying the methodology for classifying historical and cultural territories as cultural objects.

Keywords: architectural heritage, urban planning heritage, community center, avant-garde architecture, Soviet architecture, planning structure, restoration, history of urban planning

промышленного района города. Общественный центр предназначен для общественного (культурно-просветительного, бытового и др.) обслуживания населения. Многофункциональные общественные центры включают в себя учреждения административного, общественного, культурно-просветительного, учебного, торгового назначения, предприятия бытового обслуживания. По градостроительной и пространствен-

ной организации общественные центры могут быть компактными или протяжёнными, образовывать архитектурный ансамбль или систему ансамблей площадей, улиц, набережных [1].

Общие принципы градостроительства и архитектуры Ленинграда рассматриваются в работах многих авторов, среди которых: Н. В. Баранов [2], А. А. Витман [3], А. Г. Вайтенс [4, 5], В. А. Каменский [6, 7], Б. М. Кириков [8], В. Г. Лисовский [9], С. В. Семенцов [10]. Основы советской архитектуры сталинского периода рассмотрены в работе Е. В. Костовой [11].

Вопроса изучения общественных центров Ленинграда касались в своих работах Н. П. Дубровина [12], Д. Д. Овчаренко [13].

В начале XX века, с приходом Советской власти, в Ленинграде произошли значительные изменения в градостроительном развитии. Увеличение площади города практически в два раза привело к проектированию новых районов, новой улично-дорожной сети, строительству новых жилых и общественных кварталов. Градостроительная практика проектирования общественных центров изменилась относительно дореволюционной и приобрела ряд особенностей, среди которых можно выделить следующие:

- полицентричность города (на основе дореволюционных съезжих домов, полицейских частей). Вместо единого исторического центра и окраин Санкт-Петербурга появляются новые районы с районными центрами;
- одновременное формирование жилой застройки и общественных центров в новых районах Ленинграда;
- проектирование общественных центров в Ленинграде в единой системе (они были взаимосвязаны между собой и создавали систему общественных центров);
- удобное расположение общественных центров относительно главных магистралей.

Задача равномерного распределения населения Ленинграда по всем его участкам сформировала идею равномерного распределения культурных учреждений – школ, больниц, клубов, театров, бань, магазинов и т. д.: «Новой планировкой Ленинграда было предусмотрено равномерное размещение жилищного строительства по всей территории города и создание районных культурных и административных центров с домами районных советов, домами культуры и отдыха, стадионами, фабриками-кухнями и прочим устройством» [14].

Процесс проектирования и реализации общественных центров Ленинграда тесно связан с резким увеличением площади города, формированием системы районирования города, ростом строительства новых кварталов на неосвоенных территориях.

К крупным градостроительным центрам того времени относится система общественных центров, которые проектировались вдоль основных магистралей: Московского проспекта, проспекта Стачек, Большого Сампсониевского проспекта, проспекта Карла Маркса, а также вдоль главной водной магистрали Санкт-Петербурга – Невы.

В связи с длительным по времени периодом проектирования и строительства общественных центров, Великой Отечественной войной и сменой архитектурного вектора (постановление ЦК КПСС и СМ СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» от 4 ноября 1955 г.), степень реализации градостроительных комплексов и их объёмно-пространственное решение относительно первоначальных проектов были различными.

Типологию крупных общественных центров, спроектированных в Ленинграде в 1930–1950-е гг., можно установить, разделив все общественные центры на следующие группы *по степени их реализации и размещению в городе*:

I. Нереализованные общественные центры.

Те центры, которые были намечены в генеральных планах и в схемах, но остались лишь в проектных предложениях. Например конкурсный проект на создание ансамбля нового центра Московского района на месте Новодевичьего монастыря 1953 г. [15], общественный центр Василеостровского района на месте Андреевского рынка и др.

II. Реализованные общественные центры на уровне генерального плана.

Например современная площадь Конституции, Кронштадтская площадь и др. Данные общественные центры были намечены на схемах и генеральных планах Ленинграда как узловые элементы. Их градостроительная роль на уровне генерального плана была осуществлена, однако объёмно-пространственная организация реализовывалась в более поздний период и не может рассматриваться как представитель архитектурных направлений 1930–1950-х гг.

III. Реализованные общественные центры на уровне генерального плана и частично реализованные на уровне объёмно-пространственного решения.

Например Светлановская площадь, площадь Академика Климова и др. В них фоновая застройка была осуществлена в исследуемый период, однако общественные здания были выстроены позже и не соответствуют в объёмно-пространственном плане архитектуре 1930–1950-х гг.

IV. Крупные общественные центры, организованные в исторической части Ленинграда, где преобладает проектирование на уровне объёмно-пространственного решения зданий, без

крупных изменений в генеральном плане в связи со сложившейся исторической застройкой.

Среди них можно выделить центр Смольнинского района, реконструкцию площади Искусств и другие проекты.

V. Общественные центры, созданные на исторических окраинах Ленинграда или на несформированных территориях центра города, реализованные на градостроительном и объёмно-пространственном уровнях (рис. 1).

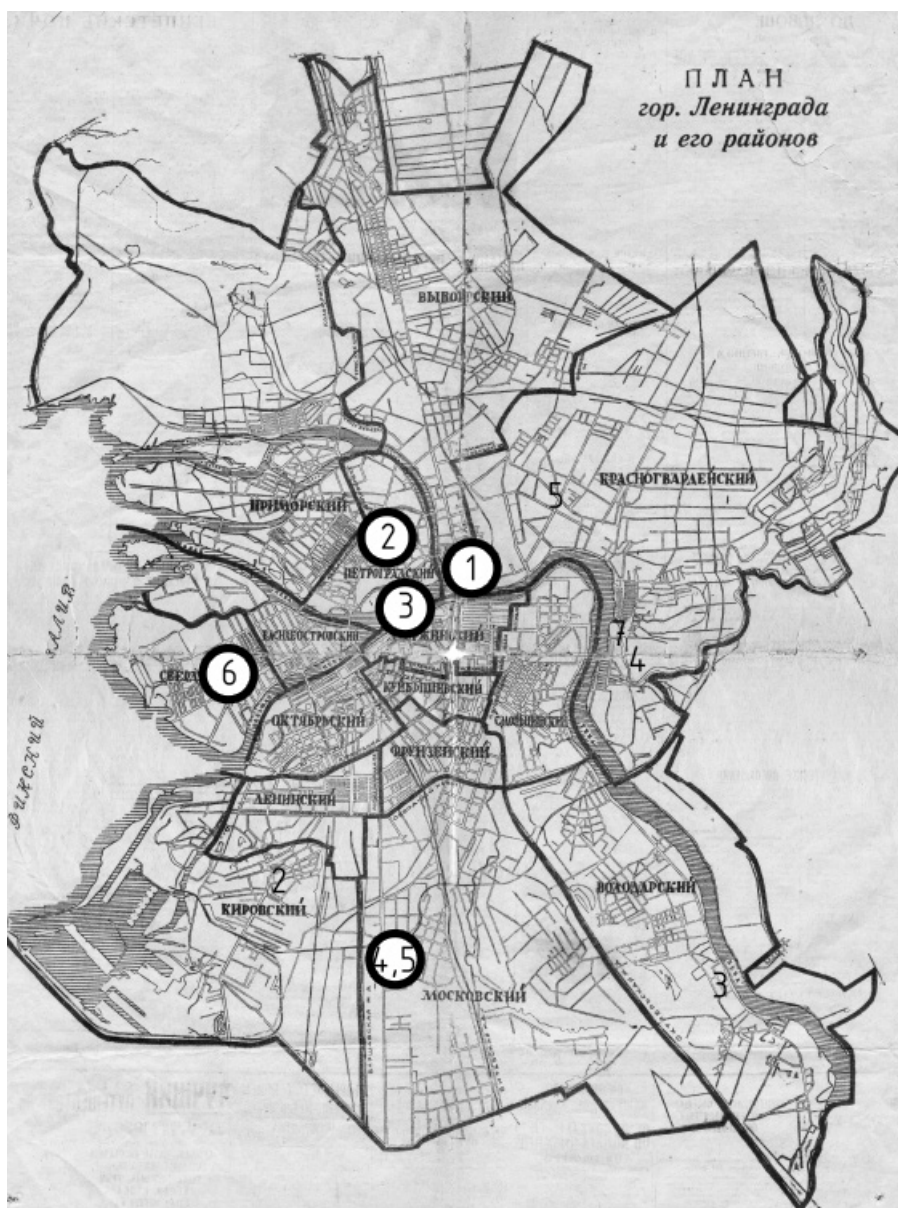


Рис. 1. Схема общественных центров Ленинграда, созданных на исторических окраинах Ленинграда или на несформированных территориях центра города. Обозначена на плане Ленинграда и его районов 1936 г. [16]: 1 – реконструкция площади Ленина; 2 – реконструкция территории современной площади Шевченко; 3 – реконструкция Троицкой площади; 4 – строительство райсовета Московского района; 5 – строительство общественных зданий у Московских ворот; 6 – строительство общественного центра Свердловского района
Fig. 1. Scheme of public centers of Leningrad created on the historical outskirts of Leningrad or on unformed territories of the city center. Marked on the plan of Leningrad and its districts of 1936 [16]: 1 – reconstruction of Lenin Square; 2 – reconstruction of the territory of the modern Shevchenko Square; 3 – reconstruction of Trinity Square; 4 – construction of the district council of the Moscow region; 5 – construction of public buildings at the Moscow Gate; 6 – construction of a public center in the Sverdlovsk region

VI. Общественные центры, создаваемые на осваиваемых в то время новых территориях и в наиболее полной мере реализованные на градостроительном и объёмно-пространственном уровнях (рис. 2).

Общественные центры, реализованные в наиболее полной мере на новых осваиваемых территориях (тип VI), обладают ценными качествами городской среды, такими как подлинность, уникальная градостроительная

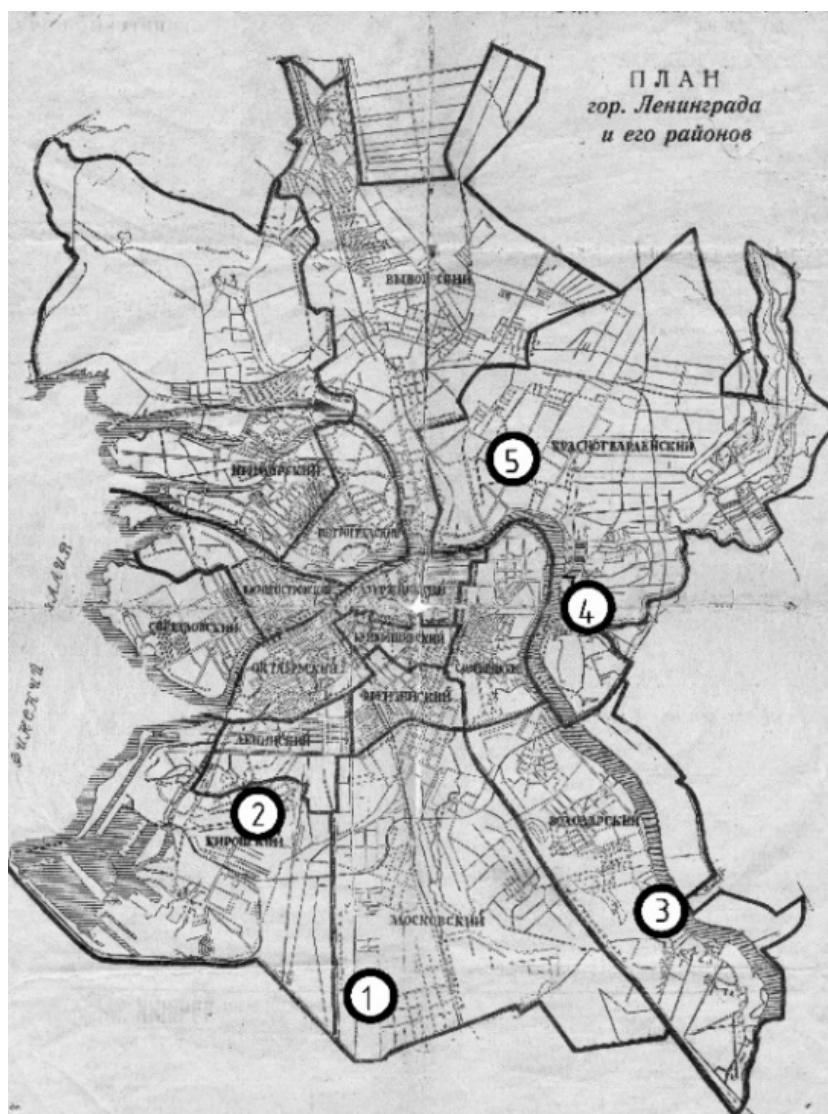


Рис. 2. Схема общественных центров Ленинграда, созданных на осваиваемых в то время новых территориях и в наиболее полной мере реализованных на градостроительном и объёмно-пространственном уровнях. Обозначена на плане Ленинграда и его районов 1936 г.: 1 – Московская площадь (как главный элемент системы общественных центров вдоль Главной дуговой магистрали); 2 – Кировская площадь (как элемент системы общественного центра Кировского района: площадь Стачек – проспект Стачек и Кировская площадь); 3 – Левобережная площадь у Володарского моста (как элемент общественного центра Невского (Володарского) района – Левобережная и Правобережная площади у Володарского моста, Володарский мост); 4 – Заневская площадь; 5 – площадь Калинина

Fig. 2. The scheme of public centers of Leningrad, created in the new territories being developed at that time and most fully implemented at the urban planning and spatial levels. Marked on the plan of Leningrad and its districts in 1936: 1 – Moskovskaya Square (as the main element of the system of public centers along the Main Arc Highway); 2 – Kirovskaya Square (as an element of the Kirovsky District Public Center system: Stachek-Prospect Stachek Square and Kirovskaya Square); 3 – Left-bank square at Volodarsky bridge (as an element of the public center of Nevsky (Volodarsky) district - left-bank and right-bank squares at Volodarsky bridge, Volodarsky bridge); 4 – Zanevskaya Square; 5 – Kalinin Square

структура (принцип ансамблевости, соподчинение градостроительных доминант, акцентов и фоновой застройки), уникальный архитектурно-эстетический облик (здания, формирующие эти общественные центры, являются яркими представителями архитектурных течений того периода, уникальными образцами архитектуры конструктивизма и «сталинского неоклассицизма»). Эти территории представляют интерес с научно-реставрационной точки зрения, так как отражают градостроительные и архитектурные тенденции и строительные приемы важного этапа истории архитектуры Санкт-Петербурга.

Одной из основных задач при выявлении общественных центров как объектов культурного наследия или при уточнении охранных зонировании рассматриваемых территорий является определение их границ. В первую очередь это касается определения границ *ядра общественного центра*. Под понятием «ядро общественного центра» в предложенной работе подразумевается место наивысшей концентрации уникальных учреждений общественного обслуживания, наиболее представительных ансамблей и крупных общественных зданий и сооружений города.

Рассмотрим данный вопрос на примере трёх объектов – ансамбль Московской площади, общественный центр Володарского района с предмостными площадями Володарского моста, ансамбль площади Стачек и Кировской площади. В период проектирования каждый из перечисленных общественных центров задумывался как главный элемент общественной жизни района, а Московская площадь – как новый городской центр. Это подтверждается их расположением в районе (они проектировались неотрывно от жилой застройки того времени и являлись в ней центральным элементом), транспортной доступностью (все перечисленные центры находятся на основных магистралях района, удобно расположены для жителей района), размещением общественных зданий районного значения (райсоветы, Дворцы культуры, фабрики-кухни, библиотеки), размещением рекреационных зон районного значения (парков, скверов), устройством площадей для демонстраций, митингов и т. д. Эти особенности обеспечивают ментальную и функциональную значимость общественных центров.

Рассматриваемые общественные центры также имеют ряд уникальных особенностей в связи с различными условиями проектирования: градостроительной ситуацией, временем проектирования и строительства, авторскими коллективами и т. д.

Установление границ ядра общественных центров для территории рассматриваемых об-

щественных объектов базируется на материалах анализа сохранности (то есть подлинности) исторической городской среды, особенностей планировочной структуры (наличие площадей, характер и взаимосвязь открытых пространств и застройки, взаимосвязь с водными объектами, ранжирование застройки с точки зрения градостроительной роли на доминанты и фоновую застройку и т. д.), наличия объектов культурного наследия. Для решения этой задачи использовался метод ландшафтно-визуального анализа, историко-культурные и библиографические исследования с изучением осуществленных и неосуществленных генеральных планов, проектов застройки, метод натурного исследования участков. Для выявления проблем сохранения выбранных крупных общественных центров Ленинграда соотнесем выявленные границы ядра общественных центров и существующее охранные зонирование.

Проблемы сохранения исследуемых общественных центров

На объектном уровне проводится большая работа по сохранению ценных элементов застройки: практически все главные элементы признаны объектами культурного наследия, а средовые объекты, окружающая застройка находятся в зоне регулируемой застройки и хозяйственной деятельности, которая ограничивает возможность проектирования диссонирующих объектов, разрушающих целостность градостроительной композиции ансамблей общественных центров. Дальнейшая работа в этом направлении может быть направлена на уточнение регламентов в части нового строительства для каждого конкретного общественного центра.

На градостроительном уровне возникает некоторое несоответствие: большое количество общественных центров было запроектировано намного более масштабно (несколько взаимосвязанных элементов, площадей в общей системе общественных центров), чем их успели реализовать в объёмно-пространственном решении.

В связи с этим на генеральном плане прослеживаются границы общественных центров, гораздо большие по площади, чем на объектном уровне. Это можно решить путём выявления градостроительных границ общественного центра и предложения по созданию общей зоны, например путём создания достопримечательного места.

В данной работе в качестве условных границ рассматривается именно ядро общественного центра. Нужно понимать, что границы самих общественных центров гораздо шире за

счёт скверов, парков, благоустройства, участков магистралей и т. д., также входящих в их состав.

Московская площадь была задумана как главный элемент системы общественных центров вдоль Московского проспекта, а также вдоль Ленинского проспекта и улицы Типанова (частями Главной дуговой магистрали) (рис. 3–5), которая была частично реализована. Это предложение прослеживается на эскизном проекте планировки Южных районов Ленинграда в 1935 г. (рис. 3).

В 1940 г. первую премию на конкурсе эскизных проектов архитектурного решения нового общегородского центра Ленинграда получили сотрудники АПО Ленсовета, которые значительно расширили задачи конкурса и создали ансамбли нового центра Ленинграда, связав центральную площадь с комплексом новых площадей [17, 18, с. 24] (рис. 4).

В генеральном плане 1948 г. структура общественного центра, состоящая из нескольких узловых элементов, также чётко прослеживается (рис. 5).

На уровне генерального плана Московская площадь и сейчас является главным элементом системы общественных центров (рис. 6). На градостроительном уровне она непосредственно связана с площадью Конституции – важным узловым элементом Южно-дуговой (Главной дуговой) магистрали, площадью Победы и площадью братьев Струацких.

В связи с этим, с точки зрения аутентичности места и первоначальной задумки самого масштабного общественного центра города, следует рассматривать Московскую площадь не только как отдельный самостоятельный элемент планировочной структуры города, а как главный элемент частично реализованной системы общественных центров.

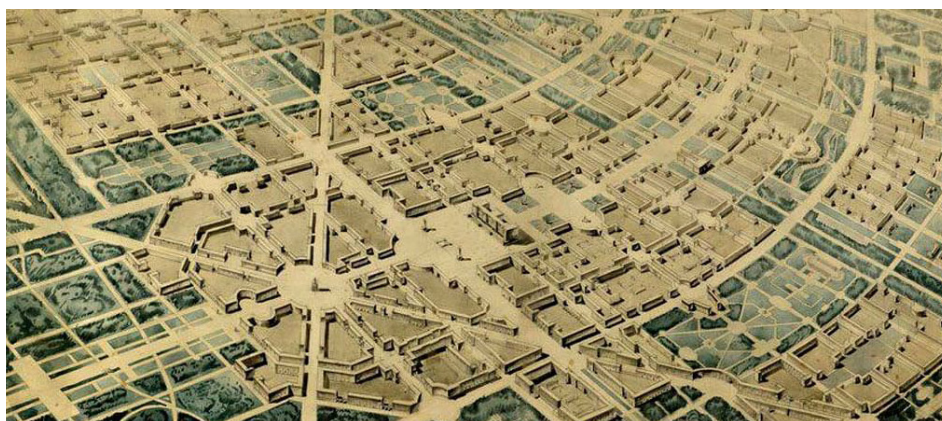


Рис. 3. Эскизный проект планировки Южных районов Ленинграда. 1935 г.

Авторы: Л.А. Ильин, П.Н. Твардовский [17]

Fig. 3. Preliminary design of the planning of the southern regions of Leningrad. 1935.

Authors: L.A. Ilyin, P.N. Tvardovsky [17]



Рис. 4. Проект под девизом «Красный круг», макет. Авторы:

А.А. Афонченко, Д.М. Баталова, А.Г. Гуревич, И.Г. Мецхваришвили, А.И. Наумова [19]

Fig. 4. Project under the motto "Red Circle," layout. Authors:

A.A. Afonchenko, D.M. Batalova, A.G. Gurevich, I.G. Metskhvarishvili, A.I. Naumova [19]



Рис. 5. Фрагмент генерального плана Ленинграда 1948 г. Участок района Московской площади [20]
 Fig. 5. Fragment of the master plan of Leningrad in 1948. A plot of the Moscow Square district [20]

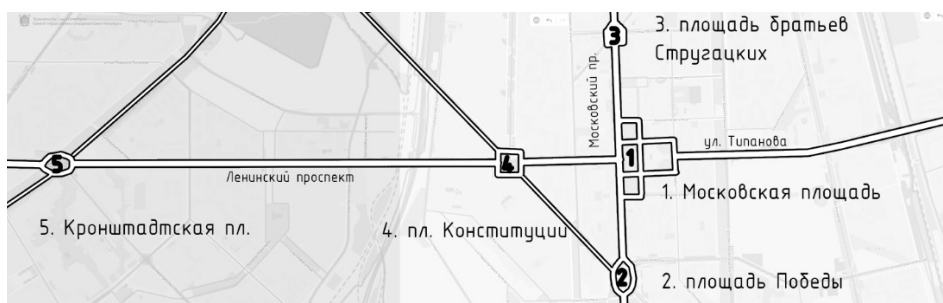


Рис. 6. Фрагмент системы градостроительных центров вдоль Московского и Ленинского пр. и ул. Типанова в Санкт-Петербурге, 2025 г. (авторская схема)
 Fig. 6. Fragment of the system of urban planning centers along Moscow and Leninsky pr. and st. Tiplanova in St. Petersburg, 2025 (author's scheme)

На рис. 7, а видно, что современное охранное зонирование не в полной мере учитывает эти градостроительные особенности. Поэтому предлагается определить границы системы общественных центров с учетом исторического контекста и первоначальной градостроительной задумки, добавив в них границы градостроительного ядра непосредственно связанных общественных центров (рис. 7, б).

Следует подчеркнуть, что система общественных центров вдоль Московского проспекта (Международного проспекта, Московского шоссе), улицы Типанова и проспекта Славы включает в себя не только выделенные общественные центры, но и другие, например площадь у Московских ворот, Обуховскую площадь, общественный центр Невского (Володарского) района.

Территориальная близость рассматриваемых центров и первоначальный градострои-

тельный замысел, который подразумевал зону Московской площади как новый городской центр, даёт возможность их укрупнённого объединения на градостроительном уровне.

В связи с длительным периодом строительства и сменой архитектурного вектора объёмно-пространственное решение отдельных общественных центров, входящих в эту систему, различное и не образует единый архитектурный ансамбль. Однако с планировочной точки зрения рассмотренные узловые элементы реализованы именно так, как были задуманы в 1930-х гг. Это важно для выявления главных принципов их градостроительной композиции: осевая композиция, масштаб площадей и т. д., заложенных при её создании.

Общественный центр Невского (Володарского) района. Самый значимый ансамбль Володарского района был запроектирован в районе Володарского моста. Ансамбль двух

предмостных площадей включал в себя на левом берегу здание Володарского райсовета, кинотеатр на 800 мест, универмаг и клуб. На правом берегу застройка предмостной площади носила иной характер – предполагалась застройка жилыми домами простой конфигурации с большим количеством зеленых насаждений. Ансамбль Володарской площади должен был иметь особое градостроительное и социокультурное значение – центральный композиционный узел, «пропилеи» в новый развивающийся район. Однако замысел архитекторов не был осуществлен в полном объеме.

Согласно первоначальному проекту был возведен лишь Володарский райсовет и жилмассив на Ивановской улице. Застройка правого берега в основном велась в послевоенные годы. Однако крупноблочная застройка правого берега хоть и изменила архитектурно-художественный облик, но не утратила градостроительной значимости. Исторически общественный центр Володарского района рассматривался как единый центр на двух берегах Невы (рис. 8, 9).

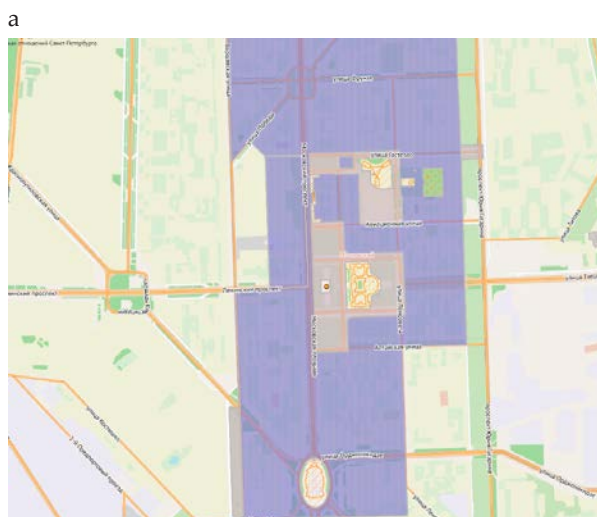


Рис. 7
Fig. 7



Рис. 8. Планировка застройки правого берега Невы у Володарского моста.

Авторы: арх. К.М. Дмитриев, арх. М.А. Орлов.
1935–1936 гг. [21]

Fig. 8. Planning of the development of the right bank of the Neva near the Volodarsky bridge.

Authors: Arch. K.M. Dmitriev K.M. and Arch. M.A. Orlov.
1935–1936 [21]



Рис. 9. Фрагмент генерального плана Ленинграда 1948 г. Участок района Щемилловки [20]

Fig. 9. Fragment of the master plan of Leningrad 1948.
Section of the Shchemilovka district [20]

На данный момент под государственную охрану взяты отдельные элементы ансамбля Володарского общественного центра – комплекс жилых домов по Ивановской улице и райсовет Володарского района. Зона регулирования застройки охватывает лишь территорию левого берега (рис. 10, а). Территорию ядра общественного центра Володарского района предлагается определить, включая застройку правого и левого берега ансамбля предместных площадей, а также фоновую застройку, формирующую границы общественного центра (рис. 10, б).

Общественный центр Кировского (Московско-Нарвского) района. Общественный центр Кировского района, включающий ансамбль площади Стачек, Кировской площади, застрой-

ки вдоль проспекта Стачек, ансамбль жилой застройки Тракторной улицы, является наиболее полно сформировавшимся и реализованным. Все основные элементы застройки этого общественного центра являются объектами культурного наследия, а его территория в выявленных границах является объединенной охранной зоной. Границы общественного центра Кировского района во многом совпадают с границами территории объектов культурного наследия. Таким образом, целостность общественного центра защищена на законодательном уровне (рис. 11, а). Дальнейшее уточнение может включать в себя работу с границами отдельных зданий, например дома Технической учёбы, жилой застройки вдоль проспекта Стачек и др. (рис. 11, б).

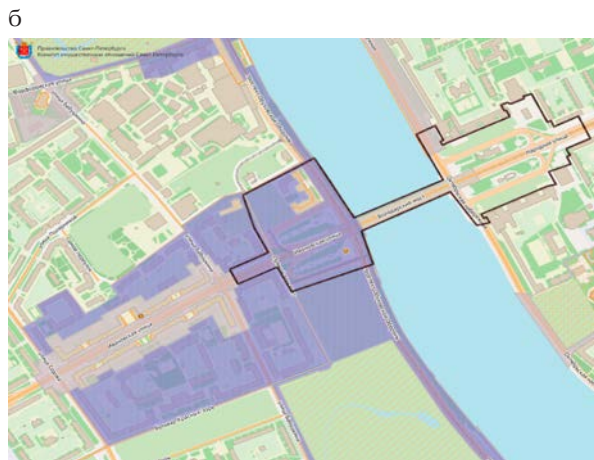
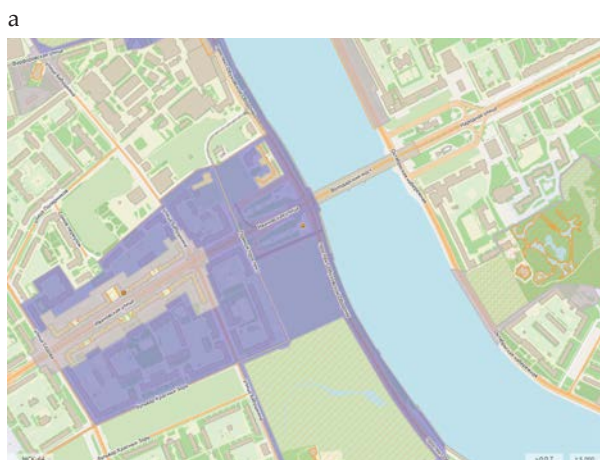


Рис. 10
Fig. 10



Рис. 11
Fig. 11

Выводы

Общественные центры, спроектированные в 1930–1950-х гг., и сегодня выступают в качестве узловых элементов системы общественных центров.

С точки зрения архитектурного и градостроительного наследия рассмотренные общественные центры с их главными элементами – общественными зданиями и фоновой жилой застройкой – безусловно представляют архитектурную и историческую ценность. Это утверждение находит поддержку в законодательстве города: нет ни одного центра, который не был бы внесён (в той или иной степени) в охрannое зонирование. Основные уникальные общественные здания, такие как Дом Советов, райсоветы Кировского и Володарского районов и другие значимые объекты, включены в перечень объектов культурного наследия. Дополнение в этой области может быть сделано только с точки зрения уточнения границ территории комплексов общественных центров, ключевую роль в котором играет принцип сохранения ансамблей общественных центров в контексте их общей структуры, применения средового подхода к сохранению общественных центров.

Предложенные в данной работе границы определяют не границы консервации и тотального запрета на новое строительство, а обозначают те зоны, в которых должны сохраниться принципы изначальной планировочной структуры, градостроительного наследия, взаимосвязи, заложенные при проектировании рассмотренных общественных центров.

Для создания более детального охрannого зонирования и регламентов для общественных центров, спроектированных в Ленинграде в 1930–1950-х гг., следует произвести дальнейшую работу по уточнению их границ.

Рассмотренные особенности обращают внимание на сохранение данных объектов. Прошло около 90 лет с момента их создания. Многое изменилось, однако осталось главное – система общественных центров, заложенная в генеральных планах Ленинграда, также читается в генеральном плане города и сегодня. А те общественные центры, которые были осуществлены в тот период, сохраняют дух той эпохи, среду и обладают нематериальными ценностями, которые важно сохранить и передать будущим поколениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лавров В.А. Город и его общественный центр. М.: Стройиздат, 1964.
2. Баранов Н.В. Силуэт города. Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1980.
3. Витман А.А. Градостроительные проблемы развития Ленинграда // Академия строительства и архитектуры СССР, Ленинградский филиал. Л., 1960.
4. Вайтенс А.Г. Генеральные планы развития Ленинграда 1930–1950 гг. Опыт и итоги реализации // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 3. С. 6–14.
5. Вайтенс А.Г. Эволюция городских границ Санкт-Петербурга – Ленинграда (конец XIX – XX вв.): причины и следствия // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 1. С. 93–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.11.
6. Каменский В.А., Наумов А.И. Ленинград. Градостроительные проблемы развития города. Л.: Стройиздат, 1973.
7. Вайтенс А.Г. Валентин Александрович Каменский (1907–1975): этапы градостроительной деятельности // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 125–132. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.18.
8. Кириков Б.М. Архитектура Петербурга – Ленинграда: страницы истории. СПб.: Коло, 2014.
9. Лисовский В.Г. Санкт-Петербург. Очерки архитектурной истории города: в 2 т. СПб.: Коло, 2009.
10. Семенцов С.В., Акулова Н.А. Развитие Санкт-Петербургской агломерации в XIX – начале XX века // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 2. С. 118–127. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.16.
11. Костова Е.В. Концептуальные основы советской архитектуры сталинского периода // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 23(4). С. 9–18.
12. Дубровина Н.П. Уточнение предметов охраны Домов и Дворцов культуры Ленинграда 1920–1930-х годов: дис. ... канд. архитектуры: 2.1.11. СПб., 2021. 166 с.
13. Овчаренко Д.Д. Наследование градостроительных традиций в проектировании жилой среды Ленинграда 1960–80-х гг.: дис. ... канд. архитектуры: 05.23.22. СПб., 2014. 206 с.
14. Хаджи-Касумов М., Шаров А. Предисловие // Планировка Ленинграда: материалы к докладу отдела Планировки. Л., 1933. 84 с.
15. Вопросы планировки и застройки проспекта имени И.В. Сталина в Ленинграде. 1-я редакция / В.А. Витман, Б.Л. Васильев, В.И. Пилявский и др. // СПбЦГАЛИ, ф.Р-347, оп.2, д.327.
16. Ленинградская правда. 1936. № 92.
17. Эскизный проект планировки южных районов Ленинграда. Предложение к генеральному плану Ленинграда. Один из ранних вариантов. Генплан, аксонометрия / Л.А. Ильин, П.Н. Твардовский // ГМИ СПб 224618, номер в Госкаталоге: 20543488.
18. Ленинградский Дом Советов. Архитектурные конкурсы 1930-х годов: каталог / Ком. по культуре Правительства Санкт-Петербурга, Гос. музей истории Санкт-Петербурга. СПб., 2006. 108 с.
19. Гальперин Л.Ю. Проекты общегородского центра в Ленинграде. (Итоги конкурса) // Архитектура Ленинграда. 1940. № 2(19). С. 8.
20. Схемы распределения территории ЦГАНТД СПб., ф.Р-386, оп.36, д.44.
21. Симонов Г.А. Планировка жилых кварталов // Архитектура Ленинграда. 1938. № 2. С. 36–38.

REFERENCES

1. Lavrov V.A. *Gorod i ego obshhestvennyy centr* [City and its community center]. Moscow, Stroyizdat, 1964.
2. Baranov N.V. *Silujet goroda* [Silhouette of the city]. Leningrad, Stroyizdat, Leningr. separation, 1980.
3. Vitman A.A. Urban planning problems of the development of Leningrad. *Akademija stroitel'stva i arhitektury SSSR, Leningradskij filial* [Academy of Construction and Architecture of the USSR, Leningrad branch]. Leningrad, 1960. (in Russian)
4. Vaitens A.G. Master plans for the development of Leningrad 1930–1950. Experience and results of implementation. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2011, no. 3, pp. 6–14. (in Russian)
5. Vaitens A.G. Evolution of the city borders of St. Petersburg - Leningrad (late XIX - XX centuries): causes and consequences. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 93–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.11
6. Kamensky V.A., Naumov A.I. Leningrad. *Gradostroitel'nye problemy razvitiya goroda* [Leningrad. Urban development problems of the city]. Leningrad, Stroyizdat, 1973.
7. Vaitens A.G. Valentin Alexandrovich Kamensky (1907 – 1975): stages of urban planning. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 125–132. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.18
8. Kirikov B.M. *Arhitektura Peterburga – Leningrada: stranicy istorii* [Architecture of St. Petersburg – Leningrad: pages of history]. St. Petersburg, Kolo, 2014.
9. Lisovsky V.G. *Sankt-Peterburg. Ocherki arhitekturnoj istorii goroda: v 2 t.* [St. Petersburg. Essays on the architectural history of the city: in 2 volumes]. St. Petersburg, Kolo, 2009.
10. Sementsov S.V., Akulova N.A. Development of the St. Petersburg agglomeration in the XIX - early XX centuries. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 118–127. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.16
11. Kostova E.V. Conceptual foundations of Soviet architecture of the Stalin period. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2021, no. 23(4), pp. 9–18. (in Russian)
12. Dubrovina N.P. *Utochnenie predmetov ohrany Domov i Dvorcov kul'tury Leningrada 1920–1930–h godov*, Cand, Diss [Clarification of the security items of the Houses and Palaces of Culture of Leningrad of the 1920–1930s. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2021. 166 p.
13. Ovcharenko D.D. *Nasledovanie gradostroitel'nyh traditsij v proektirovanii zhiloy sredy Leningrada 1960–80–h gg.*, Cand, Diss [Inheritance of urban planning traditions in the design of the residential environment of Leningrad in the 1960s and 80s. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2014. 206 p.
14. Khadzhi-Kasumov M., Sharov A. Preface. *Planirovka Leningrada: materialy k dokladu otдела Planirovki* [Planning of Leningrad: materials for the report of the Planning Department]. Leningrad, 1933, 84 p. (In Russian).
15. Vitman V.A., Vasiliev B.L., Pilyavsky V.I. et al. Planning and development issues of I.V. Stalin in Leningrad. 1st edition. SPbTsGALI. f. R-347. op.2. d.327.
16. *Leningradskaja Pravda* [Leningradskaya Pravda], 1936, no. 92.
17. Ilyin L.A., Tvardovsky P.N. Preliminary design of the planning of the southern regions of Leningrad. Proposal to the master plan of Leningrad. One of the early options. General plan, axonometry. GMI SPb 224618. Number in the State Catalog: 20543488.
18. *Leningradskij Dom Sovetov. Arhitekturnye konkursy 1930–h godov: katalog / Kom. po kul'ture Pravitel'stva Sankt-Peterburga, Gos. muzej istorii Sankt-Peterburga* [Leningrad House of Soviets. Architectural competitions of the 1930s: catalog/Com. on the culture of the Government of St. Petersburg, State. Museum of the History of St. Petersburg]. St. Petersburg, 2006. 108 p.
19. Galperin L.Yu. Projects of the citywide center in Leningrad. (Results of the competition). *Arhitektura Leningrada* [Architecture of Leningrad], 1940, no. 2(19), P. 8. (in Russian)
20. Distribution schemes of the territory of TsGANTD St. Petersburg. f. R-386. op.36. d.44.
21. Simonov G.A. Layout of residential areas. *Arhitektura Leningrada* [Architecture of Leningrad], 1938, no. 2, pp. 36–38. (in Russian)

Об авторах:

КАКУНЕЦ Ксения Викторовна

ассистент кафедры архитектурного
и градостроительного наследия
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4
E-mail:kkakunets@mail.ru

KAKUNETS Ksenia V.

Assistant of the Architectural and Urban Planning
Heritage Chair
St. Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4
E-mail:kkakunets@mail.ru

ДУБРОВИНА Наталья Павловна

кандидат архитектуры, доцент,
доцент кафедры архитектурного
и градостроительного наследия
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4
E-mail: natalizar@list.ru

DUBROVINA Natalia P.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Associate Professor of the Architectural and Urban
Planning Heritage Chair
St. Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4
E-mail: natalizar@list.ru

Для цитирования: *Какунец К.В., Дубровина Н.П.* Крупные общественные центры Ленинграда как уникальные градостроительные комплексы: особенности сохранения // *Градостроительство и архитектура*. 2025. Т. 15, № 4. С. 110–121. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.15.

For citation: *Kakunets K.V., Dubrovina N.P.* Large public centers of Leningrad as unique urban-planning complexes: preservation features. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 110–121. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.15.

Принята: 06.05.2025 г.

**В. А. САМОГОРОВ
Н. М. ГРИЦЕВИЧ**

ОРГАНИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОЕКТНОГО БЮРО (СПБ-1) ГИПРОАВИАПРОМА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА В Г. КУЙБЫШЕВЕ

**ORGANIZATION OF THE SPECIAL DESIGN BUREAU (SPB-1) OF GIPROAVIAPROM
FOR THE CONSTRUCTION OF AN AVIATION COMPLEX IN THE CITY OF KUYBYSHEV**

В статье приводится информация об организации Специального проектного бюро (СПБ-1) Гипроавиапрома в 1940 году для проектирования комплекса авиазаводов и жилого района Безымянка в городе Куйбышеве. Рассматривается московский период работы специального бюро с момента его создания и до эвакуации в г. Куйбышев в начале Великой Отечественной войны. Рассматриваются основные задачи, организационная структура и особенности проектирования специального бюро, определенные необходимостью оперативного выпуска большого объема рабочей документации для строительства.

Ключевые слова: Великая Отечественная война, промышленные предприятия, проектная организация, авиационный завод, Специальное проектное бюро, Государственный проектный институт, Гипроавиапром, история архитектуры

The article provides information about the organization of the Special Design Bureau (SPB-1) of Giproaviaprom in 1940 to design a complex of aircraft factories and Bezmyanka residential area in Kuibyshev. The Moscow period of work of the special bureau from the moment of its creation to its evacuation to Kuibyshev at the beginning of the Great Patriotic War is considered. The main tasks, organizational structure and design features of the special bureau, determined by the need for rapid production of a large volume of working documentation for construction are considered.

Keywords: Great Patriotic War, industrial enterprises, design organization, aircraft plant, special design bureau, State Design Institute, Giproaviaprom, history of architecture

Специальное проектное бюро СПБ-1 организовано как филиал Государственного проектного института (ГПИ) [1] для обеспечения проектной и рабочей документацией особого строительства авиационных заводов в г. Куйбышеве, осуществляемого НКВД СССР. Необходимость создания СПБ-1 продиктована исключительно сжатыми сроками строительства заводов и, соответственно, их проектирования. Общий объем строительства куйбышевских авиазаводов № 122, 295, 337 определялся стоимостью 1,5 млрд руб. [2], не считая завода № 281, строительство которого было возложено на НКВД СССР последующим Постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 26.12.1940 г. Указанные сроки пуска заводов потребовали немедленного выпуска строительных рабочих чертежей. Исходя из сжатых сроков в отступление от Постановления СНК СССР от 26.02.1938 г., Специальному проектному бюро было предложено, не соблюдая установленной стадийности и последовательности проектирования, начать немедленную выдачу рабочих чертежей на строительную площадку.

Во исполнение приказа НКАП СССР Специальное проектное бюро, организованное 16.08.1940 г., фактически с 01.09.1940 г. начало выдавать рабочие чертежи и уже 01.09.1940 г. выпустило генеральный план заводов № 122, 295, а затем в соответствии с ходом строительных работ обеспечивало строительную площадку технической документацией по основным объектам.

Нормальный порядок проектирования по стадиям не смог бы обеспечить быструю стройку в небывалые в практике проектных организаций сроки. Такая задача могла быть выполнена лишь при условии создания особой комплексной организации, способной в оперативном порядке решать труднейшие технические задачи. Все это привело к необходимости создания проектной организации с единым техническим руководством и расположенную территориально в одном месте. В соответствии с этим Постановление Правительства от 06.08.1940 г. и Приказ НКАП СССР от 16.08.1940 г. обязали более 30 проектных организаций выделить специальные группы квалифицированных

специалистов, освободив их от текущих задач, для участия в разработке комплексного проекта в составе Специального проектного бюро.

Таким образом, СПБ-1, выполняя поставленную перед ним задачу, должно было создать новый, не применявшийся до сих пор порядок проектирования с выпуском рабочей документации до разработки проектного задания и технического проекта с параллельным выполнением всех смежных разделов проекта с их увязкой. Искключительно трудная техническая задача осложнялась неизбежным организационным периодом по созданию СПБ, сформированного из целого ряда групп специализированных проектных организаций. По решению Правительства СПБ должно было быть передислоцировано в здание Дерматологического Института Народного комиссариата земледелия СССР. Фактически оно долго передавалось, а затем долго ремонтировалось. Вместо необходимых и соответствующих для работы проектировщиков помещений на первый период СПБ получило необорудованные раздевалки, вестибюль и неосвещенный коридор в цокольном этаже здания НКАП (комплекс зданий Министерства авиационной промышленности в Уланском переулке в Москве) [3].

Кроме того, начальный период работы СПБ характеризуется сложностью урегулирования отношений со смежными специализированными организациями, которые необходимо было построить на особых условиях из-за специфических задач, поставленных перед сотрудниками бюро. В результате удалось установить особый порядок работы, который обеспечил единое техническое руководство всем комплексным проектом, с оперативным выполнением работы по обеспечению смежников исходными данными для проектирования и согласованию отдельных частей и разделов проекта.

Размещение на Безымянской площадке мощного производственного комплекса из четырех заводов привело к необходимости решения всех вопросов в районном масштабе, так как строительство заводов определяло экономику не только данного района, но в значительной мере города Куйбышева [4]. Решение этой задачи потребовало разработки проекта планировки всего района, включая проектирование районных инженерных сетей, а также жилого комплекса для расселения рабочих авиазаводов. Составление проекта планировки отдельных районов даже в обычных условиях представляет собой трудновыполнимую задачу. Все вместе взятое потребовало создания новых, специальных форм организации работы СПБ, привлечения высококвалифицированных кадров про-

ектировщиков, жесткой дисциплины и новой технической политики в проектировании.

Приступая к проектированию крупнейшего комплекса авиазаводов, необходимо было предварительно установить принципы технической политики в их проектировании. Главным принципом была поставленная перед СПБ задача запроектировать маневренные самолето-моторостроительные заводы, позволяющие быстро и с наименьшими затратами производства переходить с одного типа изделия на другой [5]. Требование маневренности, предъявляемое к авиазаводам, было обусловлено чрезвычайно быстрым ростом и развитием авиационной техники, при котором находящиеся на вооружении самолеты очень быстро морально устаревали. Опыт проектирования и строительства авиазаводов показал, что пока изготавливался проект и строился завод, тип машины менялся и возникала необходимость разработки нового проекта реконструкции завода. Поэтому в соответствии с решением Техсовета и Коллегии НКАП в основу проекта было положено условие проектирования *типового маневренного завода*.

Во внимание принималось, что плановое задание по заводу № 295 предусматривало возможность перехода этого завода на изготовление такого же типа самолета, какой задан для производства заводу № 122. То есть заводы должны были быть взаимозаменяемые. Производственную и технологическую линии одного завода можно было переналадить на другом. Исходя из этого специалистами СПБ было принято решение о строительстве двух одинаковых заводов как по составу корпусов, так и по их объему [6]. Это привело к одинаковым строительным решениям и аналогичной компоновке генплана заводов № 122 и № 295 в зеркальном отображении. Таким образом, *взаимозаменяемость производственных циклов* стала вторым принципом организации проектирования. Такое решение не только обеспечило необходимую маневренность заводов в соответствии с плановым заданием Коллегии НКАП, но и значительно сократило сроки проектирования и, главное, сроки строительства.

Строительство на одной площадке четырех авиационных заводов позволило централизованно реализовать целый ряд объектов общерайонного хозяйства (жилой комплекс, районные теплосети, промышленное водоснабжение, канализацию, противопожарный водопровод, железнодорожный транспорт, трамвай, электроснабжение, районные улицы и шоссе, дороги, путепроводы и т. д.). Эта кооперация должна была дать значительную экономию затрат по вспомогательному хозяйству, которое

составляло до 50 % всех затрат в генеральной смете строительства заводов [7].

На конец 1940 года СПБ-1 состояло из 10 производственных и 7 обслуживающих отделов и групп. Структура и число сотрудников специального бюро приведены в таблице [8].

Кроме указанного выше количества работников, непосредственно работающих в помещениях СПБ, проектные работы для бюро выполнялись в помещениях смежных специализированных проектных организаций, причем число этих работников составляло 291 человек. Всего на 1940 год в СПБ работало 766 человек, не считая обслуживающего персонала и контрагентов.

При имеющем место нестадийном проектировании, вопрос оценки качества выпускаемой рабочей документации приобрел особое значение, главным образом с точки зрения увязки между отдельными разделами проекта. Поэтому, кроме обычного повседневного наблюдения

и руководства проектированием, практиковался обязательный тщательный просмотр разделов, получаемых от контрагентов, ведущими инженерами-кураторами и ГИПами [9].

По вопросам, имеющим принципиально важное значение, широко использовалось привлечение высококвалифицированных специалистов-консультантов и экспертов. В отдельных случаях, в целях повышения качества проектирования, организовано конкурсное проектирование (жилых поселков), результаты которого не замедлили сказаться. Это вынудило основную проектную организацию по жилому комплексу (Горстройпроект) серьезно подойти к данному вопросу и в свою очередь организовать у себя внутренний конкурс по нему.

Специального отдела техконтроля в 1940 году СПБ не имело, так как организовать его при остром недостатке производственных кадров не представлялось возможным. Функции ОТК выполняли непосредственно брига-

Структура и число сотрудников специального бюро
Structure and number of staff of the special bureau

Наименование отделов	Штатные сотрудники СПБ	Работники специализированных проектных организаций	Всего сотрудников по отделам
Производственные отделы			
1 – технологический	30	-	30
2 – архитектурно-строительный	69	23	92
3 – электроотдел	50	138	188
4 – отдел теплосетей	-	22	22
5 – отдел районного теплоснабжения и канализации	-	10	10
6 – энергоотдел	17	2	19
7 – отдел железнодорожных путей	11	-	11
8 – отдел оборудования	7	-	7
9 – группа совмещенного подземного хозяйства	4	-	4
10 – группа технико-экономическая	2	-	2
Обслуживающие отделы			
Секретный отдел	6	-	6
Главная бухгалтерия	6	-	6
Планово-производственный и договорной отдел	11	-	11
Секретариат и машбюро	12	-	12
АХО	15	-	15
Техархив и экспедиция	9	-	9
Группа найма и увольнения	2	-	2
Всего	251	224	475

диры, начальники отделов, ГИПы. Несмотря на отсутствие специального органа контроля и сложность работы, СПБ не имело серьезных замечаний к рабочим чертежам от строителей, а качество выпущенных проектных заданий и рабочих чертежей получало высокую оценку при утверждении. Анализ работы СПБ до эвакуации в Куйбышев показывает, что принятые при его создании особые формы организации и новый стиль работы комплексного проектирования полностью оправдали себя для условий скоростного строительства [10].

Наряду с достижениями в области проектирования и высокими показателями по выполнению промплана СПБ имел целый ряд существенных недостатков. СПБ не было укомплектовано в необходимой мере кадрами по целому ряду специальностей. Технологический отдел № 1 не имел даже минимального количества специалистов-технологов по холодной обработке металлов. Отдел оборудования не был укомплектован специалистами как по стандартному, так и по нестандартному оборудованию. В СПБ не было организовано необходимое конструкторское бюро для выполнения рабочих проектов нестандартного оборудования. Недостаток кадров проектировщиков-строителей, архитекторов, архитекторов-техников, конструкторов сильно сказывался при выдаче чертежей на строительную площадку и на установление графиков сроков [11]. Отсутствие данных от заказчика по фирмам, типам и моделям реально заказываемого оборудования не давало возможности в ряде случаев правильно принимать строительные решения. Перед СПБ стояла задача в ближайшее время организовать филиал на площадке, для чего также требовались дополнительные кадры проектировщиков по разным специальностям. Обеспечение СПБ помещениями являлось явно неудовлетворительным и тормозило выполнение работ в необходимых сроки. Рабочие места производственного персонала были недостаточно оборудованы. Не было необходимого количества досок, ламп. Такое положение заставило руководство СПБ осуществлять приобретение указанного инвентаря в магазинах ширпотреба [12].

Вопрос труда и зарплаты, в частности нормирование работы из-за отсутствия квалифицированных кадров, стоял не на должной высоте. Исключительно большой объем работы и сложность планирования ее по отдельным частям и этапам требовали организации диспетчерской ячейки при руководстве СПБ. Особо следует отметить, что СПБ обладало крупным сплоченным коллективом проектировщиков, овладевших методами и опытом скоростного проектирования заводов на основе

современной техники. Коллектив СПБ, несмотря на исключительно трудные условия работы в неудовлетворительном помещении, трудился с большим напряжением, ставя перед собой единственную задачу – своевременное обеспечение строительства рабочей документацией.

СПБ в целом соревновался с Ленинградским филиалом ГПИ 1 среди сотрудников-стахановцев. Среди лучших стахановцев СПБ были отмечены: ГИПы и их помощники: Попандо Г. А., Магский С. Н., Буравцев Н. В., Чикин М. А., Иванов И. А., Симченко Б. Н. Начальники и заместители начальников отделов: Рызиков Л. Ф., Платонов Л. Д., Нестеров А. С., Левонтин Н. Б., Пивоваров П. Л., Покидов И. Л. Групповоды и бригадиры: Савенков Г. С. Винник М. З. Киркин Т. М., Серов Л. Н., Варламов Л. И., Горский С. Ф., Берлинбау А. Г., Сальманович И. К., Бирюков Н. В. Старшие инженеры и старшие архитекторы: Гамм Г. М., Александров И. П., Сорокин А. Д., Чешков А. К., Перовский С. М., Ростов И. С., Гинзбург М. А. Инженеры, архитекторы и техники: Смоляров А. Т., Хетагуров М. А., Чернышев К. В., Агейкин К. И., Гончарова Т. И. [13].

В июле 1941 года в соответствии с Приказом НКАП № 257/с для приближения проектной организации непосредственно к строительству заводов весь проектный и обслуживающий персонал был распределен по специальным проектным бригадам и филиалам и переведен из Москвы в разные города СССР по месту строительства авиационных заводов. Для выполнения этих задач была произведена реструктуризация Гипроавиапрома. Так, СПБ-1 было переведено в г. Куйбышев и стало одним из филиалов института. Московская бригада СПБ-1 была усилена куйбышевскими архитекторами [14].

Вывод. В период своего становления до эвакуации в г. Куйбышев бюро столкнулось с рядом трудностей, вызванных особыми условиями военного времени, такими как нехватка квалифицированных кадров, ограниченность ресурсов и необходимость быстрой выдачи рабочей документации без соблюдения традиционной последовательности проектирования. Специалистам пришлось разрабатывать новые методы проектирования, позволяющие выпускать рабочую документацию одновременно с разработкой технических проектов и эскизов, что существенно сокращало сроки строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства СССР № 343/сс от 06.08.1940 г.
2. Российский государственный архив в г. Самаре (далее РГА в г. Самаре), ф. Р-49, оп. 1, д. 2, л. 5.

3. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 1, л. 3.
4. Военно-промышленный комплекс Куйбышевской области в годы Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.): сборник документов / сост.: В.В. Алексеев, Г.В. Галыгина, О.В. Зубова, К.А. Катренко, Н.А. Локтева, Л.Ю. Покровская, Ю.Е. Рыбалко, П.А. Скрыбнева, А.Г. Удинцев; науч. ред.: Л.В. Храмков; под ред. В.А. Белорусцева, Р.Ф. Пантюхиной, Г.С. Яшниковой (Управление государственной архивной службы Самарской области), В.Г. Бувевича (Государственный архив Самарской области). Самара: Самарский Дом Печати, 2005. 304 с.
5. Захарченко А.В. Авиационная промышленность Поволжья в годы Великой Отечественной войны (1941-1945): автореф. дис. ... к. ист. н., 07.00.02 / Самар. гос. пед. ун-т. Самара, 2002. 20 с.
6. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 1, л. 15.
7. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 12, л. 7.
8. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 11, л. 8.
9. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 15, л. 12.
10. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 16, л. 3.
11. Центральный государственный архив Самарской области, ф. Р-3985, оп. 2, д. 5, л. 43.
12. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 2, л. 18.
13. РГА в г. Самаре, ф. Р-49, оп. 1, д. 1, л. 38.
14. РГА в г. Самаре, ф. Р-210, оп. 1, д. 1, л. 46.
4. *Voenno-promyshlennyy kompleks Kujbyshevskoj oblasti v gody Velikoj Otechestvennoj vojny (1941-1945 gg.): sbornik dokumentov / sost.: V.V. Alekseev, G.V. Galygina, O.V. Zubova, K.A. Katrenko, N.A. Lokteva, L.Yu. Pokrovskaja, Ju.E. Rybalko, P.A. Skryabneva, A.G. Udincev; nauch. red.: L.V. Hramkov; pod red. V.A. Belorustseva, R.F. Pantjukhina, G.S. Yashnikova (Upravlenie gosudarstvennoj arhivnoj sluzhby Samarskoj oblasti), V.G. Buevicha (Gosudarstvennyj arhiv Samarskoj oblasti) [Military-industrial complex of the Kuibyshev region during the Great Patriotic War (1941-1945): collection of documents/comp.: V.V. Alekseev, G.V. Galygina, O.V. Zubova, K.A. Katrenko, N.A. Lokteva, L.Yu. Pokrovskaya, Yu.E. Rybalko, P.A. Skryabneva, A.G. Udintsev; scientific. ed.: L.V. Khramkov; edited by V.A. Belorustseva, R.F. Pantyukhina, G.S. Yashnikova (Department of State Archival Service of the Samara Region), V.G. Buevich (State Archive of the Samara Region)]. Samara, Samara House of Printing, 2005. 304 p.*
5. Zakharchenko A.V. *Aviacionnaja promyshlennost' Povolzh'ja v gody Velikoj Otechestvennoj vojny (1941-1945): avtoref. Cand. Diss. [Aviation industry of the Volga region during the Great Patriotic War (1941-1945). Autoref. Cand. Diss.]. Samara, Samara State Pedagogical University, 2002. 20 p.*
6. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 1, l. 15.
7. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 12, l. 7.
8. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 11, l. 8.
9. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 15, l. 12.
10. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 16, l. 3.
11. Central State Archive of the Samara Region, f. R-3985, op. 2, d. 5, l. 43.
12. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 2, l. 18.
13. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 1, l. 38.
14. RGA in Samara, f. R-210, op. 1, d. 1, l. 46.

REFERENCES

1. Government Decree USSR N. 343/ss of 06.08.1940.
2. Russian State Archive in Samara (hereinafter RSA in Samara), f. R-49, op. 1, d. 2, l. 5.
3. RGA in Samara, f. R-49, op. 1, d. 1, l. 3.

Об авторах:

САМОГОРОВ Виталий Александрович

кандидат архитектуры, профессор,
заведующий кафедрой архитектуры
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: samogorov@mail.ru

ГРИЦЕВИЧ Никита Михайлович

аспирант факультета архитектуры и дизайна
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: gricevich163@gmail.com

SAMOGOROV Vitaly A.I.

PhD in Architecture, Professor,
Head of the Architecture Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: samogorov@mail.ru

GRICEVICH Nikita M.

Post-graduate student of the Faculty of Architecture
and Design
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: gricevich163@gmail.com

Для цитирования: Самогоров В.А., Грицевич Н.М. Организация Специального проектного бюро (СПБ-1) Гипроавиапрома для строительства авиационного комплекса в г. Куйбышеве // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 122–126. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.16.

For citation: Samogorov V.A., Gricevich N.M. Organization of the special design bureau (SPB-1) of Giproaviaprom for the construction of an aviation complex in the city of Kuibyshev. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 122–126. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.16.

Принята: 01.06.2025 г.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 711.5

DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.17

Е. Р. ПОЛЯНЦЕВА

ГОРОДСКАЯ СРЕДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В СРЕДОВОЙ КРИМИНОЛОГИИ. ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

URBAN ENVIRONMENT AND ITS SAFETY IN ENVIRONMENTAL CRIMINOLOGY.
A LITERATURE REVIEW AND CURRENT TRENDS

В данной статье рассмотрена проблема криминальности городской среды, связь криминальных происшествий с особенностями планировки местности и отдельными градостроительными и архитектурными факторами, такими как трассировка улиц, устройство транспортных и пешеходных путей, места расположения входов в здания. В качестве основания для исследования выступает средовая криминология, появившаяся как ветвь общей криминологии. Рассмотрено ее влияние на архитектуру и градостроительство, показаны наиболее важные принципы, использование их в последующих исследованиях и влияние на планировку современных городов. Изучены последние зарубежные примеры исследований в данной области. Описано современное состояние средовой криминологии и перспективные направления развития.

Ключевые слова: средовая криминология, градостроительство, наблюдение, контроль доступа

This article examines the problem of criminality of the urban environment, the connection of criminal incidents with the features of the layout of the area and individual urban planning and architectural factors, such as the tracing of streets, the arrangement of transport and pedestrian paths, the location of entrances to buildings and others. The research is based on environmental criminology, which appeared as a branch of general criminology. The author examines its influence on architecture and urban planning, the most important principles, their use in subsequent research and the impact on the layout of modern cities. The latest foreign examples of research in this field have been studied. The current state of environmental criminology and promising areas of development are described.

Keywords: environmental criminology, surveillance, urban design, crime prevention, architecture

Введение

Безопасность является главной характеристикой среды обитания человека, а значит, и городской среды как продукта человеческой деятельности. Защита архитектурного окружения и людей от преступных посягательств является одним из важнейших требований, которые ставит перед нами современность. Назрела проблема защищенности человека в открытых пространствах города, в том числе в связи с возросшими террористическими опасностями, и становится очевидным, что вопросы противодействия криминалу необходимо ставить еще на этапе проектирования.

Основной вопрос заключается в том, может ли городская среда и отдельные ее элементы провоцировать преступников, увеличивая или сокращая количество преступлений?

Данное исследование касается городской среды и тех ее качеств, которые могут провоцировать или способствовать совершению преступлений, начиная от вандализма и заканчивая террористическими актами. Целью исследования является экскурс в историю средовой криминологии как науки, отыскивающей связи между преступностью и городским планированием и зонированием городских территорий. В первую очередь будет рассмотрено начало

средовой криминологии, ее основные принципы и теоретические положения. В дальнейшем, развитие и эволюция этих принципов, их применение в градостроительстве настоящего времени при разработке новых районов и при реконструкции существующей городской среды. Будут изучены новейшие варианты использования технологий анализа городской среды и варианты их использования на практике.

Теоретические положения в средовой криминологии за рубежом

1. «Средовая криминология», П. и П. Брэнтингема

Первый и основной труд канадских криминологов Патрисии и Пола Брэнтингема «Средовая криминология», впервые вышедший в 1971 г., описывает город, а также то, как воспринимают его преступники и жертвы: и у тех, и у других есть излюбленные пути передвижения, точки пересечения которых порождают преступные акты. Исследователи указывают, что преступления происходят там, где большое количество потенциальных правонарушителей в ходе рутинной деятельности объединяются с большим количеством возможных жертв и притягивающих их мест [1].

Средовая криминология основывается на следующем:

- Окружающая городская среда влияет на совершение преступления.
- Распределение преступности во времени и пространстве не является случайным, и преступное поведение зависит от ситуативных факторов.
- Работа с этими факторами помогает снизить преступность.

Дальнейшие исследования П. и П. Брэнтингема также касались криминогенности открытых общественных пространств и отдельных объектов. В работе «Генераторы преступности и места, привлекающие преступников» [2, с. 5–26] показано, как функциональное зонирование города и пешеходные и транспортные связи внутри него влияют на причины совершения преступлений. Здесь впервые указана важность сбора данных и организации баз данных, поскольку их анализ помогает понять, как функциональное зонирование города и пешеходные и транспортные связи между разными зонами влияют на причины совершения преступлений.

В урбанизированной среде есть генераторы преступлений [2], т. е. объекты, привлекающие большое количество людей по причинам, для жертв не связанным с криминальной мотивацией или с каким-либо конкретным преступлением, которое они могут в конечном итоге

совершить. Примерами могут служить центры городов, открытые площади, торговые центры, развлекательные районы, места скопления офисов или стадионы. Аттракторы, или места, привлекающие внимание преступников, в отличие от генераторов, – это определенные участки, которые создают хорошо известные обеим сторонам (преступнику и жертве) криминальные возможности. В качестве примеров можно привести районы баров; места, где занимаются проституцией; рынки; крупные торговые центры, особенно те, которые расположены вблизи основных остановок общественного транспорта; большие безнадзорные парковки в деловых или коммерческих районах. Ключевыми характеристиками упомянутых объектов и территорий являются признаки безнадзорности, неухоженности, в том числе заброшенные и руинированные участки и сооружения, где в темное время суток отсутствует освещение, районы с малой посещаемостью в определенные часы и невозможностью выделить опасных участников толпы при большой заполненности в другие часы. Вышеперечисленное делает эти пространства внутри городской среды своего рода генераторами страха для мирного населения.

В частности, исследователи указывают на важность работы с городской средой, изучая ее составляющие. Внутри нее выделяются узловые точки людских маршрутов, пути передвижения, границы и функции отдельных городских зон – все они нуждаются в изучении с точки зрения криминальной статистики, и зачастую решение проблем кроется в перепланировке криминогенных районов, на что указывают исследователи, говоря о важности «разработки эмпирического инструмента для оценки криминогенного воздействия решений по планированию». По их мнению, такой инструмент позволил бы полиции и градостроителям оценить число обращений в полицию (и, как следствие, потребность в увеличении персонала и ресурсов полиции и системы уголовного правосудия), что связано со всеми видами планировочных решений: изменения в компаниях, работающих по определенному адресу; перепланировка отдельных участков; крупные новые проекты, такие как строительство открытых рекреационных и других городских пространств; изменение маршрутов движения и пешеходных путей, ведущих к остановкам транспорта; перемещение учреждений, таких как больницы или школы, если они находятся в неблагоприятной с точки зрения контекста среде, и т. д.

Теоретические положения, выдвинутые авторами, были позднее воплощены в ряде руководств по проектированию зданий и откры-

тых общественных пространств внутри городов, например в «Справочном руководстве по противодействию возможным террористическим атакам против зданий» и в «Указаниях по проектированию участков зданий и генеральных планов». В первом руководстве работа с объектом строится на основании оценки его расположения. Возможные риски террористических атак вытекают не только из уязвимости и привлекательности для террористов данного типа зданий, но и из его размещения относительно земельного участка, из криминогенности района в целом, из расположения пешеходных и транспортных путей и их трассировки, из условий наблюдения [3, табл. 1–5]. Во втором руководстве описываются основные проблемы, связанные с защитой генерального плана, и даются принципы обеспечения безопасности; оно посвящено процессу оценки рисков в отношении конкретного места, выбору соответствующих средств. Показано, что и отдельное здание, и городская среда в целом иерархичны, в них есть публичные и приватные зоны, и выбирать средства защиты необходимо исходя из окружающего контекста [4, с. 4–5].

2. «Городское планирование и экологическая криминология: к новой перспективе более безопасных городов», П. Козенс

В своей статье австралийский преподаватель и ученый, изучающий проблемы городской среды, П. Козенс подтверждает положения, выдвинутые более ранними исследователями, и попытки изменить и пересмотреть их, принятые позднее [5, с. 481–508]. Знания основ теории обеспечения безопасности само по себе недостаточно и нецелесообразно применять их без понимания пространственной и временной динамики непосредственных и локальных проблем, связанных с криминальными происшествиями; с этой целью начали создаваться карты, показывающие распределение уличных преступлений в том или ином населенном пункте.

П. Козенс сделал следующий вывод: окружающая среда влияет на маршруты, по которым люди добираются до мест, выбранных в качестве точек для повседневной деятельности (школа, работа, магазины), а значит, необходимо защищать их, исходя в каждом случае из индивидуальных черт участка. Такой подход был назван ситуативным предотвращением преступности и основывался на увеличении усилий по достижению преступниками цели (усиление защитных свойств среды), увеличении рисков (улучшение освещения и наблюдения), уменьшении вознаграждения (изменение цели преступника), сокращении провокаций

со стороны окружающей среды (поддержка городской среды в ухоженном состоянии) и устранении оправданий для преступника (установка правил, повышение информированности, поддержка законного образа действий в той или иной среде). В практике проектирования, как указал П.Козенс, сейчас есть три ключевые проблемы: проницаемые конфигурации улиц, многофункциональная застройка и высокая плотность застройки.

3. Зарубежные исследования последних лет

Зарубежные исследования последних лет показывают, что проницаемость увеличивает возможности для потенциальных нарушителей, интенсивное пешеходное и автомобильное движение связано с более высоким уровнем виктимизации, а форма транспортных путей влияет на уровень преступности. Изолированные тупики наименее опасны с точки зрения совершения противоправных деяний, а перекрестки в форме сетки – наоборот. Кроме того, было обнаружено, что угловые дома, которые чаще встречаются в районах с регулярной планировкой, значительно более уязвимы для взлома [6, с. 40–42]. Та же двойственность свойственна и остальным вопросам: высокая плотность застройки способствует, с одной стороны, более быстрому доступу к важным местам, которые благодаря ей находятся в нескольких минутах ходьбы, с другой – увеличивает число потенциальных конфликтов; смешанное землепользование увеличивает посещаемость и в целом улучшает жизнеспособность городской среды, но в то же время увеличивает число конфликтов между плохо сочетающимися друг с другом видами деятельности. Но хотя криминологические данные свидетельствуют о том, что проницаемость, смешанное землепользование и высокая плотность застройки могут повышать вероятность совершения преступлений, это не значит, что проектировщики должны отказаться от них [7].

Помимо застройки – жилой, общественной или промышленной, внутри города существуют и зеленые пространства, в основном с общественной функцией – то есть возможные опасные точки притяжения людей. В работе Ш. Ходжен и К. Вушке изучена их специфика: часть более ранних исследований указывает на то, что зеленые зоны реже являются генераторами преступлений в силу меньшей посещаемости, другие исследования указывают, напротив, на их большую криминогенность [8, с. 648–652]. В заключение авторы подчеркивают, что частота совершения противоправных деяний на территориях городских парков, скверов и садов зависит и от количества прохожих, и от насыщенности раз-

личными функциями, т. е. от присутствия генераторов активности, а также от включенности зеленого пространства в городскую структуру: природные зоны в силу большей площади соответственно менее криминогенны, чем небольшие парки с высокой посещаемостью. На их территориях проявляется специализация нескольких категорий преступлений: так, показатели общественных происшествий и посягательств на личность и имущество значительно превышены.

Вопрос географического сопоставления, т. е. учета контекста в градостроительном проектировании, также тесно связан с проблемами защиты от криминала. Он был исследован в статье «Географическое соседство» ученых П. Козенса и Т. Лав [9]. Авторы рассматривают непосредственные, локальные, отдаленные и удаленные факторы окружающей среды, влияющие на преступность: это отдельные городские объекты, которые провоцируют нарушителей, т. е. являются генераторами:

- непосредственные факторы сами являются генераторами преступности (например покиннутые и заброшенные здания);
- локальные факторы притягивают будущих преступников в данный квартал или участок (например круглосуточные бары, алкогольные магазины);
- отдаленные факторы влияют на вероятность криминальных событий на расстоянии, в рамках района или смежных районов (например ломбарды);
- удаленные факторы влияют на преступность вне зависимости от места расположения (потенциальные объекты преступлений, например банковские хранилища).

Отдельную область изучения, касающуюся средовой криминологии, представляет собой топология преступления. Она также сосредоточена на месте: становится важна привязка события к месту его совершения. Картографирование и топологическое отображение позволяют данным раскрываться более полно [6; 10]. При этом имеет значение планировка общественных городских пространств: непреодолимые барьеры (железные дороги, реки, трассы непрерывного движения) делят город на кластеры, при этом преступления притягиваются к путям передвижения внутри и вдоль границ этих кластеров, и на повторяемость отдельных типов преступлений влияет наличие физических барьеров – криминогенность места зависит от его доступности.

4. Отечественные исследования

Современные российские исследования криминогенности городской среды касаются

таких направлений, как обоснованность принимаемых правовых мер, выявление опасных качеств городской застройки, взаимосвязь поведения человека и окружающей среды. Основная часть источников затрагивает вопрос учета принципов средовой криминологии в нормативных документах, и практически все российские исследователи приходят к выводу о важности использования архитектурных решений, способствующих снижению количества правонарушений, например мало- и среднеэтажной застройки и квартальной планировки дворов, что позволит лучше их контролировать и наблюдать за ними [11, с. 97; 12, с. 49]. В силу не такой большой изученности зарубежного опыта в интересующей нас области важны результаты его применения на практике, для того чтобы выделить наиболее успешные [13, с. 98–99]. Также среди отечественных исследований присутствуют попытки разобраться в теоретико-исторических предпосылках развития идей средовой безопасности в российском праве. Данному вопросу посвящены статьи И.Г. Пирожковой [14, с. 99–101; 6, с. 336]. В них указывается, что необходима совместная работа архитекторов и специалистов в области права. Описывается использование современных способов исследования (например интерактивных карт), для того чтобы конкретизировать факторы снижения криминогенности, преобразующие среду человека в целом, и учесть их в будущей работе по созданию практико-ориентированных норм градостроительного законодательства.

Криминологические исследования К.В. Корсакова [15, с. 3] представляют собой попытку применить такие принципы обеспечения безопасности городской среды, как территориальность, контроль доступа, естественное наблюдение, визуальный облик и пространственное влияние к российской городской среде: она нуждается в криминологической экспертизе городского пространства, по крайней мере в новых и реконструируемых районах крупных городов [16, с. 92]. Помимо них, он указывает на важность зонирования, при этом полуприватные пространства (жилые дворы) окажутся более защищенными, а в общественных зонах, таких как улицы и площади, защитные меры будут усилены, что подтверждается законодательством, касающимся безопасности мест массового сбора людей [15, с. 56].

Современные инструменты исследований криминала в городской среде совершенствуются: если раньше проблема воспринимаемой безопасности и страха перед преступностью изучалась при помощи социологических исследований, то сейчас инструменты Google Street View и изучение определенных областей при помощи анализа уличными камерами приво-

дят к более полному и достоверному результату [6]. Они позволяют получать изображения, которые относят тот или иной «фрагмент» или снимок к категории «опасных» или «безопасных» в зависимости от их особенностей – проницаемости, открытости, освещенности и возможностей для наблюдения и надзора (на примере иллюстрации из статьи [17, илл. 4] можно увидеть, каким образом аналитическая программа считывает объекты) (см. рисунок).

Геоинформационные технологии и картографирование [18] позволяют понять пространственное и временное распределение преступлений; при этом карта города или отдельного района моделируется, в частности, для изучения и идентификации мест концентрации преступности, т. е. горячих точек. Другим явлением, выявленным в ходе анализа, стала повторная виктимизация. Было отмечено, что некоторые объекты или люди имеют особую уязвимость и превращаются в мишень для нападений несколько раз. Контроль над горячими точками является особенно эффективным способом профилактики преступности [19, с. 20–21]. Другой вариант анализа – географическое профилирование, при котором наносят на карту маршруты и места притяжения, описывая пространственное поведение отдельного преступника. Изучая его пространственное распределение правонарушений, можно отыскать особенно опасные области [3, с. 279–292].

Помимо развивающихся геоинформационных систем и их роли в изучении виктимизации городских территорий, важную роль играет прогнозирование криминальных происшествий

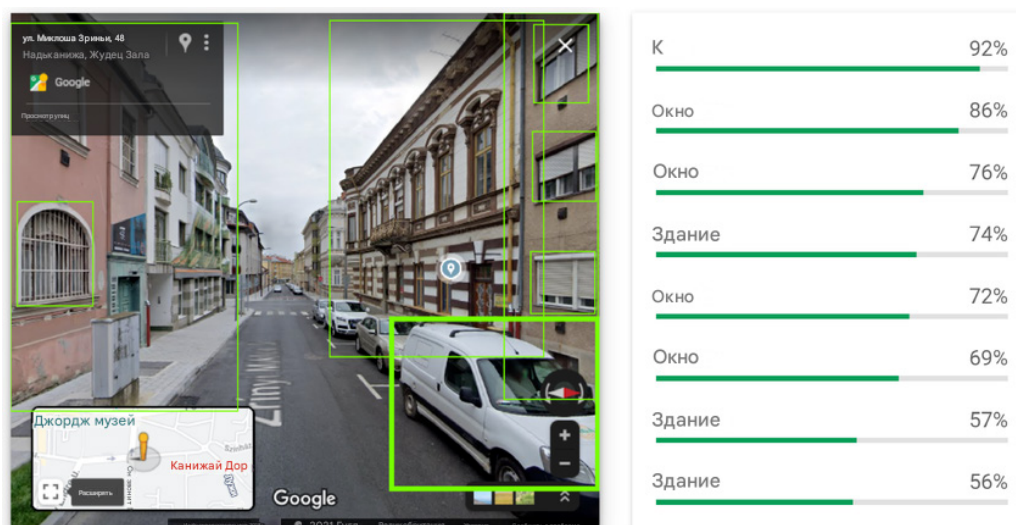
при помощи нейросетей. Они используются для анализа различных типов данных, включая текст, изображения, аудио и социальные сети. Их алгоритмы способны обнаруживать закономерности и аномалии, которые могут указывать на преступную деятельность. Одной из их сильных сторон является способность обрабатывать большой объем сведений, например алгоритмы анализа изображений могут находить угрожающие объекты и предсказывать вероятность совершения преступления [17; 20].

Аналитические способности искусственного интеллекта, благодаря которым становится возможным собирать и сопоставлять значительное количество сведений, могут быть направлены на следующие проблемы:

1. Проблема анализа при проектировании (реконструкции, реновации, рефункционализации) городских районов и генеральных планов отдельных зданий: изучение существующих негативных черт участка, сложившихся маршрутов передвижения, визуальной проницаемости пространства и расположения точек наблюдения и др. [21; 22].

2. Проблема анализа данных о перемещении людей внутри города может предсказать выбор маршрутов преступниками; помимо этого, прогностические способности нейросетей и программного обеспечения позволяют выявить наиболее привлекательные для них объекты и места и заранее обезопасить их, контролируя доступ и улучшая наблюдение за ними.

3. Проблема моделирования преступлений и, в частности, террористических актов, дает возможность правильного выбора форм



Демонстрация особенностей, обнаруженных с помощью API Google Cloud Vision на изображении уличного вида [17]

Demonstrate features discovered using the Google Cloud Vision API in the image of the street view [17]

и материалов: зная заранее, как поведет себя та или иная структура, будет ли та или иная конфигурация пространства аккумулировать или рассеивать взрывную волну, можно разместить экранирующие стены или барьеры, обезопасив критически важные точки.

Рассмотрение связанной со средовой криминологией литературы позволяет понять важность зонирования городской среды в зависимости от желаемого уровня доступа, закономерно подтверждая то, что районы с наибольшим количеством и плотностью населения, а также с наибольшей пропускной способностью являются местами большего числа преступлений, и архитекторами-градостроителями может проводиться работа по декриминализации данных районов.

Строгое деление районов на жилые, промышленные и общественно-деловые устаревает, и разнообразие мест отдыха и приложения труда помогает повысить посещаемость района. Но при этом необходимо располагать общедоступные места отдыха на публичных путях передвижения и проектировать более изолированную и ориентированную на большую приватность жилую среду. Проблема жилой застройки заключается зачастую не в плотности, а в конфликте между соприкосновением публичных и частных зон, местами тихого отдыха и массового посещения. Еще одна проблема – недостаточная структурированность, когда внутри района сложно выделить пути передвижения и зоны разного уровня доступа; при этом защита и пространственное разделение обязательно должны быть строгими в физическом плане – не прямые методы ограничения (использование рельефа и озеленения) также влияют на восприятие.

Зонирование помогает направить человеческие потоки, защитив от них наиболее уязвимые места или сделав их менее проницаемыми. Но в городской структуре всегда будут сохраняться общедоступные публичные пространства – они важны, поскольку влияют на создание внешнего облика города; они же создают впечатление об открытости и притягательности среды. Их безопасность зависит от образцов циркуляции человеческих потоков, от вместимости и их «пропускной способности», а также способности разделять пешеходные и транспортные потоки – все эти особенности их структуры влияют на защиту, в том числе от терроризма [23; 24]. В настоящее время большая часть исследований безопасности городской среды использует такие инструменты, как карты преступности, инструменты наблюдения за городскими улицами, в том числе в режиме реального времени, специализированные про-

граммы, отслеживающие перемещения людей. Помимо фактических данных о состоянии защищенности города и отдельных объектов, вычисляемых данными средствами, имеет значение их восприятие, поскольку страх перед преступностью заставляет людей предпочитать те или иные маршруты, менять время передвижения и т. д. Для людей воспринимаемая безопасность места складывается из следующих особенностей:

- ясность (просматриваемость) маршрута;
- освещенность (видимость в темное время суток);
- количество путей передвижения или альтернативных маршрутов;
- отсутствие «темных пятен» (непросматриваемых мест);
- отсутствие индикаторов преступности (мусор, брошенные здания).

Свойства окружающей среды, связанные с боязнью криминальных происшествий, можно поделить на три категории: видимость, признаки беспорядка физического характера и признаки беспорядка социального характера. В отношении городской планировки важны первые два. Видимость можно привязать как к освещенности в темное время суток, так и к проницаемости, когда человек может видеть и предугадывать цель своего маршрута, соответственно эти качества среды нужно повышать, признаки беспорядка – граффити, брошенные объекты, лиминальные пространства, такие как длинные узкие переходы, по возможности устранять.

Закключение

Взаимодействие между криминологами и градостроителями важно, поскольку позволяет лучше понять проблемы преступности, привязанные к среде, и избежать их при проектировании и реконструкции новых городских районов. Архитекторам необходимо изучать новые формы правонарушений и выявлять те особенности урбанизированной среды, которые провоцируют их или, наоборот, помогают защите. По мере анализа спровоцированной городскими условиями преступности все сильнее выявляется важность планировки путей передвижения, а также способность современной городской среды предоставить возможности для наблюдения за перемещением преступников. Помимо возможностей удаленного наблюдения, играет роль дифференциация пространства с разделением пешеходных и транспортных потоков, условия городского ландшафта и пространственной организации открытых общественных объектов, для которых необходимо обеспечить легкость восприятия

и ориентирования и интегрировать средства защиты среды в их структуру. Такими средствами могут быть укрытия, искусственные преграды и препятствия для ограничения скорости, проектируемые при помощи ландшафтного дизайна; малые архитектурные формы, защищающие пешеходные пространства от атаки транспортными средствами, и другие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brantingham P.J., Brantingham P.L. *Environmental Criminology*. Beverly Hills: SAGE Publications. 1981. 264 p.
2. Brantingham P.J., Brantingham P.L. *Criminality of place: Crime generators and crime attractors* // *European Journal on Criminal Policy and Research*. 1995. N. 3(3). P. 5–26.
3. FEMA 426. *Reference Manual To Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*. U.S. Department of Homeland Security. 2003. 420 p.
4. FEMA 430. *Guidance Against Potential Terrorist Attacks. Site and Urban Design for Security*. U.S. Department of Homeland Security. 2007. 272 p.
5. Cozens P., Babb C., Stefani D. Exploring and developing crime prevention through environmental design (CPTED) audits: an iterative process // *Crime Prevention and Community Safety*. 2022. N. 25(1). P. 1–19.
6. Пирожкова И.Г. Концепт средовой безопасности: категориальный аппарат и современное состояние // *Государственно-правовые исследования*. 2020. № 3. С. 333–337.
6. Dikiya J. *Urban Crime Mapping: A Review* // *Urban Studies and Public Administration*. 2021. N. 4(3). P. 32–45.
7. Ceccato V., Ioannidis I. Introduction to the special issue “environmental criminology in crime prevention: theories for practice” // *Security Journal*. 2024. N. 37(3). P. 425–431.
8. Ходжен Ш., Вушке К. Трава всегда зеленее: анализ концентрации и видов преступности в городских зеленых пространствах // *Russian Journal of Economics and Law*. 2023. Т. 17, № 3. С. 645–666. DOI: 10.21202/2782-2923.2023.3.645-666.
9. Andersen M. *Environmental Criminology: Evolution, Theory, and Practice*. London, Routledge. 2023. 61 p.
9. Cozens P., Love T. *Geographical Juxtaposition: A New Direction in CPTED* // *Social Sciences*. 2019. N. 8(9):252. 22 p.
10. Verma Arvind, Lodha S.K. A Typological Representation of the Criminal Event // *Western Criminology Review*. 2002. N. 3(2).
11. Каширина О.Н. Проблемы восприятия архитектурного направления криминологии отечественной правовой доктриной // *Инновационная экономика и право*. 2017. № 1 (6). С. 94–98.
12. Морозова И.В., Голосов Д.А., Чуриков Д.С. Высотная застройка и преступность: к вопросу о влиянии архитектурной среды на криминогенную обстановку // *Ученые записки Казанского юридического института МВД России*. 2023. Т. 8, № 1(15). С. 42–52.
13. Шалагин А.Е., Идиятуллов А.Д. Зарубежный опыт предупреждения преступлений и правонарушений в мегаполисах // *Вестник Казанского юридического института МВД России*. 2022. Т. 13, № 1(47). С. 94–103. DOI: 10.37973/KUI.2022.55.46.013.
14. Пирожкова И.Г. Архитектурная криминология и средовая безопасность города: отражение в градостроительном праве и политике российской империи // *Право и образование*. 2019. № 12. С. 94–102.
15. Корсаков К.В. Городское пространство в ракурсе уголовно-правовой науки // *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения*. 2016. № 1(29). С. 86–93. DOI: 10.20291/2079-0392-2016-1-86-93.
16. Корсаков К.В. Криминологическое исследование архитектурно-строительной и инфраструктурной среды современных городов (ориентиры, цели, зарубежный опыт и результаты) // *Русский закон*. 2022. Т. 75, № 1(182). С. 48–59. DOI: 10.17803/1729-5920.2022.182.1.048-059.
17. Solymosi R. and other. Using computational systematic social observation to identify environmental correlates of fear of crime // *Crime Science*. 2024. N. 13(1). 25 p. DOI: 10.1186/s40163-024-00242-6.
18. Щербина Е.В., Кузнецов И.В. Анализ плотности застройки на территориях крупных и крупнейших городов Поволжья с применением геоинформационных систем // *Градостроительство и архитектура*. 2024. Т. 14, № 2. С. 143–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.18.
19. Connealy N. The Influence, Saliency, and Consistency of Environmental Crime Predictors: a Probability Score Matching Approach to Test What Makes a Hot Spot Hot // *Justice Quarterly*. 2022. N. 40(1). P. 1–24.
19. Johnson S. Identifying and preventing future forms of crimes using situational crime prevention // *Security Journal*. 2024. N. 37(3). P. 515–534.
20. Mandalapu V., Elluri L., Roy N., Shariati A. *Crime Prediction Using Machine Learning and Deep Learning: a Systematic Review and Future Directions* // *IEEE Access*. 21 p. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3286344.
21. Ахмедова Е.А., Вавилонская Т.В. Принципы поэтапной реорганизации архитектурно-пространственной структуры городской среды на основе инновационных технологий // *Градостроительство и архитектура*. 2019. Т. 9, № 2. С. 68–79. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.10.
22. Вальшин Р.М., Данилова Э.В. Методология инновационного градостроительного проектирования в дипломных проектах архитектурного факультета // *Градостроительство и архитектура*. 2017. Т. 7, № 1. С. 119–129. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.21.
23. Юнис А., Бакаева Н.В. Градостроительная методика оценки разрушения жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий // *Градостроительство и архитектура*. 2020. Т. 10, № 4. С. 165–173. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.20.
24. Юнис А. Градостроительная безопасность городских объектов, пострадавших в результате террористических атак // *Градостроительство и архитектура*. 2021. Т. 11, № 4. С. 156–163. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.19.

REFERENCES

1. Brantingham P.J., Brantingham P.L. *Environmental Criminology*. Beverly Hills: SAGE Publications. 1981. 264 p.
2. Brantingham P.J., Brantingham P.L. Criminality of place: Crime generators and crime attractors // *European Journal on Criminal Policy and Research*. 1995. N. 3(3). P. 5–26.
3. FEMA 426. *Reference Manual To Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*. U.S. Department of Homeland Security. 2003. 420 p.
4. FEMA 430. *Guidance Against Potential Terrorist Attacks. Site and Urban Design for Security*. U.S. Department of Homeland Security. 2007. 272 p.
5. Cozens P., Babb C., Stefani D. Exploring and developing crime prevention through environmental design (CPTED) audits: an iterative process // *Crime Prevention and Community Safety*. 2022. N. 25(1). P. 1–19.
6. Pirozhkova I.G. The concept of environmental safety: categorical apparatus and current condition. *Gosudarstvenno-pravovye issledovaniya* [State Legal Research], 2020, no. 3, pp. 333–337. (in Russian)
6. Dikiya J. Urban Crime Mapping: A Review. *Urban Studies and Public Administration*. 2021. N. 4(3). P. 32–45.
7. Ceccato V., Ioannidis I. Introduction to the special issue “environmental criminology in crime prevention: theories for practice”. *Security Journal*. 2024. N. 37(3). P. 425–431.
8. Hodgen SH, Wushke K. Grass is always greener: an analysis of concentration and types of crime in urban green spaces. *Rossiiskij zhurnal jekonomiki i prava* [Russian Journal of Economics and Law], 2023, vol. 17, no. 3, pp. 645–666. (in Russian) DOI: 10.21202/2782-2923.2023.3.645-666
9. Andersen M. *Environmental Criminology: Evolution, Theory, and Practice*. London, Routledge. 2023. 61 p.
9. Cozens P., Love T. Geographical Juxtaposition: A New Direction in CPTED. *Social Sciences*. 2019. N. 8(9):252. 22 p.
10. Verma Arvind, Lodha S.K. A Typological Representation of the Criminal Event. *Western Criminology Review*. 2002. N. 3(2).
11. Kashirina O.N. Problems of perception of the architectural direction of criminology by domestic legal doctrine. *Innovacionnaja jekonomika i pravo* [Innovative Economics and Law], 2017, no. 1(6), pp. 94–98. (in Russian)
12. Morozova I.V., Golosov D.A., Churikov D.S. High-rise buildings and crime: to the question of the influence of the architectural environment on the crime situation. *Uchenye zapiski Kazanskogo juridicheskogo instituta MVD Rossii* [Scientific notes of the Kazan Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia], 2023, vol. 8, no. 1(15), pp. 42–52. (in Russian)
13. Shalagin A.E., Idiyatulloev A.D. Foreign experience in preventing crimes and offenses in megacities. *Vestnik Kazanskogo juridicheskogo instituta MVD Rossii* [Bulletin of the Kazan Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia], 2022, vol. 13, no. 1(47), pp. 94–103. (in Russian) DOI: 10.37973/KUI.2022.55.46.013
14. Pirozhkova I.G. Architectural criminology and environmental safety of the city: reflection in urban planning law and politics of the Russian Empire. *Pravo i obrazovanie* [Law and Education], 2019, no. 12, pp. 94–102. (in Russian)
15. Korsakov K.V. Urban space from the perspective of criminal law science. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya* [Bulletin of the Ural State University of Railways], 2016, no. 1(29), pp. 86–93. (in Russian) DOI: 10.20291/2079-0392-2016-1-86-93
16. Korsakov K.V. Criminological study of the architectural, construction and infrastructure environment of modern cities (landmarks, goals, foreign experience and results). *Russkij zakon* [Lex Russica], 2022, vol. 75, no. 1(182), pp. 48–59. (in Russian) DOI: 10.17803/1729-5920.2022.182.1.048-059
17. Solymosi R. and other. Using computational systematic social observation to identify environmental correlates of fear of crime // *Crime Science*. 2024. N. 13(1). 25 p. DOI: 10.1186/s40163-024-00242-6
18. Shcherbina E.V., Kuznetsov I.V. GIS-based analysis of building density in the territories of large cities and megapolises of the volga region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 143–148. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.18
19. Connealy N. The Influence, Saliency, and Consistency of Environmental Crime Predictors: a Probability Score Matching Approach to Test What Makes a Hot Spot Hot. *Justice Quarterly*. 2022. N. 40(1). P. 1–24.
19. Johnson S. Identifying and preventing future forms of crimes using situational crime prevention. *Security Journal*. 2024. N. 37(3). P. 515–534.
20. Mandalapu V., Elluri L., Roy N., Shariati A. Crime Prediction Using Machine Learning and Deep Learning: a Systematic Review and Future Directions. *IEEE Access*. 21 p. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3286344
21. Akhmedova E.A., Vavilonskaya T.V. Principles of Phased Reorganization of the Architectural and Spatial Structure of the Urban Environment Based on Innovative Technologies. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 68–79. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.10
22. Valshin R.M., Danilova E.V. Innovative urban design methodology in thesis projects of Architectural faculty. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 1, pp. 119–129. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.21
23. Younis A., Bakaeva N.V. Urban Planning Methodology for Assessing the Destruction of Residential Areas Affected by Hostilities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 165–173. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.20
24. Younis A. Urban Security of Urban Objects Affected as a Result of Terrorist Attacks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 156–163. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.19

Об авторе:

ПОЛЯНЦЕВА Екатерина Романовна

кандидат архитектуры, доцент кафедры
архитектурного проектирования
Уральский государственный архитектурно-
художественный университет имени Н.С. Алфёрова
620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 23
E-mail: notneb@yandex.ru

POLYANTSEVA Ekaterina R.

PhD in Architecture, Associate Professor of the
Architectural Design Chair
Ural State University of Architecture and Art named
after N.S. Alferov
620075, Russia, Yekaterinburg, Karl Liebknecht st., 23
E-mail: notneb@yandex.ru

Для цитирования: Полянцева Е.Р. Городская среда и безопасность в средовой криминологии. Обзор источников и современные тенденции // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 127–135. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.17.

For citation: Polyantseva E.R. Urban environment and its safety in environmental criminology. A literature review and current trends. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 127–135. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.17.

Принята: 18.03.2025 г.

Н. Р. СМЕРНОВА
Х. А. БЕНАИ
Т. В. РАДИОНОВ

АРХИТЕКТУРНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ТИПОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЗРЕЛИЩНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ

ARCHITECTURAL IMPROVEMENT AND TYPOLOGICAL DEVELOPMENT OF SPECTATOR BUILDINGS AND STRUCTURES UNDER RECONSTRUCTION CONDITIONS

Раскрывается актуальность реконструкции зрелищных зданий и сооружений посредством их архитектурного совершенствования и типологического развития. Рассматриваются аспекты проблематики сложившегося состояния объектов зрелищного назначения, основанные на предшествующих исследованиях авторов. Представлены требования, предъявляемые при архитектурном совершенствовании зрелищных зданий и сооружений, а также теоретические предложения и подходы типологического развития с целью улучшения функциональности и эстетического восприятия в условиях сложившейся городской застройки, учитывая историческую ценность и уникальную архитектурную организацию объектов зрелищного назначения.

Ключевые слова: зрелищные здания и сооружения, реконструкция, архитектурная организация, совершенствование, типология, функция, многофункциональность, уникальная архитектура

Роль зрелищных зданий и сооружений в городском планировании весьма значима. В мире современная архитектура зрелищных зданий и сооружений играет ключевую роль в создании уникальных и функциональных сооружений – театров, концертных залов, стадионов, выставочных павильонов, которые служат как символом развития общества, так и функциональным пространством для различных событий и мероприятий, а также направлены на улучшение экономического развития региона и качества жизни горожан. Современные требования и непрерывное развитие технологий и науки ставят задачу поиска новых методов и подходов архитектурного совершенствования и типологического развития зрелищных зданий и сооружений, особенно в условиях их реконструкции, как многофункциональных, гибких и универсальных зрелищных комплексов.

The presented scientific research reveals the relevance of reconstruction of entertainment buildings and structures through their architectural improvement and typological development. The author considers the aspects of the problems of the current state of entertainment facilities based on the author's previous research. The author presents the requirements for the architectural improvement of entertainment buildings and structures, as well as theoretical proposals and approaches of typological development in order to improve functionality and aesthetic perception in the conditions of the existing urban development, taking into account the historical value and unique architectural organization of entertainment facilities.

Keywords: spectacular buildings and structures, reconstruction, architectural organization, improvement, typology, function, multifunctionality, unique architecture

Актуальность данной работы обосновывается сложившимися проблемами, которые были освещены в предшествующих научных исследованиях [1]. Факт того, что зрелищные здания и сооружения являются неотъемлемой частью многих современных городов, усложняет процесс реконструкции в уже сложившейся градостроительной застройке и сталкивает с рядом трудностей, которые требуют внимания и решения. Среди основных сложившихся проблем архитектурной организации зрелищных зданий, которые были выявлены путем теоретических исследований, следует выделить следующие:

- нарушение архитектурного единства городской среды – зрелищные здания и сооружения отличаются от других типов общественных зданий уникальной архитектурой, однако со временем состояние их архитектурной организации физически и морально устарело, что

привело к потере уникальности и привлекательности внешнего вида, выбиваясь из законченного и цельного облика ансамбля;

- *ограниченная функциональность* – зрелищные здания и сооружения, подлежащие реконструкции, предназначены для проведения одноцелевых мероприятий, что ограничивает их использование в других целях; в таком случае возникает проблема неэффективности функционирования этих объектов;

- *недостаток гибкости и адаптивности* архитектурной организации зрелищных зданий и сооружений к различным событиям, что не позволяет объектам изменять функциональность в зависимости от изменений потребностей;

- *устаревшая инфраструктура* – зрелищные здания и сооружения, построенные десятилетия назад, не отвечают современным требованиям комфорта и безопасности, что может привести к дискомфорту и опасности нахождения зрителей и участников мероприятий внутри зрелищного объекта;

- *проблема устойчивости и экологической совместимости* – связана с потреблением большого количества энергии и ресурсов, что может неблагоприятно сказываться на окружающую среду.

Цель данного научного исследования заключается в раскрытии особенностей архитектурного совершенствования и типологического развития при реконструкции зрелищных зданий и сооружений с целью дальнейшей разработки предложений по формированию принципиально новой архитектуры объектов зрелищного назначения.

Архитектурное совершенствование и типологическое развитие зрелищных зданий и сооружений в условиях реконструкции – это сложный и многогранный процесс, требующий учета различных факторов, – от исторической ценности до современных технологий. Для выявления правильного взаимодействия вышеизложенных факторов и создания инновационно-функциональных архитектурных решений, способных удовлетворить потребности совре-

менного общества, необходимо рассмотреть каждый процесс отдельно.

Архитектурное совершенствование в условиях реконструкции основывается на процессе поиска и реализации оптимальных и инновационных подходов для формирования новой архитектуры зрелищных зданий и сооружений. Подходы этого процесса затрагивают различные аспекты, начиная от сохранения исторической аутентичности здания до создания современной отлительно новой архитектуры зрелищного объекта.

Следует выделить ряд основных требований, влияющих на архитектурное совершенствование зрелищных зданий и сооружений при их реконструкции:

1. *Сохранение исторического наследия.* Одним из ключевых подходов архитектурного совершенствования зрелищных зданий и сооружений при реконструкции является развитие существующего функционального наполнения и адаптация архитектурно-планировочных решений под современные требования и технологии, учитывая его историко-культурное значение. Такой подход позволяет создать гармоничное сочетание между прошлым и будущим, сохраняя уникальность архитектуры. Поскольку большинство зрелищных зданий, сохранившихся до наших дней, были построены в первой половине XX столетия, относятся к памятникам архитектуры, а также несут историческую и культурную ценность для города, один из основных подходов для их архитектурного совершенствования – сохранить исторический облик здания и подчеркнуть оригинальную архитектуру, включая восстановление элементов фасада, которые были утрачены или повреждены, что позволит воссоздать и передать уникальный характер архитектуры. В качестве примера сохранения идентичности при реконструкции зрелищных зданий можно привести проект реконструкции и реставрации одного из старейших кинотеатров «Художественный» в Москве (рис. 1).



Рис. 1. Реконструкция кинотеатра «Художественный» в Москве

Fig. 1. Reconstruction of the Khudozhestvenny cinema in Moscow

2. *Создание многофункционального пространства.* В мировом опыте преобладает тенденция формирования многофункциональных общественных зданий и сооружений, в том числе зрелищного назначения, где наряду со зрелищными функциями введены новые функции, ранее не свойственные данному типу объекта, например пространства для проведения деловых мероприятий, фестивалей и образовательно-просветительных программ, с целью обогащения спектра услуг и функций [2]. Для соответствия современным требованиям театральные зрелищные комплексы характеризуются многозальностью и обладают способностью к трансформации [3]. В условиях реконструкции зрелищных зданий этот подход позволит максимально использовать потенциал здания и удовлетворить потребности населения. Как пример, реконструкция концертного зала «Юпитер» в Нижнем Новгороде под многофункциональный центр с многоцелевыми пространствами для конференций и мастер-классов, галерейными пространствами для постоянных и временных экспозиций, без изменения объемно-пространственной организации реконструируемого объекта.

3. *Изменения потребностей общества.* Социокультурные изменения и развитие общественных потребностей требуют непрерывной адаптации и модернизации функционально-планировочной системы зрелищных зданий. Помимо функциональных аспектов, архитектурное совершенствование также направлено на эстетическую составляющую зрелищных зданий и сооружений. При реконструкции необходимо сохранять и интегрировать уникальные формы и фасады, которые будут являться не только привлекательными для посетителей, но и вписываться в контекст окружающей застройки. Кроме того, учитывается исторический и культурный контекст как самого объекта, так и окружающей застройки, чтобы сохранить историческое наследие и придать объектам индивидуальный характер.

4. *Технологический прогресс.* Современные технологии и материалы позволяют реализовывать новые конструктивные и архитектурные решения, увеличивая гибкость и функциональность зданий.

5. *Глобализация и локальная идентичность.* Требования, предъявляемые к новой архитектуре зрелищных зданий и сооружений, в каждой стране и регионе переосмысливаются с позиции традиций данной культуры, истории народа и места [3, 4].

Изменение потребностей общества, технологический прогресс и локальная идентичность хорошо прослеживаются в проекте реконструк-

ции театра Шефтсбери в Лондоне с надстройкой современного объема колосниковой башни над историческим зданием (рис. 2). Радикальные формы надстраиваемой части одновременно подчиняются исторической застройке и усиливают технические возможности проведения масштабных зрелищных мероприятий, что является главной целью реконструкции данных типов объектов.

Любое преобразование в структуре архитектурной организации объекта в условиях реконструкции приводит к модификациям типологических характеристик, т. е. типологическому развитию и созданию принципиально новой архитектуры. *Типологическое развитие* – это процесс изменения и эволюции зрелищных зданий и сооружений, в результате которого они приспосабливаются к новым требованиям и функциям при сохранении историко-культурной ценности. Типологическое развитие зрелищных зданий и сооружений при реконструкции предполагает внесение изменений и модернизацию структуры зрелищных зданий на функционально-типологическом и объемно-планировочном уровнях.

Типологическая особенность зрелищных зданий и сооружений зависит от их функционального назначения и национальных традиций. Основные типы зрелищных зданий и сооружений можно объединить в три группы – *театрально-зрелищные* (театры, концертные залы, кинотеатры, цирки, дельфинарии), *культурно-зрелищные* (клубы, выставочные

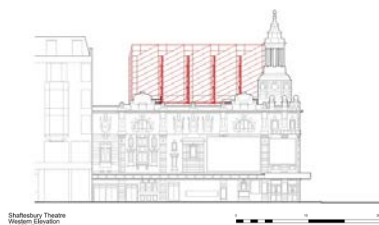


Рис. 2. Реконструкция театра Шефтсбери в Лондоне
Fig. 2. Reconstruction of Shaftesbury Theatre in London

залы, океанариумы, планетарии) и *спортивно-зрелищные здания и сооружения* (открытые и крытые спортивные сооружения, конноспортивные комплексы) [5, 6]. Каждый из них имеет свою отличительную типологию, которая отражает основные принципы и требования к их архитектурной организации. Сохранившиеся и существующие до нашего времени зрелищные здания и сооружения отличаются от современных объектов подобного назначения наличием одноцелевого зрительского комплекса, что ограничивает возможность проведения различных мероприятий.

Один из подходов типологического развития зрелищных зданий и сооружений – это *формирование многоцелевых пространств*. Многофункциональность нового типа зрелищного здания предполагает предоставления дополнительных площадок и специальных пространств для реализации открытых внутренних процессов, учитывающих специфику вида деятельности объекта [7]. Данный подход в условиях реконструкции возможно осуществить с помощью внедрения технологий трансформации пространств, передвижных амфитеатров и мобильных перегородок, отделяющих техническую зону от зрительской (рис. 3). Таким образом, функции этих зон могут меняться в за-

висимости от потребностей, кроме зрелищных функций появляется возможность проводить другие культурно-зрелищные и научно-образовательные мероприятия.

Формирование многоцелевого пространства достигается путем объединения сцены и зрительного зала, зрительного зала и фойе для проведения массовых культурно-театральных мероприятий. Объединение фойе и вестибюльной группы позволит проводить выставочные и просветительские мероприятия. Подход формирования многоцелевых пространств способствует сохранению идентичности объекта без увеличения внешнего объема и внедрения радикально нового наполнения, ранее не свойственного типу зрелищного объекта.

Второй подход типологического развития – *создание гибкой и модульной архитектуры*, которая позволяет формировать изменяемую функционально-пространственную организацию объекта, в зависимости от потребностей, и адаптировать их под различные виды мероприятий. Это предопределяет третий подход типологического развития – *создание уникальных архитектурных форм и решений*. Расширение объемно-планировочных зрелищных зданий и сооружений в условиях реконструкции за счет пристроек, освоения подземного пространства,

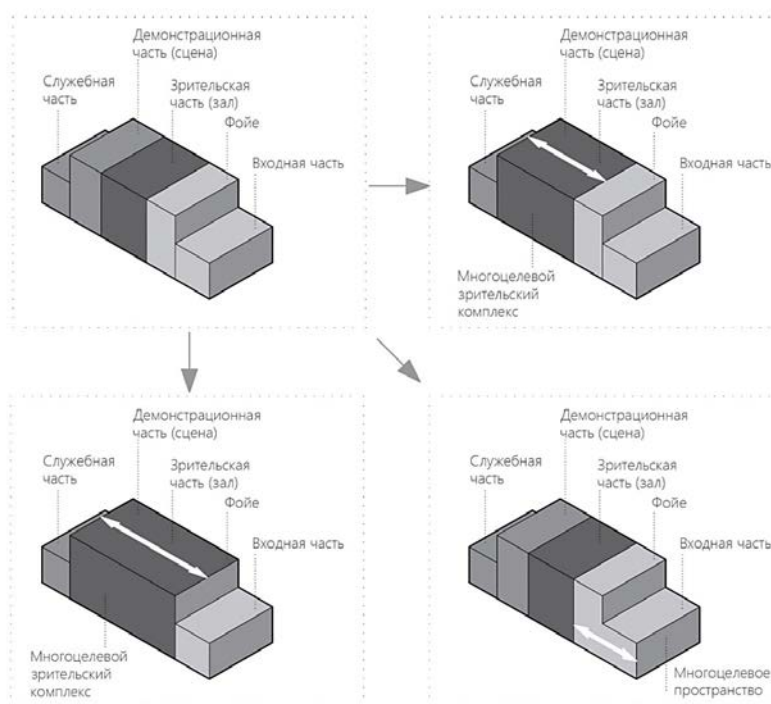


Рис. 3. Концептуальные схемы формирования многоцелевых пространств зрелищного объекта
Fig. 3. Conceptual schemes for the formation of multi-purpose spaces of a spectacular object

использования внутренних резервов объекта, использования новых технологий и введения инновационных инженерных систем приводит к необходимости внедрения новых функций (рис. 4). Это, например, событийные и выставочные пространства, образовательные аудитории,

библиотеки, музеи, рестораны и кафе, офисные помещения и коворкинг зоны. Данный подход не только улучшит вид здания, создаст уникальные пространства и функциональные зоны с высоким уровнем комфорта, а также позволит привлечь молодую аудиторию.

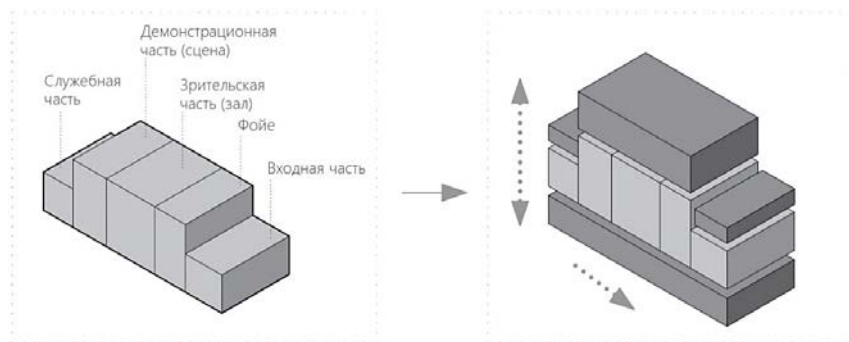


Рис. 4. Концептуальные схемы увеличения объемов здания и расширения функционала зрелищного объекта
Fig. 4. Conceptual schemes for increasing the volume of the building and expanding the functionality of the spectacular object

Таким образом, архитектурное совершенствование и типологическое развитие зрелищных зданий и сооружений в условиях реконструкции с целью повышения их функциональности, эстетической привлекательности и экологической устойчивости являются актуальными задачами в современном обществе. Вышеизложенные требования и подходы включают в себя универсальные предложения, направленные на рациональное планирование пространства, совершенствование функционального наполнения, закономерность уникального формообразования, обеспечение безопасности, создание удобных внутренних и внешних коммуникаций, а также учет современных технологий и требований в области безбарьерной среды.

Исследования показали, что архитектурная типология зрелищных зданий и сооружений является многообразной, она отражает требования к функциональности и эстетике данных объектов, а также региональные и национальные особенности. Несмотря на то, что многие существующие зрелищные здания и сооружения находятся в аварийном состоянии или используются не по назначению, они обладают огромным потенциалом для развития городов, формирования их идентичности, решения различных экономических и социальных задач. Следовательно, архитектурное совершенствование и типологическое развитие зрелищных зданий и сооружений при реконструкции даст возможность решить следующие проблемы:

- чем разнообразнее функционал зрелищных зданий, тем обширнее круг посетителей и выше рентабельность объекта;

- восполнение нехватки инфраструктуры с помощью реконструкции зрелищного здания;
- внедрение инновационных решений при реконструкции зрелищных сооружений позволит создать уникальные и современные объекты;
- комбинация функциональности, безопасности, эстетической привлекательности и учета исторического контекста позволит создать многоцелевые и универсальные пространства, способствующие развитию зрелищной, культурной и просветительской сферы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнова Н.Р. Сложившиеся архитектурно-градостроительные проблемы зрелищных зданий и сооружений // Вестник ДонНАСА. 2023. Вып. 2(154). С. 75–80.
2. Колесникова Т.Н., Кузнецов П.Э. Анализ архитектуры современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов и тенденции их развития // Вестник МГСУ. 2023. № 18(3). С. 346–357.
3. Коновалова Н.А. Особенности архитектуры современных театральных зданий мира: глобальные требования и национальные приоритеты // Искусство, культура и гуманитарное искусство. 2023. № 3. С. 130–137.
4. Каракова Т.В., Чергизова Х.А. Национально-культурный контекст архитектурной идентичности городов Северного Кавказа // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 131–138. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.16.
5. Змеул С.Г., Маханько Б.А. Архитектурная типология зданий и сооружений. М.: Архитектура-С, 2007. 240 с.
6. Зобова М.Г., Киверов Д.А. Опыт охраны и использования объектов спортивного наследия в условиях исторической среды городов // Градостроитель-

ство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 136–142. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.19.

7. Макарова Е.Е., Анисимов А.В. Экспериментальный театральный центр – театральное здание будущего // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2019. № 1(46). С. 160–174.

REFERENCES

1. Smirnova N.R. Established architectural and town-planning problems of spectacular buildings and structures. *Vestnik DonNASA* [Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 2 (154), pp. 75–80. (in Russian)

2. Kolesnikova T.N., Kuznetsov P.E. Analysis of the architecture of modern multifunctional cultural and entertainment complexes and trends of their development. *Vestnik MSCU* [Proceeding of the Moscow State University of Civil Engineering], 2023, no. 18(3), pp. 346–357. (in Russian)

3. Konovalova N.A. Features of the architecture of modern theatre buildings of the world: global requirements and national priorities. *Iskusstvo, kultura i humanitarnoe iskusstvo* [Art, Culture and Humanitarian Art], 2023, no. 3, pp. 130–137. (in Russian)

Об авторах:

СМИРНОВА Наталья Романовна

аспирант, ассистент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: n.r.smirnova@donnasa.ru

БЕНАИ Хафизулла Аминудлович

доктор архитектуры, профессор, декан архитектурного факультета Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: kh.a.benai@donnasa.ru

РАДИОНОВ Тимур Валерьевич

кандидат архитектуры, доцент, заведующий кафедрой архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: t.v.radionov@donnasa.ru

4. Karakova T.V., Chergizova H.A. The national-cultural context of the architectural identity of the cities of the North Caucasus. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 131–138. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.16

5. Zmeul S.G., Makhanko B.A. *Arhitekturnaya tipologiya zdaniy i sooruzhenij* [Architectural typology of buildings and structures]. Moscow, Architecture-C, 2007. 240 p.

6. Zbova M.G., Kiverov D.A. Experience in the protection and use of sports heritage objects in the historical environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 136–142. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.19

7. Makarova E.E., Anisimov A.V. Experimental theatre center - theatre building of the future. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2019, iss. 1 (46), pp. 160–174 (in Russia).

SMIRNOVA Natalia R.

Post-graduate student,
Assistant of the Architectural Design and Design of Architectural Environment Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: n.r.smirnova@donnasa.ru

BENAI Khafizulla Am.

Doctor of Architecture, Professor,
Dean of the Faculty of Architecture
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: kh.a.benai@donnasa.ru

RADIONOV Timur V.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Head of the Architectural Design and Design of Architectural Environment Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: t.v.radionov@donnasa.ru

Для цитирования: Смирнова Н.Р., Бенаи Х.А., Радионов Т.В. Архитектурное совершенствование и типологическое развитие зрелищных зданий и сооружений в условиях реконструкции // *Градостроительство и архитектура*. 2025. Т. 15, № 4. С. 136–141. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.18.

For citation: Smirnova N.R., Benai H.A., Radionov T.V. Architectural improvement and typological development of spectator buildings and structures under reconstruction conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 136–141. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.18.

Принята: 15.09.2025 г.



Л. К. АЮКАСОВА
О. Н. ВОРОНЦОВА
Н. А. ЛЕКАРЕВА

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА ОРЕНБУРГА

PATTERNS OF HISTORICAL DEVELOPMENT OF OBJECTS
OF THE MUNICIPAL COMPLEX OF THE CITY OF ORENBURG

Рассматриваются вопросы развития объектов коммунального комплекса и зон специального назначения, вопросы влияния исторических, политических, социальных, экономических изменений на расширение коммунальных функций и особенности их размещения в градостроительной структуре города Оренбурга. Дается анализ архивных графических материалов, выявляющий закономерности размещения объектов коммунального комплекса города по годам. Приводятся результаты анализа эволюции среды коммунального комплекса с выявлением их доли в общем балансе городских территорий.

Ключевые слова: историческое развитие, градостроительное планирование, планировочная структура, объекты коммунального комплекса, зоны специального назначения, баланс городских территорий

The article deals with the development of communal facilities and special purpose zones, the impact of historical, political, social, and economic changes on the expansion of communal functions and the specifics of their placement in the urban planning structure of the city of Orenburg. The analysis of archival graphic materials is given, revealing patterns of placement of objects of the municipal complex of the city by year. The results of the analysis of the evolution of the environment of the communal complex with the identification of their share in the overall balance of urban areas are presented.

Keywords: historical development, urban planning, planning structure, communal facilities, special purpose zones, balance of urban areas

Город Оренбург, являясь исторически сложившимся городом, органично вписался в общий процесс градостроительного развития Российского государства, пройдя все этапы преобразований, обусловленных влиянием глобальных историко-градостроительных тенденций. Политические, экономические и социальные факторы существенно повлияли на формирование городской планировочной структуры Оренбурга, вызвав значительные изменения в численности населения, функциональной организации пространства, а также в территориальных особенностях [1–3].

Немаловажная роль в развитии городской среды отводилась объектам коммунального

комплекса и зонам специального назначения. Иностранные специалисты, которые целенаправленно приглашались в Россию в XVIII в., стали основоположниками оптимального функционирования «городского хозяйства» как ключевой и неотъемлемой составляющей генерального плана города. Объекты «городского хозяйства» в данный период включали торговую инфраструктуру (гостиные дворы, рынки), озелененные общественные пространства (парки), коммунальные службы (водопровод, мостовые и уличное освещение).

В плане «образцового содержания» к XIX в. Оренбург считался логично сформированным и благоустроенным городом.

Логичность отразилась на строгой планировке города, четкой функциональной структуре, регулярной трассировке улиц, наличии рекреационных зон, благоустроенности и чистоте. По мере экономического роста, совершенствования транспортной структуры и повышения качества жизни населения, сфера городского хозяйства постепенно расширяется, интегрируя новые отрасли, направленные на комплексное обслуживание городской среды и поддержание комфортных условий жизни горожан.

Существенное изменение в планировочной структуре города наметилось к 1786 г. в связи со строительством железной дороги Оренбург – Самара. Это событие явилось основанием для роста промышленного производства, освоения новых территорий в западном и северном направлениях, увеличения численности населения. На генеральном плане города 1849 г. отмечены территории перспективного развития, в том числе жилой застройки, максимально приближенной к местам приложения труда [4–6].

Все территории, в том числе зоны специального назначения и объекты коммунального комплекса, распределялись четко по проработанным планам. Их функционирование строго контролировалось, но вплоть до 1922 г. в городе отсутствовала отдельная структура, занимающаяся коммунальным комплексом.

Оренбургский городской отдел коммунального хозяйства был утвержден 16 сентября 1922 г. заседанием городского Совета рабочих и красноармейских депутатов. В 1929 г. Городской отдел коммунального хозяйства был переведен под ведомство исполкома Оренбургского городского Совета народных депутатов.

В задачи городского отдела коммунального хозяйства входили следующие вопросы: контроль и инвентаризация жилищного фонда, регистрация домовладений, архитектура, содержание коммунального хозяйства, благоустройство территорий.

В 1936 г. обязанности отдела расширились в связи с появлением освещения на улицах города. Перечень задач расширился с включением ответственности за пожарный отдел, технические предприятия, троллейбусное депо, гостиницы, банно-прачечные комплексы, водоснабжение и канализацию сточных вод, похоронное обслуживание.

Ориентируясь на практические, материальные задачи, строители вели тотальное уничтожение церквей, монастырей, а также расположенных практически в центре города старых кладбищ. Освобождалась огромная территория под новую застройку. В этот период вводится понятие о санитарных сроках захоронения, после которого останки людей вместе с их

могилами можно подвергать рекультивации. В 1920–1930 гг. территория бывшего городского христианского кладбища начинает постепенно застраиваться. В 1931 г. здесь строится здание военного комиссариата, затем здание Выставки достижений народного хозяйства.

Произошла смена исторического функционального назначения среды коммунального комплекса городской территории. Среда зоны специального назначения сменилась на общественную и жилую функции. На генеральных планах от 1915 и 1930 гг. можно отследить, что эти территории занимали городские кладбища – Мусульманское и Православное. Первоначальное размещение этих территорий было логичным, так как они находились за пределами крепостных стен города.

В 1743 г., при основании Оренбурга, 18 % от площади города занимали территории архитектурно-пространственной среды коммунальной инфраструктуры.

К 1849 г. показатель доли коммунального комплекса снизился до 16 %, что обусловлено уплотнением жилой застройки в пределах стен крепости. Вероятнее всего, этот процесс был спровоцирован решением об отмене воинского поста в 1821 г.

В последующие годы городская среда претерпела качественные изменения: в 1827 г. была запущена временная водозаборная система, а в 1861 г. – централизованный водопровод. Кроме того, появление благоустроенных дачных участков за пределами крепости способствовало увеличению площади озеленения.

Архитектурно-планировочная система 1871 г. демонстрирует значительный рост общей площади города, что является следствием упразднения крепости в 1862 г. Перечисленные изменения приводят к росту доли площадей коммунального назначения до 40 % к общей площади города. Особую роль в развитии коммунальной структуры сыграл военный губернатор В.А. Перовский, уделявший внимание улучшению внешнего вида города и эстетике городской среды. Среди нововведений того времени можно отметить преобразование Зауральной роши в парковую зону, позволившее повысить процент озеленения города, а также появление в структуре коммунального хозяйства новой категории – инженерных предприятий (рис. 1).

В начале XX столетия территория города выросла почти втрое. Такой значительный прирост был вызван развитием железнодорожного транспорта, обеспечившего связь с Самарой (1876 г.) и Ташкентом (1906 г.). В рамках коммунального комплекса возникла еще одна новая отрасль – транспортная инфраструктура, что

привело к трехкратному росту площадей общественно-деловой зоны. Появление в 1899 г. электростанции способствовало росту площадей инженерных предприятий. Удельный вес коммунального комплекса составлял 16 %, при этом можно отметить значительное сокращение территорий озеленения к общей площади города.

В 1915 г. доля земель коммунально-хозяйственного назначения составила 18 %. Впервые на генеральный план были вынесены специально отведенные участки под городскую свалку. Площадь захоронений увеличилась почти вдвое ввиду эпидемий холеры, а также притока тяжелораненых участников Первой мировой войны, которые проходили реабилитацию в городе. Параллельно происходила интенсивная застройка Зауральной рощи ремесленными

рядами и жильем ремесленников в районе Старокузнецкой и Новокузнецкой улиц (рис. 2).

К 1930 г. доля территорий коммунального назначения сократилась до 15 %. Активная политика пролетариата по уничтожению памяти прошлого привела к пятикратному сокращению площади кладбищ, ликвидации монастырских сооружений, городских погостов и храмовых комплексов. В Генеральном плане 1930 г. зафиксировано последнее упоминание одного из самых значимых центров деловой активности города – Менового двора.

В послевоенный период (1950–1969 гг.) территория города вновь ощутимо увеличилась благодаря размещению эвакуированных промышленных предприятий, возникших в годы Великой Отечественной войны. В связи с этим

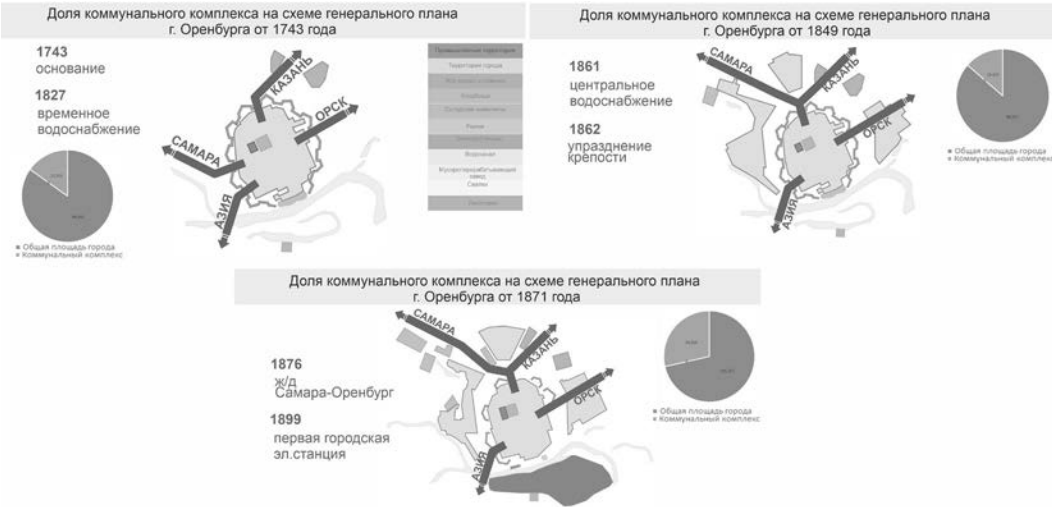


Рис. 1. Схемы размещения объектов коммунального комплекса города Оренбурга 1743, 1849 и 1871 гг. с выявлением их доли в общем балансе городских территорий

Fig. 1. Layout of the municipal complex of the city of Orenburg 1743, 1849 and 1871, with the identification of their share in the total balance of urban areas

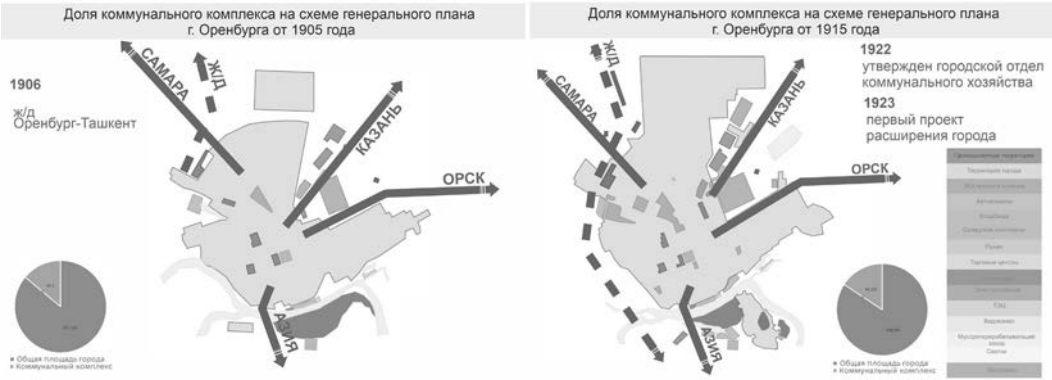


Рис. 2. Схемы размещения объектов коммунального комплекса города Оренбурга 1905 и 1915 гг. с выявлением их доли в общем балансе городских территорий

Fig. 2. Layout of the municipal complex of the city of Orenburg 1905 and 1915 with the identification of their share in the total balance of urban areas

среда общественно-деловой сферы (рынки, склады, торговые площади) коммунального комплекса деградирует. Также очевидна деградация уровня архитектурно-пространственной среды коммунального комплекса, он составил всего 8,5 % от общей площади города (рис. 3).

В течение 1970–1990 гг. площадь застройки города выросла почти в пять раз, что было вызвано открытием газового месторождения и вводом в эксплуатацию газоперерабатывающего завода в 1974 г. Во всех сферах коммунального комплекса наблюдалось стремительное развитие. Особенно выросло количество зеленых насаждений, что, вероятнее всего, является попыткой реанимации проекта «Город-сад», предложенного еще губернским инженером И.В. Рянгиным. Доля коммунальных территорий достигла показателя 26 %.

Согласно новому Генеральному плану от 11 апреля 2008 г., изменилась функциональная структура ряда производственных объектов коммунального комплекса. Хотя объем производственного комплекса остался на уровне 1970–1990 гг., характер ее использования изменился на общественно-деловую функцию. Примечательно, что площадь рынков и складов выросла в 13 раз по сравнению с периодом 1970–1990 гг. Причиной такой динамики послужила трансформация социально-экономической ситуации после развала СССР в 1991 г. Одновременно площадь кладбищенской зоны выросла в 1,7 раза. Однако, несмотря на негативные последствия социально-экономического кризиса, доля коммунального комплекса в городском пространстве составила 35 % (рис. 4).



Рис. 3. Схемы размещения объектов коммунального комплекса города Оренбурга 1930 и 1950–1969 гг. с выявлением их доли в общем балансе городских территорий
Fig. 3. Layout of facilities of the municipal complex of the city of Orenburg 1930 and 1950–1969 with the identification of their share in the total balance of urban areas



Рис. 4. Схемы размещения объектов коммунального комплекса города Оренбурга 1970 – 1990 гг., 2008 г., современного состояния с выявлением их доли в общем балансе городских территорий
Fig. 4. Layout of the municipal complex of the city of Orenburg 1970–1990, 2008, the current state with the identification of their share in the overall balance of urban areas

При сравнительном анализе городских территорий по годам выявлены соотношения площадей, занятых зонами коммунального и производственного назначения, территориями транспортных и инженерных предприятий, кладбищ, рынков и складов, озеленения. Результаты анализа приведены в таблице.

Полученные площади нужно считать приблизительными, так как генпланы ранних лет являются схемами, и возможности точного масштабирования отсутствуют [7].

Анализ деятельности среды объектов коммунального комплекса и зон специального назначения выявляет в планировочной структуре города изменения, связанные с условиями различного характера.

1871 и 1905 гг. – происходит динамика развития среды зон специального назначения и расширения перечня их функций.

1915 г. – определена тенденция к физическому расширению территорий существующих кладбищ, появлению новых кладбищ (Магометанского и Еврейского), скотомогильников, городских свалок, оружейных складов – происходит расширение территорий среды зон специального назначения.

1930 г. – активное освоение территорий за счет выявления резервов под жилую и общественную застройку на месте взорванных храмов, уничтоженных старых кладбищ и скотомогильников (скотомогильники, городская свалка, пороховые склады, монастырские ком-

Таблица 1. Развитие объектов коммунального комплекса и зон специального назначения с выявлением их доли в общем балансе городских территорий, м²
Table 1. Development of public utilities and special-purpose areas identifying their share in the total balance of urban areas, m²

Год схемы генплана	Общая площадь города	Производственный комплекс	Коммунальный комплекс	Транспортные предприятия	Кладбища	Площади, рынки, склады	Инженерные предприятия	Озеленение
1743	63 402	-	11 521 (18 %)	-	6 220 (9,8 %)	3 493 (5,4 %)	-	1 808 (2,8 %)
1849	96 527	-	15 203 (15,7 %)	-	7 570 (7,84 %)	3 513 (3,63 %)	-	4 120 (4,26 %)
1871	135 787	-	54 314 (40 %)	-	8 484 (6,3 %)	3 514 (2,6 %)	560 (0,4 %)	41 756 (30,7 %)
1905	307 145	-	49 900 (16 %)	2 563 (0,8 %)	9 859 (3,1 %)	11 378 (3,7 %)	1 040 (0,3 %)	25 060 (8,1 %)
1915	349 394	-	65 225 (18 %)	2 703 (0,9 %)	15 983 (свалки 5 247) (4,9 %)	12 741 (3,8 %)	1 200 (0,4 %)	27 351 (8 %)
1930	348 685	-	53 191 (15 %)	1 148 (0,3 %)	3 466 (1 %)	10 753 (3 %)	554 (0,15 %)	37 270 (10,55 %)
1950/1970	441 200	49 470	37 478 (8,5 %)	970 (0,22 %)	3 510 (0,8 %)	6 037 (1,4 %)	559 (0,13 %)	26 402 (5,9 %)
1970/1990	1 728 064	369 706	457 976 (26 %)	3 134 (0,3 %)	6 128 (0,6 %)	8 425 (0,8 %)	9 845 (0,9 %)	375 288 (23,4 %)
2008	2 084 688	306 389	733 687 (35 %)	3 350 (0,16 %)	108 360 (5,2 %)	104 532 (5 %)	9 634 (0,46 %)	507 304 (24,18 %)
2021	2 369 115	133 388	910 319 (38 %)	2 020 (0,08 %)	188 642 (8 %)	244 080 (10,3 %)	8 712 (0,37 %)	456 865 (19,25 %)

плексы отмечены как территории без функционального назначения).

1950-е гг. – город развивается в восточном направлении, и территории стремительно застраиваются жилыми кварталами, развиваются территории, занятые эвакуированными во время войны промышленными объектами.

1970 – 1990-е гг. – происходит резкая динамика развития территорий производственного назначения, активное освоение территорий в южном направлении, рост численности населения. Выделяется новая площадка для массовых захоронений в северо-восточной части города. Столь глобальные изменения были связаны с открытием газовых месторождений в 1978 г.

2000-е гг. – сокращение площадей производственного назначения, замена их общественными, торговыми и складскими функциями. Увеличение городских рекреационных пространств, освоение новых земель под жилищное строительство (пригородные поселки).

2008 г. – дальнейшее сокращение производственных зон, расширение зон под массовую жилую застройку (северо-восточное направление, пойменные территории), расширение зон специального назначения – кладбищенского комплекса.

Общее исследование современной архитектурно-пространственной структуры города выявляет устойчивые процессы деградации коммунальных инфраструктурных зон и сферы производства, сопровождающиеся сменой их функций на общественно-деловую. Между тем статистические данные регионального управления «Оренстат» указывают на достижение исторического максимума объемов жилищного строительства за минувшие 25 лет: в 2015 г. введено в эксплуатацию свыше 1 млн. 152 тыс. м² жилья. В последние годы активнее всего развивается застройка северо-восточного направления, а начиная с 2018 г. интенсивно осваивается пойма реки Урал на насыпных грунтах. Эти мероприятия приводят к постепенному разрушению зеленого каркаса города, заложенного еще И.В. Рянгиным, и косвенно стали причиной, усугубившей паводок весны 2024 г. Увеличивается площадь городского кладбищенского комплекса (2019-2024 гг. – последствия пандемии и Специальной военной операции).

Параллельно наблюдается существенное повышение показателей качества городской среды, что является следствием успешной реализации целевых государственных программ, таких как федеральная программа «Комфортная городская среда» и национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги». Также можно выделить постановле-

ние администрации города Оренбурга от 10 октября 2019 г. № 2910-п об утверждении Федерального закона «Комплексное развитие жилищно-коммунального хозяйства, благоустройства и реализации жилищной политики на территории муниципального образования город Оренбург».

Целевые параметры территориального планирования, утвержденные генеральным планом развития города Оренбурга до 2043 г., относительно зон производственного и коммунального назначений, включают: упорядочение существующей функционально-планировочной структуры, сохранение промышленных территорий в целях последующей реконструкции путем создания промышленных и индустриальных парков, передислокацию существующих производственных и коммунально-складских объектов, которые не соответствуют условиям размещения в составе жилых территорий [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иконников А.В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве. М.: КомКнига, 2006. 352 с.
2. Ахмедова Е.А., Галахов С.И. Принципы формирования архитектурно-планировочной структуры офисно-деловых центров в исторической застройке крупнейших городов // Градостроительство и архитектура. 2014. №1(14). С. 6–12. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.1.
3. Аюкасова Л.К., Воронцова О.Н. Этапы исторического и градостроительного развития города Оренбурга // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 2(35). С. 142–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.19.
4. Бердская слобода. История основания и развития Оренбурга [Электронный ресурс]. URL: <http://berdskasloboda.ru> (дата обращения: 09.08.2024).
5. Смирнов С. 1734-1917 гг.: Построить «великий город-крепость» [Электронный ресурс]. URL: http://www.orenburg.ru/town/history/a1734_1917_build_a_quot_great_fortress_city_quot/index.php (дата обращения: 12.10.2023).
6. История основания и развития города Оренбурга [Электронный ресурс]. URL: <http://orenburg.rfn.ru> (дата обращения: 15.08.2024).
7. Это место. Старые карты Оренбурга и Оренбургской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.etomesto.ru> (дата обращения: 04.10.2023).
8. Постановление правительства Оренбургской области № 454-пп от 2024-05-21 «Об утверждении генерального плана муниципального образования город Оренбург Оренбургской области» [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.orb.ru/main/show/17306> (дата обращения: 16.10.2024).

REFERENCES

1. Ikonnikov A.V. *Prostranstvo i forma v arhitekture i gradostroitel'stve* [Space and form in architecture and urban planning]. Moscow, 2006. 352 p.
2. Akhmedova E.A., Galakhov S.I. Principles of the formation of the architectural and planning structure of office and business centers in the historical buildings of the largest cities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2014, no. 1(14), pp. 6–12. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.1
3. Ayukasova L.K., Vorontsova O.N. Stages of historical and urban development of the city of Orenburg. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2(35), pp. 142–148. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.19
4. *Berdsкая Sloboda. The history of the foundation and development of Orenburg*. Available at: <http://berdskasloboda.ru> (accessed 09 August 2024).
5. Smirnov S. 1734-1917: Build a "great fortified city". Available at: http://www.orenburg.ru/town/history/a1734_1917_build_a_quot_great_fortress_city_quot/index.php (accessed 12 October 2023).
6. *History of the foundation and development of the city of Orenburg*. Available at: <http://orenburg.rfn.ru> (accessed 15 August 2024).
7. *This place. Old maps of Orenburg and Orenburg region*. Available at: <http://www.etomesto.ru> (accessed 04 October 2023).
8. *Resolution of the Government of the Orenburg Region No. 454-pp dated 2024-05-21 "On approval of the master plan of the municipal formation of the city of Orenburg, Orenburg Region"*. Available at: <https://pravo.orb.ru/main/show/17306> (accessed 16 October 2024).

Об авторах:

АЮКАСОВА Лариса Камиловна

доцент кафедры архитектуры
Оренбургский государственный университет
460000, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: ayulara@mail.ru

AYUKASOVA Larisa K.

Associate Professor of the Architecture Chair
Orenburg State University
460000, Russia, Orenburg, Pobedy av., 13
E-mail: ayulara@mail.ru

ВОРОНЦОВА Олеся Николаевна

доцент кафедры архитектуры
Оренбургский государственный университет
460000, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: belaya_vorona_07@mail.ru

VORONTSOVA Olesya N.

Associate Professor of the Architecture Chair
Orenburg State University
460000, Russia, Orenburg, Pobedy av., 13
E-mail: belaya_vorona_07@mail.ru

ЛЕКАРЕВА Нина Афанасьевна

кандидат архитектуры, профессор кафедры
градостроительства
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: nalec1950@bk.ru

LEKAREVA Nina Af.

PhD in Architecture, Professor
of the Urban Planning Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: nalec1950@bk.ru

Для цитирования: Аюкасова Л.К., Воронцова О.Н., Лекарева Н.А. Закономерности исторического развития объектов коммунального комплекса города Оренбурга // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 142–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.19.

For citation: Ayukasova L.K., Vorontsova O.N., Lekareva N.A. Patterns of historical development of objects of the municipal complex of the city of Orenburg. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 142–148. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.19.

Принята: 10.04.2025 г.

И. И. БАРБАРОВ
А. В. АНТЮФЕЕВ

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ КВАРТАЛЫ: НОВЫЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ

ENERGY-EFFICIENT NEIGHBORHOODS: NEW URBAN PLANNING APPROACHES

В статье представлен всесторонний анализ основ энергоэффективности: ключевые понятия, современные технологии и методы, применяемые в градостроительстве. Основное внимание уделено современным подходам и технологиям, способствующим повышению энергоэффективности кварталов, а также анализу международного опыта и лучшим практикам. Рассмотрены существующие правовые рамки в Российской Федерации, определен термин «градостроительная энергоэффективность». В результате исследования сформулированы рекомендации для проектировщиков, направленные на эффективное внедрение принципов энергоэффективности в проектирование. Также предложено эффективное объемно-планировочное решение квартала.

Ключевые слова: энергоэффективность, показатели энергоэффективности, современные подходы, передовой опыт, законодательная база, современный квартал, энергоэффективный квартал

Введение

В условиях исчерпания природных ресурсов и постоянного роста цен на энергоресурсы вопрос энергоэффективности становится особенно актуальным, что подтверждает распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года».

Устойчивая тенденция увеличения энергопотребления в стране, с небольшими колебаниями, обусловленными кризисными явлениями, такими как пандемия COVID-19, продолжается, несмотря на цикличность и краткосрочные спады (рис. 1), что подчеркивает важность решения проблемы энергоэффективности и перехода к энергоэффективному потреблению в том числе и городского хозяйства. Современные подходы к проектированию жилых кварталов требуют интеграции инновационных технологий и методик, которые обеспечивают более рациональное использование энергоресурсов.

The article presents a comprehensive analysis of the fundamentals of energy efficiency, including key concepts, modern technologies, and methods applied in urban planning. Special attention is given to contemporary approaches and technologies that enhance the energy efficiency of neighborhoods, as well as to the analysis of international experience and best practices. The existing legal framework in the Russian Federation and the term “urban energy efficiency” are examined. As a result of the research, recommendations for designers are formulated to facilitate the effective integration of energy efficiency principles into project development. An effective spatial and planning solution for a neighborhood is also proposed.

Keywords: energy efficiency, energy efficiency indicators, modern approaches, best practices, legal framework, modern neighborhood, energy-efficient neighborhood

В России, где значительная часть жилого фонда нуждается в модернизации, исследование современных подходов к энергоэффективному проектированию имеет особое значение. Необходимость создания комфортной и экологически чистой городской среды становится приоритетом для местных властей и проектировщиков.

Энергоэффективность экологически безопасна и экономически выгодна [1], поскольку способствует снижению затрат на коммунальные услуги и имеет непосредственное влияние на экологическую устойчивость городов, улучшение качества жизни населения и повышение конкурентоспособности городских проектов.

Изучение теоретической базы энергоэффективности и современные подходы к проектированию позволяют выявить лучшие практики и адаптировать их к российским реалиям [2, 3], это способствует развитию более устойчивой и комфортной среды.

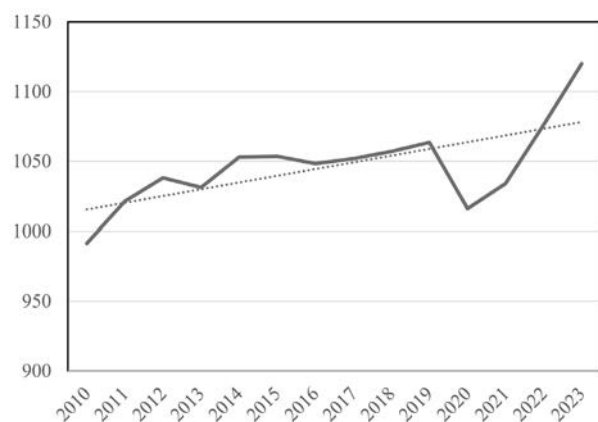


Рис. 1. Энергопотребление в России, млрд кВт·ч
Fig. 1. Energy consumption in Russia, billion kWh

Понятие энергоэффективности в городском планировании

Городское планирование является основой в стремлении к устойчивому развитию, а энергоэффективность становится важнейшим компонентом этой парадигмы [4]. Необходимость развития научных исследований в данном направлении закреплена на государственном уровне: энергоэффективность, энергоснабжение и ресурсосбережение включены в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и в перечень критических технологий в Российской Федерации [5].

Энергоэффективность подразумевает оптимизацию потребления энергии в различных секторах, что способствует снижению затрат, уменьшению выбросов парниковых газов и сохранению природных ресурсов. В данном контексте важно четко определить, что именно мы понимаем под термином «энергоэффективность» для разработки эффективной стратегии и мер, направленных на ее повышение.

Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ гласит, что энергетическая эффективность включает характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю [6].

Применяемый термин «энергетическая эффективность» относительно градостроительства представляет собой соотношение полезного эффекта использования энергетических ре-

сурсов и затрат на их производство в контексте проектирования, строительства, эксплуатации зданий и инфраструктуры и охватывает следующие ключевые характеристики.

1. *Проектирование.* Этап проектирования занимает ключевую роль в энергоэффективности. Зависимость энергоэффективности от архитектурного решения нельзя преувеличить. При проектировании решаются такие вопросы, как оптимальная ориентация объекта, использование энергоэффективных материалов, системы вентиляции и отопления, теплоизоляция.

2. *Управление ресурсами.* Административные органы должны корректно и комплексно распоряжаться энергетическими ресурсами, минимизируя потери на их доставку конечному потребителю. Необходимо постоянно вести мониторинг и разработку градостроительных норм и стандартов, направленных на снижение энергетических затрат и повышение комфорта жителей.

3. *Технологические процессы.* Применение передовых технологий, таких как умные системы управления энергопотреблением, позволяющие собирать и анализировать данные, способствует эффективному контролю над энергетическими ресурсами. Внедрение возобновляемых источников энергии, полученных из природных источников, которые пополняются со скоростью, превышающей скорость её потребления.

4. *Экономические и экологические аспекты.* Снижение потребления энергии позволяет снизить эксплуатационные расходы городского хозяйства, что в свою очередь благоприятно сказывается на формировании конечной цены для потребителя. Повышение энергетической эффективности приводит к уменьшению выбросов парниковых газов и минимизации негативного воздействия на климат [7].

Энергетическая эффективность в градостроительстве является важным критерием для оценки экономической целесообразности проектов и их воздействия на экологию и качество жизни населения.

Основная законодательная база в области энергоэффективности

В России существует несколько законодательных актов, направленных на повышение энергоэффективности, охватывающих различные аспекты градостроительства, включая проектирование, строительство, эксплуатацию зданий и инфраструктуры. основополагающим актом в сфере энергетической политики страны является Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности,

и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ, направленный на создание правовой базы для реализации мер по повышению энергоэффективности в различных секторах экономики, включая градостроительство.

Ключевым элементом закона являются требования к энергоэффективности для застройщиков и проектировщиков, что включает разработку технических условий для проектирования и строительства объектов недвижимости с учетом современных стандартов энергосбережения, а также составление градостроительных планов, учитывающих потенциал использования возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий.

Федеральный закон «О техническом регулировании», принятый в 2002 году, устанавливает нормы по соблюдению минимальных требований к теплоизоляции и системам отопления, предполагая использование современных технологий и материалов, в частности применение высокоэффективных систем отопления, позволяющих значительно сократить потребление энергии. Вводит нормы для использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветрогенераторы, создавая основу для интеграции возобновляемых технологий в проектирование новых объектов, модернизацию существующей инфраструктуры.

СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» выполняет роль регулирования энергоэффективности в строительстве, определяет требования к теплоизоляции, включая показатели теплопроводности строительных материалов и толщину теплоизоляционных слоев. Стандарт устанавливает нормы для проектирования оболочек зданий, учитывающие климатические условия и эксплуатационные характеристики. Предоставляет рекомендации по выбору эффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования, направленные на оптимизацию работы инженерных систем.

ГОСТ 31427-2010 «Здания жилые и общественные. Состав показателей энергоэффективности» устанавливает перечень параметров, которые позволяют оценить, насколько эффективно здания используют энергию для обеспечения комфортного микроклимата, горячего водоснабжения и прочих нужд.

ГОСТ Р 54862-2011 «Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания» предлагает методы оценки того, как технологии автоматизации и управления зданием (например системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, освещения) влияют на его энергоэффективность.

Основные показатели энергоэффективности в градостроительстве

Основные показатели отражают эффективность использования энергии городом, его устойчивость, экологичность и эффективность использования городской территории.

1. Эффективность использования городской территории:

- плотность застройки (зданий на км²);
- плотность населения (людей на км²);
- тип планировочной организации застройки;
- форма периметра здания.

2. Экологичность:

▪ доля озеленённых территорий, включая парки, скверы, зелёные крыши и другие объекты (м²/чел.);

▪ процент использования возобновляемых источников энергии (% от общего энергопотребления);

▪ удельные выбросы парниковых газов (кг СО₂ на кВт·ч);

▪ доля отходов, перерабатываемых в энергию или используемых повторно, снижение энергозатрат на утилизацию (% нулевых отходов).

3. Устойчивость:

▪ доля объектов, использующих умные системы мониторинга и управления потребления энергии – % зданий или инфраструктуры;

▪ энергоёмкость подачи и обработки воды в городе, включая использование технологий, снижающих потери и повторное использование воды (кВт·ч на кубометр поданной воды);

▪ интенсивность использования общественного транспорта (поездки на человека в год);

▪ количество энергии, потребляемой на отопление, охлаждение, освещение и другие нужды, на единицу площади зданий в городе (кВт·ч/м² в год).

Современные подходы

Решение проблем, связанных с ростом потребления энергии в городах, требует стратегического и комплексного подхода к городскому планированию [8]. Повышение энергоэффективности в градостроительстве ориентировано на минимизацию энергозатрат, создание устойчивой городской среды и сокращение углеродного следа. Для достижения целей авторами предлагаются следующие подходы:

1. Использование современных материалов.

Современные материалы создаются с энергоэффективным запросом, соответственно их использование необходимо для существенного снижения теплопотерь. Примерами служат:

- энергоэффективные теплоизоляционные материалы;
- теплосберегающие стеклопакеты;
- фасадные системы с вентиляционным зазором.

2. *Пассивное проектирование.* Получение максимальной энергетической выгоды от использования естественных источников энергии. Примерами служат:

- использование естественной вентиляции;
- аккумулирование тепловых масс;
- ориентация объектов для максимального использования солнечного света зимой и защиты от перегрева летом [9].

3. *Возобновляемые источники энергии.* Примерами локальных возобновляемых источников энергии служат:

- геотермальные источники (система для извлечения тепловой энергии из недр Земли с целью её использования для теплоснабжения или производства электроэнергии);
- ветряная электростанция;
- солнечные панели.

4. *Умные энергосистемы.* Применение технологий умных систем, позволяющих мониторить и оптимизировать энергопотребление. Примерами служат:

- система «умный дом», контролирующая отопление, освещение и кондиционирование здания;
- системы хранения излишков энергии.

5. *Зеленая инфраструктура* Включение природных элементов в городскую среду для повышения энергоэффективности [10]:

- озеленение крыш и фасадов объектов;
- развитие городских зеленых зон;
- водоудерживающие системы для управления стоком воды и снижения расходов на водоснабжение [11].

6. *Транспортная инфраструктура.* Инфраструктура, способствующая снижению использования личного транспорта:

- электрический общественный транспорт;
- велоинфраструктура;
- каршеринг.

7. *Инженерные сети.* Для энергоэффективной застройки критически важна минимизация теплопотерь инженерных сетей, составляющих значительную часть эксплуатационных затрат зданий [12]. Примерами служат:

- использование современных материалов при проектировании инженерных сетей;
- сокращение длины инженерных коммуникаций.

8. *Умные города.* Интеграция цифровых технологий для управления и мониторинга энергоэффективности на уровне города:

- датчики и мониторинг в реальном времени для отслеживания энергопотребления и адаптации системы к изменениям;

- разработка энергетических карт для оптимизации потребления ресурсов и выработки на уровне целого города.

Эти подходы в комплексе способствуют значительному снижению энергозатрат, увеличению устойчивости городов к изменению климата и улучшению качества жизни городских жителей.

Эффективное объемно-планировочное решение квартала

Эффективное объемно-планировочное решение квартала – это комплексный подход к организации пространства, позволяющий создавать энергоэффективную среду. Выделены следующие методы:

1. Ориентация здания по сторонам света позволяет максимально использовать естественное освещение и солнечное тепло.

2. Плотность и расположение застройки позволяют:

- уменьшить теплопотери за счёт компактной застройки. Площадь наружных стен относительно объёма зданий уменьшается, что снижает общую поверхность, через которую происходят теплопотери;

- защитить здание от ветра за счёт близкого расположения зданий друг к другу, создавая своеобразный «ветровой экран», уменьшая интенсивность ветрового воздействия на отдельные объекты, что снижает теплопотери из-за уменьшения продувания стен и крыш.

3. Вид и форма здания позволяют снизить теплопотери: компактная форма здания (например кубическая) имеет меньше поверхности наружных стен на единицу площади внутреннего пространства.

4. Озеленение территории позволяет:

- снизить тепловые нагрузки за счёт дополнительной тени, уменьшая нагрев зданий (включая кровлю) и дорожных покрытий [13];

- снизить температуру окружающей среды за счёт испарения влаги, формируя комфортный микроклимат;

- уменьшить ветровые нагрузки, создавая естественные барьеры;

- стабилизировать температуру окружающей среды: покрытая растительностью почва аккумулирует меньше тепла днём и отдаёт его более равномерно ночью, чем асфальт или бетон;

- сократить затраты на инфраструктуру, снижая нагрузку на системы ливневой канали-

зации путём естественного поглощения дождевых вод.

5. Энергоэффективные технологии в застройке, такие как солнечные панели и ветряные мельницы, позволяют сделать её автономной.

6. Включение водных поверхностей в застройку даёт возможность охлаждать воздух и направлять его внутрь здания через естественную вентиляцию, шахты или вентиляционные каналы.

Примером энергоэффективного квартала служит работа А.В. Антюфеева и С.В. Корниенко в г. Волжский (рис. 2).

Международная практика

В зарубежных странах возводится большое количество энергоэффективных пассивных и активных зданий. В современных экономических условиях длительное сохранение разрыва в уровнях энергетической эффективности с передовыми странами недопустимо [14].

Куритиба – столица штата Парана на юге Бразилии с населением почти два миллиона человек и площадью 432 км². Система скоростного автобусного сообщения (BRT) в городе (рис. 3) –

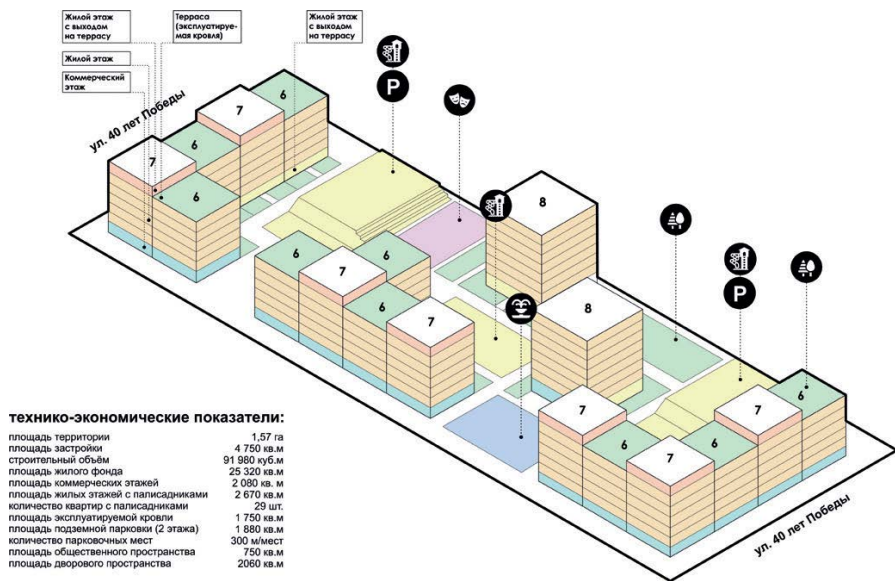


Рис. 2. Энергоэффективный квартал в г. Волжский
Fig. 2. Energy-efficient quarter in Volgzhsky



Рис. 3. Способ организации автобусного сообщения (BRT)
Fig. 3. Bus Service Organization Method (BRT)

важный элемент комплексного планирования эффективного общественного транспорта, который интегрируется с планированием землепользования [15].

Успех Куритибы в этом направлении обусловлен своевременным применением комплексного подхода и учетом взаимосвязи между транспортом, землепользованием и энергоэффективностью.

Копенгаген, столица Дании, мировой лидер в области устойчивого городского развития и энергоэффективного планирования. Городская политика направлена на сокращение углеродных выбросов и создание комфортной городской среды для жителей. Рассмотрим ключевые программы и законы, которые подчеркивают успехи Копенгагена в этой области.

1. Программа поддержки велосипедистов. Программа берет свое начало с 1980-х гг. Инвестиции города в велосипедную инфраструктуру рекордно снизили использование личного автомобильного транспорта. Качественная велосипедная инфраструктура (рис 4) сократила выбросы углекислого газа [16], загрязнение воздуха и шум

и положительно повлияла на здоровье жителей. Администрация города задалась целью реализовать модель: 25 % передвижений осуществляется пешком, 25 % – на велосипеде, по 25 % – на автомобилях и общественном транспорте.

2. Стратегия углеродной нейтральности. Задача – сократить выбросы углекислого газа на 20 % по сравнению с 2005 г. Углеродная нейтральность достигается при помощи комплексного подхода, включающего внедрение возобновляемых источников энергии, развитие общественного транспорта, развитие комфортной велоинфраструктуры и повышение энергоэффективности зданий.

3. Законодательная база. В Дании существует строгая нормативная база для энергоэффективности зданий. Строительные нормы требуют, чтобы новые здания соответствовали высоким стандартам изоляции и использованию возобновляемых источников энергии.

4. Система централизованного отопления Большого Копенгагена. Система позволяет централизовать места выбросов газов в атмосферу и мониторить их фильтрацию. В систему горя-



Рис. 4. Схема велодорожек. Копенгаген, Дания

Fig. 4. Cycle path layout. Copenhagen, Denmark

чего водоснабжения были внедрены возобновляемые источники энергии, такие как мусоросжигательные заводы, побочным эффектом которых является выработка тепловой и электроэнергии.

Применение энергоэффективных технологий в застройке на примере дома по адресу Havensteinstraße, 20, 12249 Berlin, Германия, демонстрирует успешное внедрение энергоэффективных технологий. Этот объект стал примером сочетания экологического проектирования, современных строительных решений и инженерных систем. Основные принципы энергоэффективности, реализованные в проекте: эффективная теплоизоляция, энергоэффективные окна, использование возобновляемых источников энергии на кровле и фасадах (рис 5, 6), системы вентиляции с рекуперацией тепла, умные системы управления и экологические материалы [17].

Благодаря перечисленным мерам дом на Havensteinstraße, 20 соответствует строгим европейским стандартам энергоэффективности. Он обеспечивает комфортное проживание, экономит ресурсы и снижает эксплуатационные расходы для жильцов.



Рис. 5. Солнечные батареи на кровле
Fig. 5. Solar panels on the roof



Рис. 6. Солнечные батареи на торцах
Fig. 6. Solar panels at the ends

Заключение

Энергоэффективное проектирование жилых кварталов является важной частью устойчивого развития городской среды, что подтверждается анализом отечественного и зарубежного опыта. Установлено, что интеграция энергоэффективных технологий, экологически чистых решений и современных градостроительных подходов обеспечивает снижение энергопотребления, улучшение качества жизни и повышение экологической безопасности.

В результате исследования:

1. Установлено понятие энергоэффективного жилого квартала, которое включает в себя принципы устойчивого проектирования и эксплуатации.

2. Проведен комплексный анализ отечественного и зарубежного опыта, что позволило выявить ключевые подходы и лучшие практики, доказавшие свою эффективность.

3. Определены градостроительные подходы, направленные на оптимизацию использования ресурсов, развитие комфортной среды и поддержку устойчивого развития городской среды.

4. Разработаны подходы к проектированию энергоэффективного квартала, основанные на интеграции энергосберегающих технологий и экологически чистых решений.

Эффективное проектирование, основанное на актуальных нормативных требованиях и современных научных исследованиях, позволяет создавать здания и инфраструктуру, соответствующие вызовам времени и потребностям общества.

Внедрение новых стандартов и программ, таких как Федеральный закон «Об энергосбережении», подчеркивает важность комплексного подхода к решению задач в области энергосбережения. Эти инициативы стимулируют развитие инновационных технологий и устойчивых практик, что, в свою очередь, способствует не только экономии ресурсов, но и охране окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Iram R., Zhang J., Erdogan S., Abbas Q., Mohsin M. Economics of energy and environmental efficiency: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. N. 27. pp. 3858–3870.
2. Посашков М.В., Немченко В.И. Системный подход к моделированию автоматизированной системы контроля и учёта тепловой энергии // *Градостроительство и архитектура*. 2019. Т.9, № 3. С. 40–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.6.
3. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Беляков И.Г. Оценка теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций здания гостиницы

мужского монастыря // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 4. С. 72–80. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.9.

4. Bai H., Li N. Exploring green economic efficiency trends in dominant chinese urban agglomerations: a super-efficient SBM model approach. *Journal of the Knowledge Economy*. 2023. pp. 1–24.

5. Катен М.А., Абакумов Р.Г. Градостроительные аспекты повышения энергоэффективности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1(6). С. 81–85.

6. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 13.06.2023) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

7. Bibri S.E. The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions. *Energy Informatics*. 2020. N. 3(1). pp. 1–26.

8. Hoang A.T., Nguyen X.P. Integrating renewable sources into energy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainable process. *Journal of Cleaner Production*. I. 305. P. 127161.

9. Антюфеев А.В., Птичникова Г.А. Умный город, архитектура и человек // Социология города. 2019. № 2. С. 6–13.

10. Корниенко С.В. Биомиметика: идеи, вдохновлённые природой // Социология города. 2021. № 4. С. 27–38.

11. Антюфеев А.В., Корниенко С.В. Инновационный энергоэффективный квартал «Волжские дворики» // Academia. Архитектура и строительство. 2022. № 4. С. 115–122. DOI: 10.22337/2077-9038-2022-4-115-122.

12. Корниенко С.В. Зелёное строительство – комплексное решение задач энергоэффективности, экологии и экономики // Энергосбережение. 2017. № 3. С. 22–28.

13. Абакумов Р.Г., Просяник О.С. Инновационные основы управления оптимальным вариантом воспроизводства городской территории // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2014: сборник статей. М., 2014. С. 122–125.

14. Klein G., Zanon P. 5 Successes and challenges of densification strategies in Curitiba. Brazil. *Densifying the City: Global Cases and Johannesburg*. P. 63.

15. State of Green. Sustainable Urban Transportation: Creating green liveable cities. State of Green. 2016. 13 p.

16. Киберт К. Дж. Устойчивое строительство: проектирование и строительство «зеленых» зданий. Хобокен: Wiley, 2016. 100 с.

REFERENCES

1. Iram R., Zhang J., Erdogan S., Abbas Q., Mohsin M. Economics of energy and environmental efficiency: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. N. 27. P. 3858–3870.

2. Posashkov M.V., Nemchenko V.I. Systematic approach to modeling an automated system for monitoring and accounting for thermal energy. *Gradostroitel'stvo*

i arhitektura [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9, no. 3, pp. 40–49. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.6

3. Vytychikov Yu.S., Saparev M.E., Belyakov I.G. Assessment of thermal protection characteristics of building enclosing structures of the hotel building of the monastery. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 72–80. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.9

4. Bai H., Li N. Exploring green economic efficiency trends in dominant chinese urban agglomerations: a super-efficient SBM model approach. *Journal of the Knowledge Economy*. 2023. P. 1–24.

5. Katen M.A., Abakumov R.G. Urban planning aspects of energy efficiency improvement. *Innovacionnaja jekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya* [Innovative economy: prospects for development and improvement], 2015, no. 1(6), pp. 81–85. (in Russian)

6. Federal Law of 23.11.2009 N. 261-FZ (as amended on 13.06.2023) “On energy saving and on improving energy efficiency, and on amending certain legislative acts of the Russian Federation”.

7. Bibri S.E. The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions. *Energy Informatics*. 2020. N. 3(1). P. 1–26.

8. Hoang A.T., Nguyen X.P. Integrating renewable sources into energy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainable process. *Journal of Cleaner Production*. I. 305. P. 127161.

9. Antyufeev A.V., Ptichnikova G.A. Smart city, architecture and man. *Sociologiya goroda* [Sociology of the City], 2019, no. 2, pp. 6–13. (in Russian)

10. Kornienko S.V. Biomimetics: ideas inspired by nature. *Sociologiya goroda* [Sociology of the City], 2021, no. 4, pp. 27–38. (in Russian)

11. Antyufeev A.V., Kornienko S.V. Innovative energy-efficient quarter “Volga courtyards”. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2022, no. 4, pp. 115–122. (in Russian) DOI: 10.22337/2077-9038-2022-4-115-122

12. Kornienko S.V. Green construction – a comprehensive solution to the problems of energy efficiency, ecology and economy. *Jenergoberezhenie* [Energy Saving], 2017, no. 3, pp. 22–28. (in Russian)

13. Abakumov R.G., Prosyaniy O.S. Innovative fundamentals of management of optimal variant of urban area reproduction. *Pokolenie budushhego: Vzglyad molodykh uchenykh – 2014: sbornik statej* [Generation of the Future: The View of Young Scientists – 2014: a collection of articles]. Moscow, 2014, pp. 122–125. (In Russian).

14. Klein G., Zanon P. 5 Successes and challenges of densification strategies in Curitiba. Brazil. *Densifying the City: Global Cases and Johannesburg*. P. 63.

15. State of Green. Sustainable Urban Transportation: Creating green liveable cities. State of Green. 2016. 13 p.

16. Kibert K. Dzh. *Uстойчивое строительство: проектирование и строительство «зеленых» зданий* [Sustainable Building: Designing and Building Green Buildings]. Hoboken, Wiley, 2016. 100 p.

Об авторах:

БАРБАРОВ Иван Иванович

аспирант, ассистент кафедры урбанистики
и теории архитектуры
Волгоградский государственный технический
университет
400005, Россия, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28
E-mail: barbarovov_ivan@mail.ru

АНТЮФЕЕВ Алексей Владимирович

кандидат архитектуры, профессор,
заведующий кафедрой урбанистики
и теории архитектуры, академик РААСН
Волгоградский государственный технический
университет
400005, Россия, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28;
ведущий научный сотрудник
ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»
119331, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 29
E-mail: antyufeev_a@mail.ru

BARBAROV Ivan Iv.

Post-graduate Student, Assistant of the Urban Studies
and Theory of Architecture Chair
Volgograd State Technical University
400005, Russia, Volgograd, Lenin av., 28
E-mail: barbarovov_ivan@mail.ru

ANTYUFEEV Alexey V.

PhD of Architecture, Professor, Head of the Urban Studies
and Theory of Architecture Chair, Academician of
RAASN
Volgograd State Technical University
400005, Russia, Volgograd, Lenin av., 28
Leading Researcher, FSBI TsNIIP of the Ministry of
Construction of Russia
119331, Russia, Moscow, pr. Vernadsky, 29
E-mail: antyufeev_a@mail.ru

Для цитирования: Барбаров И.И., Антюфеев А.В. Энергоэффективные кварталы: новые градостроительные подходы // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 149–157. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.20.
For citation: Barbarov I.I., Antyufeev A.V. Energy-efficient neighborhoods: new urban planning approaches. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 149–157. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.20.

Принята: 20.02.2025 г.

Е. М. ЗАСЛАВСКИЙ
А. Ю. ЗАСЛАВСКАЯ
Д. А. ПАНФИЛОВ

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО ЗАВОДА ИМЕНИ МАСЛЕННИКОВА В САМАРЕ

KEY ASPECTS OF RESIDENTIAL PLANNING ON THE TERRITORY OF THE FORMER PLANT NAMED AFTER MASLENNIKOV IN SAMARA

Рассматриваются социальные, градостроительные, экологические, экономические рычаги для формирования нового жилого района с инфраструктурой, соответствующей современным потребностям горожан. Особое внимание уделяется вопросам реконструкции и адаптации промышленной инфраструктуры для нужд жилого строительства, а также необходимости создания комфортной городской среды для будущих жителей. Представлены исторические данные об эволюции промышленной территории, выбранной для проектирования жилого района. Отмечается необходимость наличия территориальных ресурсов для разумного обоснованного размещения жилой, общественной и пешеходно-транспортной инфраструктуры. Показаны разные стороны редевелопмента, среди которых возможность приносить доход местному населению, создавать рабочие места и способствовать их социально-экономическому развитию.

Ключевые слова: редевелопмент, урбанизм, пром-зона, планирование, жилой район

Social, urban planning, environmental, economic levers are considered to form a new residential area with infrastructure that meets the modern needs of citizens. Particular attention is paid to the reconstruction and adaptation of industrial infrastructure for the needs of residential construction, as well as the need to create a comfortable urban environment for future residents. Historical data on the evolution of the industrial area selected for the design of the residential area is presented. There is a need for territorial resources for reasonable reasonable placement of residential, public and pedestrian transport infrastructure. Different aspects of redevelopment are shown, including the ability to generate income for the local population, create jobs and contribute to their socio-economic development.

Keywords: redevelopment, urbanism, industrial zone, planning, residential area

Градостроительная наука разрабатывает новые концепции градостроительного развития, выводящие агломерации на постиндустриальный этап организации, – кластерные стратегии развития, агломерирование территорий, деиндустриализация, редевелопмент, «экологический урбанизм», «устойчивое территориальное развитие», «точки роста» как полюсное развитие урбанизированных территорий [1].

Создание новой точки роста в Самаре за счет проекта развития территории бывшего Завода имени Масленникова (ЗИМ) и прилегающих прибрежных территорий р. Волги позволяет частично смягчить разрастание города.

Исторически рассматриваемая площадка развивалась как промышленная территория. С начала XX века здесь располагался Трубочный завод, который со временем превратился

в Завод имени Масленникова, проработавший до 90-х годов XX века и, не пережив перестроечного периода, перестал существовать как промышленное предприятие [2].

Территория предприятия, ранее входившего в ВПК (военно-промышленный комплекс) страны, постепенно «дичала» – большинство корпусов по разным причинам и в разные периоды было разрушено – и в течение 20 или более лет представляла собой свалку строительного мусора и абсолютно деградировавшую территорию, вычеркнутую с карт города, несмотря на то, что географически – это центр города, примыкающий к самым популярным и густонаселенным районам городской застройки (рис. 1–3).

В соответствии с устоявшейся и логичной для центров городов тенденцией эта территория навсегда перестала быть промышленной



Рис. 1. Общий вид территории бывшего Завода имени Масленикова
Fig. 1. General view of the territory of the former Maslennikov Plant



Рис. 2. Руинированные объекты ЗИМ в Самаре
Fig. 2. Ruined ZIM facilities in Samara



Рис. 3. Арт-объекты советского периода на территории ЗИМ
Fig. 3. Art objects of the Soviet period on the territory of ZIM

и начала полноценно перерождаться в территорию нового жилого района.

С точки зрения современных принципов развития городских территорий более интересным и жизнеспособным является вариант не просто монофункционального, а многофункционального жилого района, с хорошо развитой транспортной и социальной инфраструктурой и даже с обеспеченностью рабочими местами за счет размещения коммерческих объектов и обеспечения общего на рассматриваемой территории принципа – «Работаю. Живу. Отдыхаю» [3, 4].

Территория занимает примерно 50 га. Неоднократно проводимые архитектурные конкурсы, в том числе международные, подтолкнули общественность и подтолкнули бизнес и власть к принятию решений о начале проектирования и застройки территории бывшего Завода имени Масленникова.

Как известно, существует два основных подхода к освоению участков, где находилось промышленное производство:

- Первый – полное освобождение территории, снос всех существующих объектов и застройка «с нуля» жильем и коммерческими площадями.

- Второй – реконструкция и модернизация зданий и коммуникаций, а также их дальнейшее использование [5].

Для рассматриваемой площадки более актуальным является первый вариант, так как 90 % существующих цехов было частично демонтировано, частично разрушено в период 2000–2020 гг.

Социальные опросы жителей Самары (открытые источники) выявили серьезные недостатки организации городской среды для жизни, работы и отдыха населения. Только 13 % жителей удовлетворены комфортностью проживания (жилья); 82 % жителей не удовлетворены качеством городской среды. Среди других вопросов жители указали следующее:

- 82 % не удовлетворены чистотой города;
- 70 % не довольны транспортной инфраструктурой;
- 50 % считают город недостаточно озеленным и благоустроенным;
- 35 % указали на нехватку доступных спортивных объектов;
- 20 % считают городскую среду, не ориентированную на детей, небезопасной;
- 10 % обратили внимание на нехватку крупных мероприятий и площадок для их проведения.

Рейтинг недостающих объектов инфраструктуры «Каких объектов инфраструктуры недостаточно в месте вашего проживания?»:

- 33 % – спортивная инфраструктура;

- 24 % – парки, театры, скверы, детские площадки;

- 21 % – театры, музеи, выставки, клубы по интересам;

- 20 % – детские сады, детские клубы;

- 12 % – поликлиники, больницы, лаборатории;

- 9 % – кино, боулинги, клубы;

- 5 % – школы, лицеи, гимназии.

При оценке городской инфраструктуры, в том числе ландшафта для использования его в целях организации жилых, общественных и рекреационных территорий, учитывался целый ряд важных аспектов: функциональный, санитарно-гигиенический, эстетический, технико-экономический, природоохранный, социальный.

В результате опросов были выявлены следующие проблемы:

- дисбаланс размещения жилой и деловой среды;

- сильная удаленность мест приложения труда от места жительства;

- низкий уровень развития общественного транспорта;

- новая застройка осуществляется без учета возможностей транспортной инфраструктуры;

- острый дефицит общественных пространств;

- несоответствие городской среды современным представлениям о благоустройстве.

Сегодня в творчестве архитекторов, урбанистов и дизайнеров на первый план выходит индивидуальный язык проектирования, позволяющий создавать неповторимые архитектурно-художественные образы, которых так не хватает современной городской среде [6–10].

Ключевыми принципами планирования территории ЗИМ являются:

- смешанное использование городских территорий, где не менее 30–40 % отдается под общественные функции в каждом районе;

- преимущественная полифункциональность и универсальность пространств, ограниченная монофункциональность (не более 10 % территории каждого района занято монофункциональными участками);

- высокая плотность населения на участке не менее 15 тыс. чел./км²;

- создание эффективной уличной сети, где 25–30 % – доля улиц в балансе территорий (длина улиц на 1 км² порядка 18 км).

Современная ситуация диктует необходимость обновления застройки и использования ценных внутренних и прибрежных территорий в границах городской черты [11] (рис. 4).

Цель работы заключалась в создании концепции градостроительного регулирования



Рис. 4. Схема транспортной доступности проектируемого жилого района на территории бывшего ЗИМ

Fig. 4. Layout of transport accessibility of the designed residential area on the territory of the former ZIM

в границах территории бывшего Завода имени Масленникова и территориальных ресурсов по побережью реки Волги, расчета необходимых жилых, общественных и рекреационных территорий, сооружений и устройств, а также их типологии. Более глобальной целью может стать новая модель управления развитием территории и увеличение интеллектуального потенциала города: сохранение лучших, привлечение перспективных.

Реализация намеченных целей представляется возможной за счет создания нового центра города с уникальными средовыми характеристиками, способными составить конкуренцию бизнес-столицам.

Рассмотрены возможности применения основных принципов редевелопмента и их возможные локальные особенности, связанные с местом и временем реализации проекта. Разработка включала изучение международного опыта реализации подобных программ в крупных городах, изучение социальных, экологических, ландшафтных, градостроительных, транспортных условий в городе Самаре, а также формирование рекомендаций для управления использованием этих территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедова Е.А., Лекарева Н.А. Градо-экономические аспекты оценки городских земель с позиции инвестиционной привлекательности // Приволжский научный журнал. 2016. № 4(40). С. 149–154.
2. Синельник А.К. Градостроительная история Самарского края / СамГАСА. Самара, 2000. 192 с.
3. Степанова М.А. Архитектурно-ландшафтная ревитализация в контексте устойчивого развития городских территорий // Устойчивое развитие городской среды: сб. науч. ст. Самара: СамГТУ, 2016. С. 214–217.
4. Вавилова Т.Я. Международный опыт реабилитации депрессивных жилых территорий в интересах устойчивого развития // Архитектон: известия вузов. 2015. № 1(49). С. 4.
5. Ахмедова Е.А. Современный генеральный план города и возможности его реализации в условиях рынка // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 8. С. 6–10.
6. Nan Ellin. Integral Urbanism. Taylor & Francis Group. 2006. 184 p.
7. Thomas Balsley. The Urban Landscape. Spacemaker press. 2001. 84 p.
8. Лисицына А.В. Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 1 // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 106–114. DOI:10.17673/Vestnik.2023.04.14.

9. Лисицына А.В. Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 2 // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 75–83. DOI:10.17673/Vestnik.2024.02.11.

10. Вайтенс А.Г., Штиглиц М.С. Промышленное наследие Санкт-Петербурга XIX – начала XX веков как объекты архитектурного туризма // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 1. С. 154–162. DOI:10.17673/Vestnik.2022.01.20.

11. Advanced architectural design. Columbia Architecture Planning Preservation. 2003. N. 2. P. 76.

REFERENCES

1. Akhmedova E.A., Lekareva N.A. Grado-economic aspects of urban land assessment from the position of investment attractiveness. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2016, no. 4(40), pp. 149–154. (in Russian)

2. Sinelnik A.K. *Gradostroitel'naya istoriya Samarskogo kraja* [Urban planning history of the Samara Territory]. Samara, SamGASA, 2000. 192 p.

3. Stepanova M.A. Architectural and landscape revitalization in the context of sustainable development of urban areas. *Ustoichivoe razvitiye gorodskoj sredy: sb. nauch. st.* [Sustainable development of the urban environment: Sci. scientific. Art.]. Samara, SSTU, 2016, pp. 214–217. (In Russian).

4. Vavilova T.Ya. International experience of rehabilitation of depressed residential areas for sustainable

development. *Arhitekton: izvestiya vuzov* [Architecton: university news], 2015, no. 1(49). P. 4. (in Russian)

5. Akhmedova E.A. The modern master plan of the city and the possibilities of its implementation in the market conditions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Construction], 2010, no. 8, pp. 6–10. (in Russian)

6. Nan Ellin. *Integral Urbanism*. Taylor & Francis Group. 2006. 184 p.

7. Thomas Balsley. *The Urban Landscape*. Space-maker press. 2001. 84 p.

8. Lisitsyna A.V. Small and medium-sized cities of the Nizhny Novgorod Volga region: in search of lost harmony. Part 1. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 106–114. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2023.04.14

9. Lisitsyna A.V. Small and medium-sized cities of the Nizhny Novgorod Volga region: in search of lost harmony. Part 2. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 75–83. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2024.02.11

10. Vaytens A.G., Stiglits M.S. Industrial heritage of St. Petersburg of the XIX - early XX centuries as objects of architectural tourism. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 154–162. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2022.01.20

11. Advanced architectural design. Columbia Architecture Planning Preservation. 2003. N. 2. P. 76.

Об авторах:

ЗАСЛАВСКИЙ Евгений Михайлович

доцент кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sk@samgtu.ru

ZASLAVSKY Evgeny M.

Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: sk@samgtu.ru

ЗАСЛАВСКАЯ Анна Юрьевна

кандидат архитектуры, доцент,
заведующая кафедрой дизайна
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kaf_design@samgtu.ru

ZASLAVSKAYA Anna Yu.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Head of the Design Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: kaf_design@samgtu.ru

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sk@samgtu.ru

PANFILOV Denis Al.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: sk@samgtu.ru

Для цитирования: Заславский Е.М., Заславская А.Ю., Панфилов Д.А. Ключевые аспекты планирования жилого района на территории бывшего Завода имени Масленникова в Самаре // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 158–162. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.21.

For citation: Zaslavsky E.M., Zaslavskaya A.Yu., Panfilov D.A. Key aspects of residential planning on the territory of the former plant named after Maslennikov in Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 158–162. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.21.

Принята: 30.06.2025 г.

Н. С. САПРЫКИНА

**АРХИТЕКТУРНО-ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ЗДАНИЙ ШКОЛ ФЗУ.
ЧАСТЬ 2. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-
ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ (1930-е гг.)****ARCHITECTURAL AND TYPOLOGICAL SPECIFICITY OF THE BUILDINGS
OF FZU SCHOOLS. PART 2. URBAN AND FUNCTIONAL
PLANNING FEATURES (1930s)**

В серии статей [1, часть 1] выявляется специфика архитектуры уникального типа образовательного учреждения советского времени – школы фабрично-заводского ученичества (ФЗУ), которая положила начало формированию системы образования в СССР. Во второй части статьи разбираются возможные варианты размещения зданий школ ФЗУ на территории городов с позиции правительственных установок по интеграции их в общую систему с профильным фабрично-заводским предприятием. Рассматриваются постоянные и переменные компоненты функционально-планировочной структуры разных зданий школ ФЗУ, выявляются особенности пространственной группировки функциональных блоков, а также основные факторы, влияющие на ключевые различия проектов.

Ключевые слова: система профессионального образования, уникальный тип учебного здания СССР, архитектура, здание школы фабрично-заводского ученичества (ФЗУ), промышленное предприятие (фабрика, завод), генеральный план, функционально-планировочная структура здания, композиционные и стилистические особенности архитектуры

The series of articles reveals the peculiarities of the architecture of a unique type of educational institution of the Soviet period – the Factory Apprenticeship School (FZU), which laid the foundation for the formation of the educational system in the USSR. The second article deals with possible variants of placing the buildings of FZU schools on the territory of cities from the position of governmental installations on their integration into the general system with the profile factory-industrial enterprise. The article considers the constant and variable components of the functional-planning structure of different school buildings, reveals the peculiarities of spatial grouping of functional blocks, as well as the main factors influencing the key differences between the projects.

Keywords: vocational education system, unique type of educational building of the USSR, architecture, building of a factory apprenticeship school (FZU), industrial enterprise (factory, plant), general plan, functional-planning structure of the building, compositional and stylistic features of architecture

«Помимо основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений каждое промышленное предприятие должно быть обслужено зданиями и сооружениями административно-технического, хозяйственного, профессионально-педагогического, санитарно-гигиенического, культурно-просветительного и другого характера, каждое из которых должно находиться в том или другом отношении к производственным зданиям и, следовательно, к общей диаграмме предприятия» – так говорилось о специфике структуры промышленного предприятия при описании примеров «рационального распланирования генерального плана» [2, с. 74].

Составление генерального плана предприятия на выбранном участке земли при заданных географических и топографических условиях

в целом представляло собой непростую задачу, которая требовала от исполнителей «больших знаний, вдумчивости, свободной ориентации и, в значительной мере, фантазии и находчивости», так как генеральный план преследовал решение не только градостроительных, функционально-технологических, транспортно-пешеходных задач, но и визуально-презентационные цели. Например, размещение здания заводоуправления определялось направлением главной дороги (улицы) к предприятию, которое не должны были закрывать другие здания или деревья. «Оно должно было доминировать на площади, своим внешним видом и положением соответствуя роли административного, технического, хозяйственного и финансового центра предприятия. Внешний вид здания заводоуправления должен был быть «в спокойных,

внушительных, но не тяжелых массах, чтобы уже издали его черты производили хорошее, эстетическое впечатление» [2, с. 77].

Согласно правилам проектирования рубежа конца 1920 – начала 1930-х гг., школа для фабрично-заводского ученичества (ФЗУ) входила в группу зданий, «обслуживающих» производство (заводоуправление, проходная контора, медпункт, заводские лаборатории и пр.). Все они по специфике внутренней организации, построению объемно-планировочной структуры и конструктивному решению больше походили на типы гражданских зданий. Располагалась данная группа вместе со зданием заводоуправления у главного входа на завод на предзаводской площади, представляющей собой своеобразный планировочный центр между жилой и производственной территориями. В зависимости от ее формы, размеров, ситуации предусматривались следующие варианты размещения объектов на ней:

- Здание заводоуправления и проходная контора представляли собой официальный и композиционный центр «фасада» промышленного предприятия со стороны обширной площади, а здание для фабрично-заводского ученичества наравне со зданиями лаборатории, медпункта, проектной конторы и другими объектами фланкировали его на некотором расстоянии (рис. 1, 2).

- Группа «обслуживающих» зданий располагалась по периметру (трем сторонам) небольшой входной площади, центром композиции становилась проходная, здание заводоуправления противлежало комплексу из школы ФЗУ, лаборатории и пр. Первоначально именно такое классическое решение было предложено выполнить в проекте генерального

плана Уральского машиностроительного завода, но в реализованном варианте школа ФЗУ была сдвинута на восток (за здание лаборатории), где территория напротив транспортного кольца позволяла разместить более крупномасштабный объект, поэтому решение площади из второго типа превратилось в первый тип (рис. 3, 4).

- Комплекс зданий на площади не включал в себя школу ФЗУ, она смещалась в буферную (санитарную) зону между промышленной и жилой территориями, таким образом делая ее равноудаленной и равнодоступной от них.

Такое расположение профессиональной школы отражало значимость данного структурного подразделения для промышленного предприятия и давало возможность учащимся сразу быть интегрированным в производственный процесс, где часть практических занятий могла проходить непосредственно в цехах предприятия. Это позволяло ученикам быстрее адаптироваться на производстве и быть включенным в рабочий процесс еще до окончания школы ФЗУ, что было предопределено Постановлениями ЦИК и СНК СССР тех лет, которые директивно указывали на такую необходимость: «..максимально приблизить производственное обучение к потребностям промышленности предложить... обеспечить немедленный переход учащихся школ фабрично-заводского ученичества, после получения предварительной производственной подготовки, из учебных производственных мастерских в производственные цеха для продолжения производственного обучения» [3]. Поэтому размещение учебных заведений в непосредственной близости от производственной территории цехов предприятия

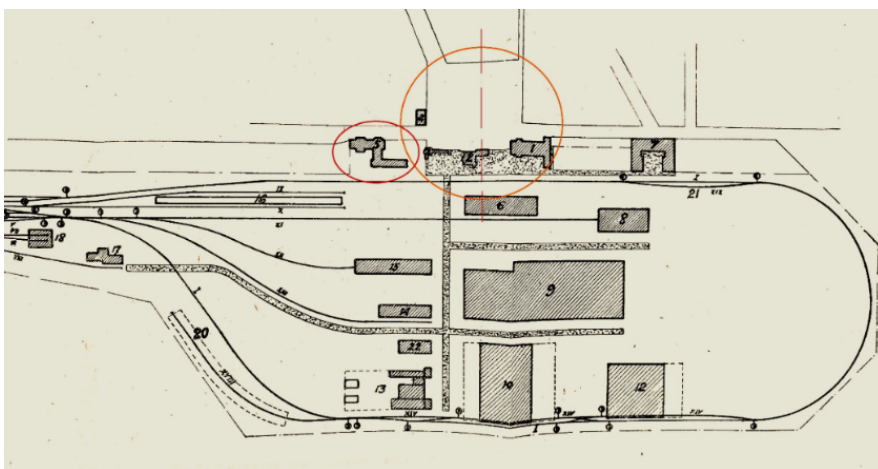


Рис. 1. Генеральный план (проект) Тракторного завода в Сталинграде:

1 – здание заводоуправления; 2 – медпункт; 3 – проходная контора; 5 – Фабзавуч; 7 – лаборатория [2]
 Fig. 1. General plan (project) of the Tractor Plant in Stalingrad: 1 – building of the plant management;
 2 – medical centre; 3 – pass office; 5 – Fabzavuch; 7 – laboratory [2]

было самым рациональным решением при таком формате обучения.

Данное решение центрального входного планировочного узла вместе со школами фабрично-заводского ученичества возможно было реализовать только при единовременном планировании территории как производствен-

но-вспомогательной зоны, так и обслуживающей, либо при наличии резервной территории для их развития. В ряде случаев, ввиду ограниченности пространства ранее построенных промышленных предприятий, для новых объектов не всегда удавалось что-то построить в непосредственной близости от них. При этом для

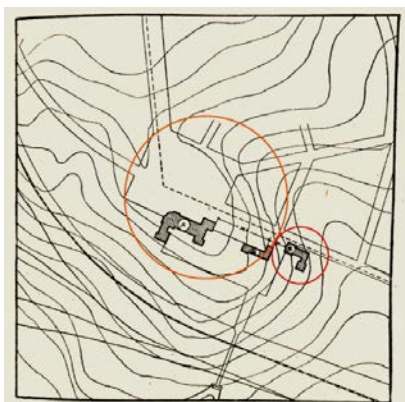


Рис. 2. Группа зданий при заводууправлении Магнитогорского металлургического завода (проект): А – здание заводууправления; Б – проходная контора; В – школа Фабзавуча [2]
Fig. 2. Group of buildings at the plant management of Magnitogorsk Metallurgical Plant (project): А – plant management building; Б – pass office; В – school Fabzavuch [2]

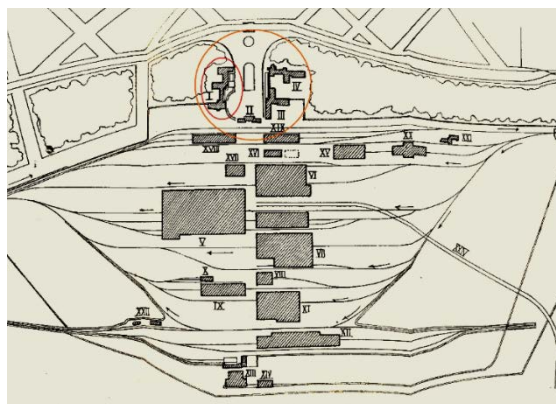


Рис. 3. Фрагмент генерального плана (проект) Уральского машиностроительного завода: I – здание заводууправления; II – проходная контора; III – лаборатория; IV – школа Фабзавуча [2]
Fig. 3. Fragment of the general plan (project) of the Ural Machine-Building Plant: I – plant management building; II – pass office; III – laboratory; IV – school Fabzavuch [2]

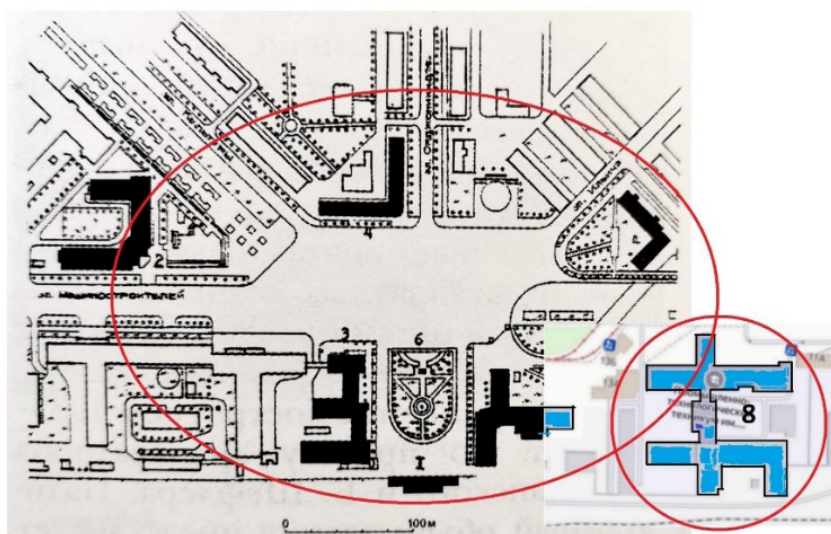


Рис. 4. Реализованный комплекс зданий площади Первой пятилетки, 1928–1934 гг., совмещенный с современной картой города (Яндекс). Архитекторы П.В. Оранский, В.В. Безруков, ИМ.В. Рейшер, С.А. Васильев: I – проходная контора; 2 – гостиница; 3 – заводууправление; 4-5 – жилой дом; 6 – памятник; 7 – лаборатория; 8 – школа Фабзавуча [4]
Fig. 4. Realised building complex of the First Five-Year Plan Square, 1928–1934, combined with a modern city map (Yandex). Architects P.V. Oransky, V.V. Bezrukov, IM.V. Reisher, S.A. Vasiliev:

I – pass office; 2 – hotel; 3 – factory management; 4-5 – residential house; 6 – monument; 7 – laboratory; 8 – school Fabzavuch [4]

профессиональной школы подбирались территория в жилой зоне, как можно ближе расположенная к профильному производству, имеющая хорошие пешеходные и транспортные связи с ним. Иногда удаленное от предприятий размещение школ ФЗУ сопровождалось объединением их в единую структуру с общеобразовательными школами или техникумами, что влекло за собой усложнение планировочной структуры и общей конфигурации образовательного комплекса, требовало подбора достаточно большой территории по площади. В таких комплексах предусматривался, как правило, развитый набор специализированных мастерских, лабораторий и вспомогательных помещений, давая возможность осуществлять практические занятия в большей степени на собственных площадях (рис. 5). Такое решение неизбежно отражалось и на архитектуре здания, соответствовало масштабу окружающей застройки, сближало облик Фабзавуча с прототипом общеобразовательной школы.

В зависимости от специализации и характера производства промышленных предприятий, здания Фабзавуча при них имели набор помещений, приспособленный «для удовлетворения нужд производства данного предприятия» [6].

Практически одинаковый набор помещений в структуре всех зданий школ ФЗУ был предусмотрен для общетеоретической подготовки: несколько классов на 40–60 человек, физический и географический кабинеты, химическая лаборатория, гимнастический зал и читальный зал с библиотекой. Количество основных помещений определялось числом учащихся. Как «ноу-хау» своего времени в отдельных школах

ФЗУ предусматривалась возможность применения кинематографа для учебных целей, для чего проектировалась кинопроекторная; устраивались и помещения для кружковых занятий – развития талантов учащихся. В административной части проектировались кабинеты заведующего и врача, учительская или преподавательская, комната организаций и/или Красный уголок, могли быть помещения сторожа и заведующего хозяйством. В качестве вспомогательных помещений предусматривались вестибюль, гардероб, столовая или буфет, санузлы.

Разница в структуре планов профессионально-технических школ состояла в перечне, количестве и площади специализированных кабинетов (или лабораторий) и производственных помещений (мастерских), где ученики получали специальные теоретические и практические навыки будущей профессии в соответствии с отраслевой направленностью предприятия. Например, для Фабзавуча при Металлургическом заводе предусматривались слесарно-механическая, электротехническая, металлографическая мастерские; кузница с закалочной; столярная, а также крупный склад готовых изделий. В школе Фабзавуча машиностроительного профиля, помимо слесарно-механической мастерской и кузницы, проектировались кабинеты для преподавания специальных предметов (тракторостроение и машиноведение; основы механики; технология металлов, холодная и горячая обработка).

Все помещения школы ФЗУ группировались в отдельные корпуса разной этажности и с разной планировочной структурой в зависимости от их назначения:

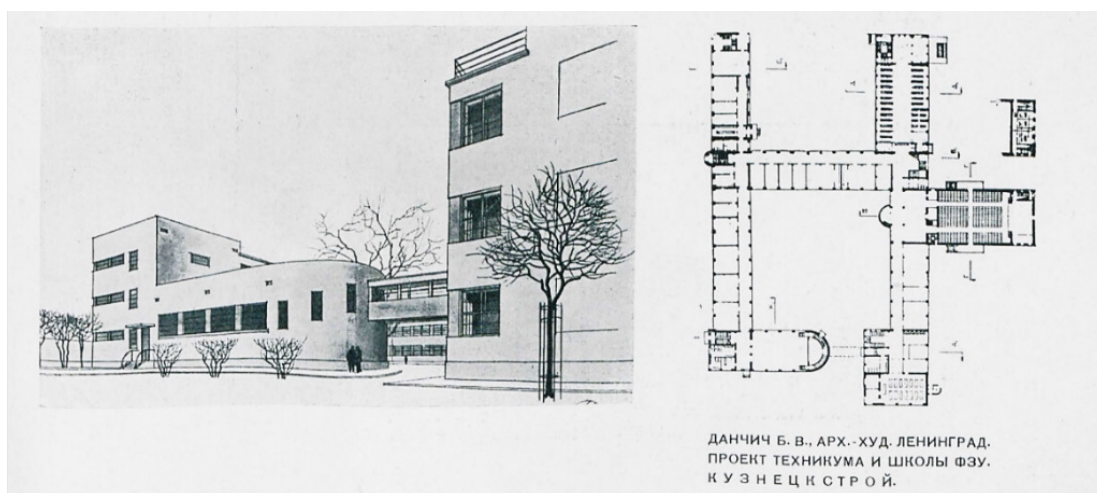


Рис. 5. Проект техникума и школы ФЗУ. Кузнецкстрой. Архитектор Б.В. Данчич (проекты 1930–1933 гг.) [5]

Fig. 5. The project of the technical school and the FZU school. Kuznetskstroy. Architect B.V. Danchich (projects 1930–1933) [5]

▪ помещения общеобразовательного и административного блоков размещались в многоэтажном корпусе;

▪ мастерские со вспомогательными помещениями объединялись в одноэтажном корпусе и имели несколько самостоятельных входов-выходов, в том числе на хозяйственный двор;

▪ блок вспомогательных помещений (для хранения спецодежды, раздевалок с душевыми и туалетами) иногда мог быть буфером между мастерскими и учебной частью;

▪ гимнастический зал, выполняющий одновременно функцию рекреации и/или актового зала (зала собраний), размещался в отдельном одноэтажном блоке.

При этом все элементы соединялись в один комплекс, создавая непрерывное перетекающее пространство, в любую точку которого можно было попасть не выходя за его пределы. Здесь сочетались анфиладный, коридорный (с размещением помещений по одну или две его стороны) и зальный типы планировок.

Согласно публикациям 1930-х гг., в рассматриваемый период преобладало три основных типа пространственно-планировочного решения школ ФЗУ, которые определялись общим количеством учащихся и специализацией предприятия, когда функциональные блоки группировались:

▪ без образования дополнительных внутренних пространств, представляя собой непрерывный линейный контур, в том числе с изломами. Характерным примером служит школа ФЗУ для Тракторного завода на 182 учащихся (рис. 6);

▪ с трех сторон вокруг полуоткрытого двора создавали несколько полуоткрытых двориков или курдонеров. Пример – здание ФЗУ для

Вагоностроительного завода на 330 учащихся (рис. 7);

▪ вокруг замкнутого двора, формируя внутреннее пространство хозяйственного назначения достаточно больших размеров. Пример – здание ФЗУ для Металлургического завода на 1875 учащихся (рис. 8).

Иногда здания представляли собой комбинированные варианты объединения блоков с чередованием открытых и полуоткрытых двориков, которые определялись значительными параметрами территории, сравнительно большой вместимостью школ, объединением их с другими учебными заведениями, многофункциональностью. Например, здание школы ФЗУ в соцгороде Уралмаша, построенное по проекту П.В. Оранского в 1931 г., было задумано как крупномасштабный разветвленный объект. С одной стороны, проект предусматривал четкое функциональное зонирование: учебный корпус размещался на севере (слева на плане); производственный – на юге (справа на плане), где располагались ударный, товарный и термический цеха со вспомогательными помещениями; по центру их объединял блок административных помещений [4]. С другой стороны, он представлял собой смешение двух типов пространственно-планировочных решений: энергично выступающий центральный ризалит с входной группой и залом на главном фасаде северного корпуса не формировал «лакун» – внутренних пространств; тогда как на юге два блока-выступа цехов формировали неглубокий курдонер между ними; в середине комплекса также было образовано два глубоких полуоткрытых двора, окруженных с трех сторон корпусами разного функционального назначения (рис. 9).

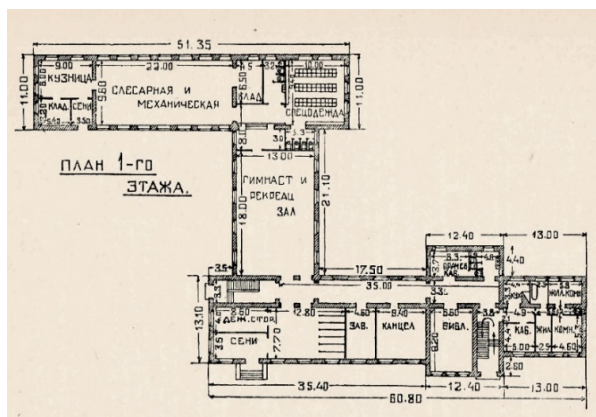


Рис. 6. Здание ФЗУ для Тракторного завода на 182 учащихся. План 1-го этажа [2]
Fig. 6. The FZU building of the 182-student for the Tractor Plant. Plan of the 1st floor [2]

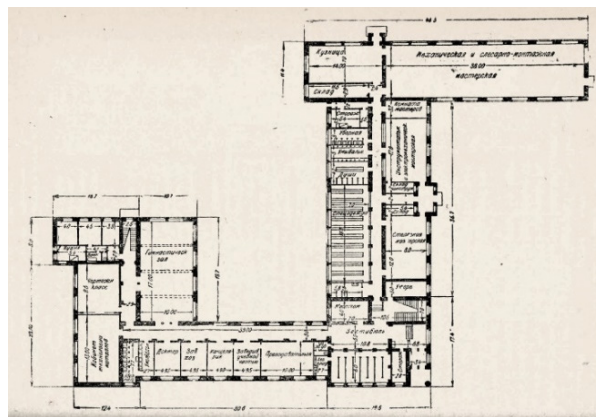


Рис. 7. Здание ФЗУ для Вагоностроительного завода на 330 учащихся. План 1-го этажа [2]
Fig. 7. The FZU building of a factory for 330 pupils. Plan of the 1st floor [2]

Построенное здание школы ФЗУ значительно превосходило по габаритам и количеству помещений первоначальный проект, который прорабатывался одновременно с проектированием генплана предзаводской площади для Уральского машиностроительного завода по проекту архитектора И.П. Антонова (рис. 10). Авторы генплана вынуждены были фрагментарно его переработать, чтобы подобрать соответствующий по величине участок для крупного здания и, не исключая его из группы «обслуживающих» зданий, гармонич-

но вписать в общий контекст площади и улицы Машиностроителей.

Варианты пространственной группировки функциональных блоков зданий школ ФЗУ чаще всего складывались в Г-, Т- и П-образные очертания планов (идентично общеобразовательным школам этого времени). Ряд построенных зданий в разных регионах демонстрирует и другие, более сложные конфигурации планов (Ч-, Р-, Н-, Ш-, Ц-, Ж-образного очертания) с открытыми, полузамкнутыми и замкнутыми внутренними пространствами (см. таблицу).

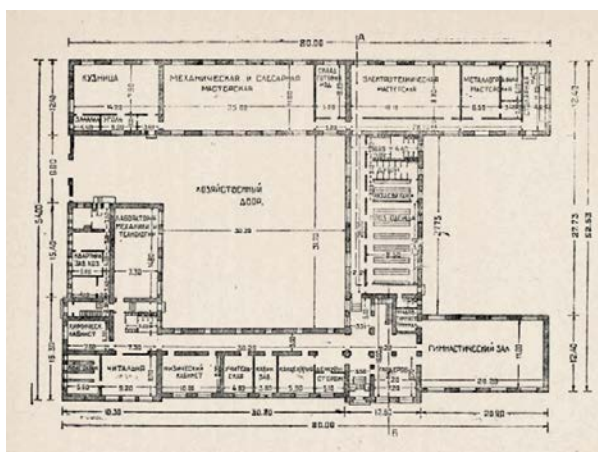


Рис. 8. Здание ФЗУ для Metallurgical завода на 1875 учащихся. План 1-го этажа [2]

Fig. 8. The FZU building for the Metallurgical plant for 1875 students. Plan of the 1st floor [2]

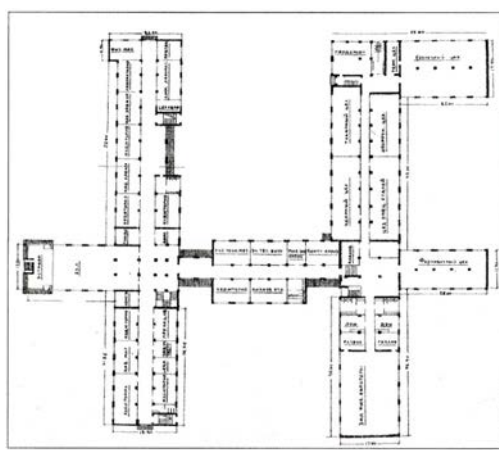


Рис. 9. Здание ФЗУ в соцгороде Уралмаша.

Архитектор П.В. Оранский, 1929 г. План 1-го этажа [7]
Fig. 9. The FZU building in the socialist city of Uralmash.
Architect P.V. Oransky, 1929. Plan of the 1st floor [7]

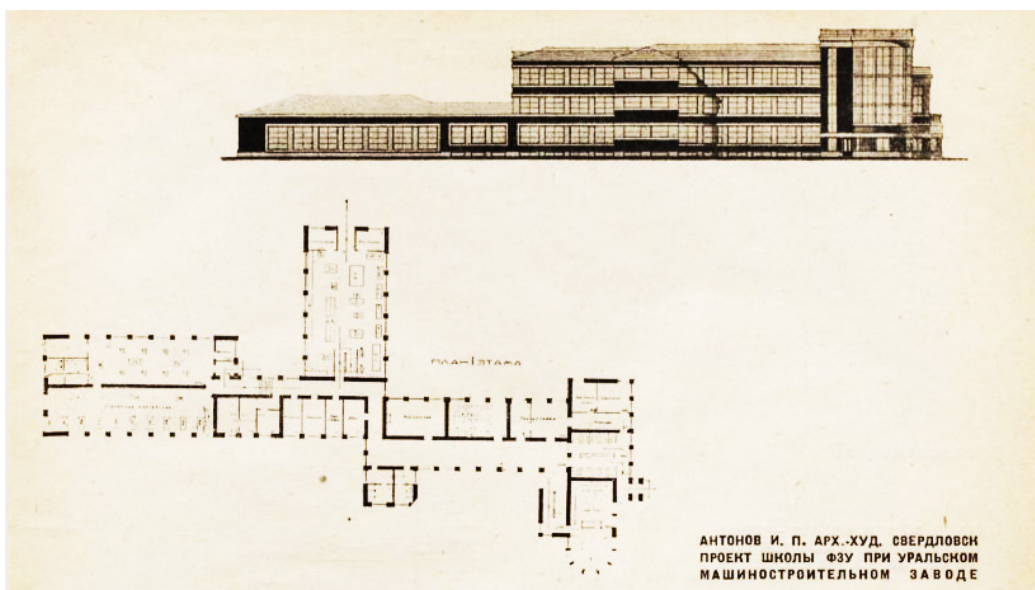


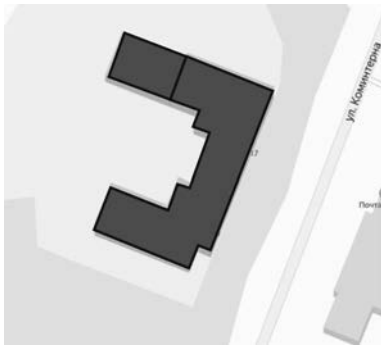
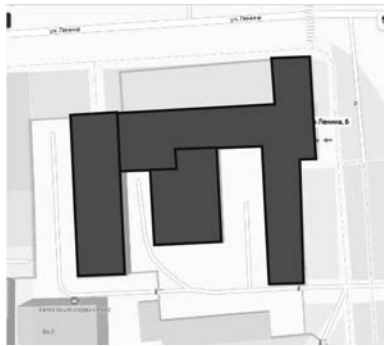
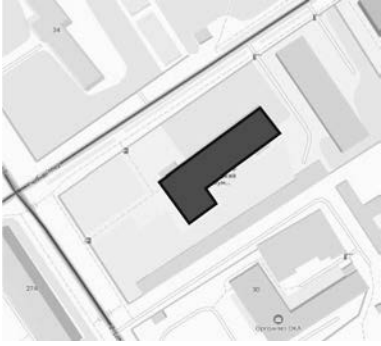
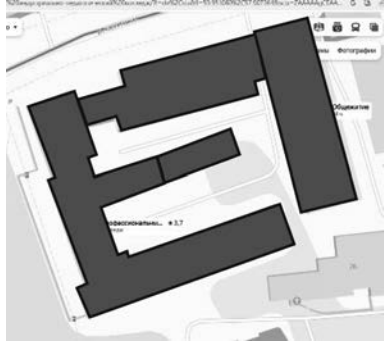
Рис. 10. Проект школы ФЗУ при Уральском машиностроительном заводе.

Архитектор И.П. Антонов. Год опубликования проекта – 1930 [8]

Fig. 10. The project of the FZU school at the Ural Machine-Building Plant.

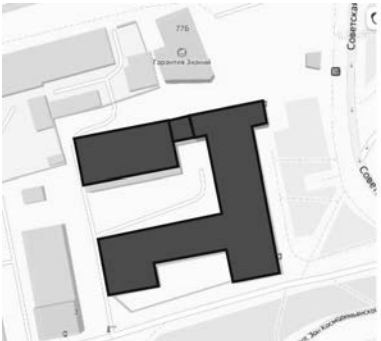
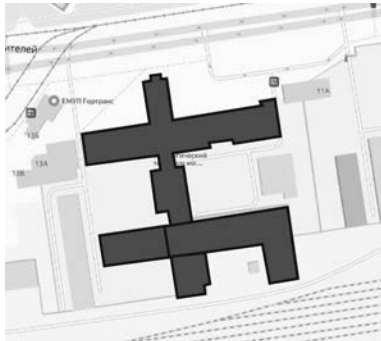
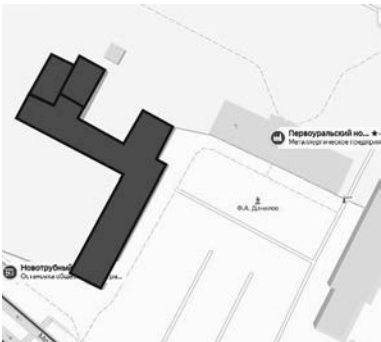
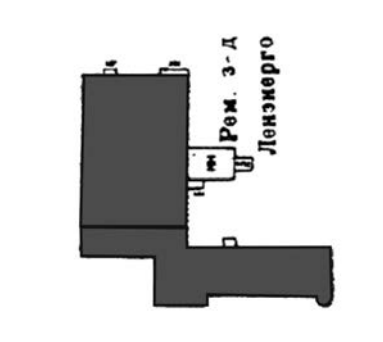
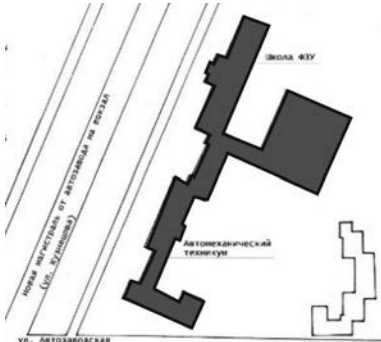
Architect I.P. Antonov. Year of the project publication – 1930 [8]

Варианты конфигурации планов зданий школ ФЗУ (конец 1920–1930-х гг.)¹

Линейная (Г-, Т-образная конфигурация плана) с небольшими выступами и обтекающими открытыми пространствами	Компактная (П-, Ч-, Р-образная конфигурация плана) с полуоткрытыми или закрытыми двориками разной глубины	Разветвленная (Е-, Н-, Ш-, Ж-, Х-образная и др. конфигурация плана) с многочисленными полуоткрытыми и закрытыми двориками
 Тверь, станция Дорошиха, 1. Школа ФЗУ при вагонзаводе, 1931–1932	 Кемеровская область, г. Анжеро- Судженск, ул. Коминтерна, 9. Школа ФЗУ, 1933	 Пенза, ул. Ленина, 6. Школа ФЗУ, конец 1920 – начало 1930-х
 Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Студенческая, 32. Здание школы ФЗУ и техникума завода им. Калинина, 1938	 Ивановская область, г. Родники, пл. Ленина, 10. Школа ФЗУ, 1928–1929	 Нижний Тагил, ул. Карла Маркса, 2. Школа ФЗУ, 1932–1933
 Нижний Новгород (Горький), пр. Гагарина, 168. Школа ФЗУ, 1930-е	 Казань, ул. Габдуллы Тукая, 114 / ул. Салиха Сайдашева, 1. Школа ФЗУ имени Сталина завода «Красный молот», начало 1930-х	 Нижний Новгород (Горький), Микрорайон Соцгород-1, ул. Школьная, 9. Комплекс школы №1 и ФЗУ Автозавода, 1932

¹ Конфигурации отдельных зданий могут отличаться от первоначальных за счет пристроек, так как они соответствуют современному состоянию (взяты с директории свободного доступа – Яндекс Карты)

Окончание таблицы

Линейная (Г-, Т-образная конфигурация плана) с небольшими выступами и обтекающими открытыми пространствами	Компактная (П-, Ч-, Р-образная конфигурация плана) с полуоткрытыми или закрытыми двориками разной глубины	Разветвленная (Е-, Н-, Ш-, Ж-, Х-образная и др. конфигурация плана) с многочисленными полуоткрытыми и закрытыми двориками
 Нижегородская обл., г. Балахна, ул. Правдинская, 1. Школа ФЗУ в Правдинске, 1930-е	 Ярославль, ул. Советская, 77. Школа ФЗУ Ярославского резиноасбестового комбината, 1931–1932	 Екатеринбург (Свердловск), ул. Машиностроителей, 13. Школа ФЗУ, 1931
 С-Петербург (Ленинград), ул. Балтийская, 35. Школа ФЗУ (в районе ул. Шевцова), 1935–1938	 Первоуральск, ул. Торговая. Школа ФЗУ Новотрубного завода (сегодня один из корпусов заводоуправления ОАО ПНТЗ), 1930-е	 Воронежская обл., г. Лиски, ул. Лысенко, 1А. Школа ФЗУ, 1930-е
 С-Петербург (Ленинград), ул. Пугачева, 5-7. Школа ФЗУ Ленэнерго, 1931–1934	 Тула, ул. Metallistov, 2А. Школа ФЗУ, 1932	 Ярославль, ул. Автозаводская, 1а. Комплекс Учебного комбината государственного Автозавода №3 (ФЗУ + техникум), 1929–1932

Заключение

Рассмотренные градостроительные, функциональные, пространственно-планировочные особенности формирования школ Фабзавуча (на фоне становления и развития профессиональной системы образования, правительственных установок на типовое проектирование учебных зданий) постепенно стали основными принципами проектирования. Но постоянные реформы в области образования и изменения в системе управления данными объектами привели в итоге к многообразию архитектурных решений, так как проекты зданий школ ФЗУ реализовывались с учетом доминирования мнений и возможностей конкретных производственных предприятий, в чьей ведомственной подчиненности они находились. Все это неизбежно отразилось и на композиционных принципах архитектурного формообразования зданий школ ФЗУ, стилистических предпочтениях (см. часть 3 статьи).

Выводы

Анализ вариантов размещения школ фабрично-заводского ученичества на территории городов, организации и модификации их функциональной и пространственно-планировочной структур позволил сформулировать следующие выводы о типологической специфике уникальных образовательных зданий в СССР в 1930-х гг.:

1. Расположение зданий школы ФЗУ в «общей диаграмме предприятия» (причем в группе со зданием заводууправления) отражало значимость данного структурного подразделения для него и в целом подчеркивало важность появившегося типа здания для страны. Такая структура интеграции давала новые возможности как учащимся, которые могли работать и получать зарплату уже в процессе обучения, так и предприятиям и экономике страны, так как в этом случае программа производственного обучения увязывалась с «промфинпланом цеха» и помогала реализовывать пятилетние планы развития СССР [2].

2. Выявленные типы размещения школ ФЗУ определялись, прежде всего, принадлежностью к группе обслуживающих зданий предприятий, зависели от возможностей комплексного планирования территории новых предприятий или наличия территориальных ресурсов существующих фабрик и заводов. В ряде случаев выбор территории был продиктован необходимостью интеграции с другими учебными заведениями города в структуре жилой застройки, иногда – замены старых (рели-

гиозных) символов на новые аллюзии эпохи, олицетворяющих собой актуальный политический и экономический строй.

3. Все здания школ ФЗУ имели практически одинаковый перечень помещений для общетехнической подготовки и отличались в основном набором специальных помещений, предназначенных для практических занятий. Различия также состояли в общем количестве помещений, их габаритах и группировке в структуре здания, в том числе обусловленными объединением с другими учебными учреждениями.

Установлено три основных типа пространственно-планировочных решений зданий Фабзавуча в период их массового строительства в начале 1930-х гг., которые в дальнейшем имели разнообразие модификации и комбинации.

К основным факторам, влияющим на ключевые различия проектов и построек рассматриваемых типов зданий, относятся: отраслевая специфика фабрично-заводских предприятий, общее количество учащихся, градостроительные характеристики участка для размещения школы ФЗУ на территории города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапрыкина Н.С. Архитектурно-типологическая специфика зданий школ ФЗУ. Часть 1. Формирование уникального типа здания в контексте развития системы профессионального образования // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 2. С. 159–166. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.19.
2. Гофман В.Л. Фабрично-заводская архитектура. Часть 1. Планировка и конструирование зданий и сооружений промышленных предприятий. Изд. 3-е. Л.: КУБУЧ, 1932. 580 с.
3. Постановление СНК СССР о мероприятиях по улучшению работы школ фабрично-заводского ученичества, находящихся в ведении высших советов народного хозяйства Союза ССР и союзных республик. 8.6.1931 г. // Законы о школах ФЗУ и ремесленных училищах. 1931–1940 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://музейреформ.рф/node/14001> (дата обращения: 18.11.2024).
4. Свод памятников истории и культуры Свердловской области. Том 1. Екатеринбург / отв. ред. В.Е. Звагельская. Екатеринбург: Издательский дом «СОКРАТ», 2007. 536 с.
5. Данчик Б.В. Проект техникума и школы ФЗУ Кузнецкстрой // Ежегодник общества архитекторов-художников (период отражает 1930–1933). Л.: Ленинградский союз архитекторов, 1935. Вып. 14. С. 47–57.
6. Веселов А. Н. Низшее профессионально-техническое образование в РСФСР: (очерки по истории профтехобразования) / под ред. Н.А. Константинова. М.: Трудрезервиздат, 1955. 328 с.
7. Смирнов Л.Н. Петербургский след в архитектуре конструктивизма Екатеринбурга. Екатеринбург:

Изд-во УрГАХУ; СПб.: Издательский дом «Первоград», 2021. 148 с.

8. Антонов И.П. Проект школы ФЗУ при Уральском машиностроит. заводе // Ежегодник общества архитекторов-художников. Л.: Издание общества архитекторов-художников, 1930. Вып. 13. С. 1–10.

REFERENCES

1. Saprykina N.S. Architectural and typological specificity of the buildings of fzu school. Part 1. Formation of a unique building type in the context of development of the vocational education system. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 2, pp. 159–166. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.19

2. Hoffmann V.L. *Fabrichno-zavodskaja arhitektura Chast' 1. Planirovka i konstruirovaniye zdaniy i sooruzhenij promyshlennykh predpriyatij. Izd. 3-e* [Factory Architecture Part 1. Planning and design of buildings and structures of industrial enterprises. Ed. The 3rd]. Leningrad, KUBUCH, 1932. 580 p.

3. *Decree of the Council of People's Commissars of the USSR on measures to improve the work of factory apprenticeship schools under the jurisdiction of the highest councils of the national economy of the USSR and the Union republics. 8.6.1931/Laws on schools of FZU and vocational schools. 1931–1940.* Available at: <https://музейреформ.рф/node/14001> (accessed 18 November 2024).

4. *Svod pamjatnikov istorii i kul'tury Sverdlovskoj oblasti. Tom 1. Ekaterinburg / otv. red. V.E. Zvangel'skaja* [Code of historical and cultural monuments of the Sverdlovsk region. Volume 1. Yekaterinburg/resp. ed. V.E. Zvangel'skaja]. Yekaterinburg, SOCRAT Publishing House, 2007. 536 p.

Об авторе:

САПРЫКИНА Наталья Сергеевна

доктор архитектуры, доцент,
член-корреспондент РААСН,
заведующая кафедрой градостроительства
Международная академия бизнеса
и новых технологий
150999, Россия, г. Ярославль, ул. Советская, 80
E-mail: saprykinans@edu.mubint.ru

5. Dancic B.V. The project of the technical school and school of FZU Kuznetskstroy. *Kuznetskstroy. Ezhegodnik obshhestva arhitektorov hudozhnikov (period otrazhaet 1930–1933)* [Yearbook of the Society of Architects of Artists (period reflects 1930–1933)], Leningrad, Leningrad Union of Architects, 1935, iss. 14, P. 47–57. (in Russian)

6. Veselov A.N. *Nizshee professional'no-tehnicheskoe obrazovanie v RSFSR: (ocherki po istorii proftekhobrazovaniya) / pod red. N.A. Konstantinova* [Lower vocational education in the RSFSR: (essays on the history of vocational education)]/ed. N.A. Konstantinova]. Moscow, Trudreservizdat, 1955. 328 p.

7. Smirnov L.N. *Peterburgskij sled v arhitekture konstruktivizma Ekaterinburga* [Petersburg trace in the architecture of constructivism of Yekaterinburg]. Yekaterinburg, Publishing house of UrGAHU, St. Petersburg, Pervograd Publishing House, 2021. 148 p.

8. Antonov I.P. Project of the school of FZU at the Ural Machine Building. plant. *Ezhegodnik obshhestva arhitektorov hudozhnikov* [Society of Artists Architects Yearbook]. Leningrad, Publication of the Society of Architects and Artists, 1930, no. 13, P. 1–10. (in Russian)

SAPRYKINA Natalya S.

Doctor of Architecture, Associate Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of
Architecture and Construction Sciences,
Head of the Urban Planning Chair
International Academy of Business and New Technologies
150999, Russia, Yaroslavl, Soviet st., 80
E-mail: saprykinans@edu.mubint.ru

Для цитирования: Сапрыкина Н.С. Архитектурно-типологическая специфика зданий школ ФЗУ. Часть 2. Градостроительные и функционально-планировочные особенности (1930-е гг.) // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 163–172. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.22.

For citation: Saprykina N.S. Architectural and typological specificity of the buildings of FZU schools. Part 2. Urban and functional planning features (1930s). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 163–172. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.22.

Принята: 13.02.2025 г.

А. М. ЧАПАЙКИН
А. В. АНТЮФЕЕВ

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ДОЛИН МАЛЫХ РЕК С УЧЁТОМ САНАТОРНО-РЕКРЕАЦИОННОГО РЕСУРСА

ARCHITECTURAL-URBAN FORMATION OF SMALL RIVER VALLEYS TAKING
INTO ACCOUNT THE SANATORIUM- RECREATIONAL RESOURCE

Рассматривается проблема недостаточного развития санаторно-рекреационной инфраструктуры в крупных городах на примере Волгограда. Обосновывается перспективность использования долин малых рек как ключевого ресурса для формирования санаторно-рекреационных зон, способствующих повышению качества жизни горожан. Целью исследования является обоснование возможности и необходимости формирования санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек Волгограда. В статье сформулированы факторы, влияющие на развитие санаторно-рекреационных зон в долинах малых рек, разработаны рекомендации и стратегии организации санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек, а также представлена иллюстрация предложенных рекомендаций на примере экспериментального архитектурного проекта комплекса термальных ванн.

Ключевые слова: долины малых рек, санаторно-рекреационное развитие, градостроительство, рекреационные зоны, урбанизация, природные ландшафты, общественные пространства

The article considers the problem of insufficient development of sanatorium and recreational infrastructure in large cities, using the example of Volgograd. The prospect of using small river valleys as a key resource for the formation of sanatoriums and recreation zones, contributing to improve the quality of life of citizens is justified. The aim of the study is to justify the possibility and necessity of formation of sanatorium-recreational infrastructure in the valleys of small rivers of Volgograd. The article formulates factors influencing the development of sanatorium and recreational areas in small river valleys, develops recommendations and strategies for the organization of sanatorium and recreational infrastructure in small river valleys, as well as an illustration of the proposed recommendations using the example of a pilot architectural project for a thermal bath complex.

Key words: small river valleys, sanatorium and recreational development, urban planning, recreation areas, urbanization, natural landscapes, public spaces

Введение

Современный Волгоград, являясь крупным городом-миллионником, испытывает острую потребность в развитии рекреационной инфраструктуры. Помимо общей нехватки зон отдыха, отмечается дефицит специализированных санаторно-рекреационных объектов и низкая вовлеченность строительной отрасли в создание инфраструктуры, ориентированной на здоровье населения. Решением указанных проблем может стать комплексное использование долин малых рек, представляющих собой ценный природный ресурс с огромным потенциалом для развития рекреационных зон и формирования санаторно-рекреационной инфраструктуры. Изучение этих территорий в контексте их будущего качественного рекреационного развития открывает перспективы для создания современных санаторно-рекреационных комплексов

и специализированных зон оздоровления, интегрированных с природными ресурсами. Расширение доступа к таким территориям, ориентированным на стимулирование активного образа жизни и оздоровление горожан, способствовало бы повышению качества жизни городского сообщества и формированию современной здоровой городской среды, где санаторно-рекреационные ресурсы играют важную роль.

Учитывая ограниченное предложение санаторно-рекреационных объектов в Волгограде, южном городе с жарким климатом и длительным летним сезоном, растущая популярность центров отдыха, бассейнов, бань и других учреждений, предлагающих услуги, связанные с санаторным отдыхом, свидетельствует о выраженном спросе горожан на подобный вид досуга.

Одним из перспективных направлений решения данного вопроса является активное

использование и развитие долин малых рек, протекающих по территории Волгограда. Эти природные ландшафты, обладающие уникальным микроклиматом, растительностью и водными ресурсами, могут стать основой для формирования современных санаторно-рекреационных зон, сочетающих оздоровительные, рекреационные и экологические функции [1]. Однако, несмотря на очевидный потенциал, долины малых рек Волгограда в настоящее время используются неэффективно, часто находятся в заброшенном состоянии и подвергаются негативному антропогенному воздействию [2, 3].

Целью данной статьи является обоснование возможности и необходимости формирования санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек Волгограда. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

1. Определить факторы, способствующие и препятствующие развитию санаторно-рекреационных зон в долинах малых рек, включая природные, градостроительные, социально-экономические и нормативно-правовые аспекты.

2. Разработать рекомендации и стратегии организации санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек, обеспечивающие их эффективное функционирование, доступность и экологическую безопасность.

3. Проиллюстрировать предложенные рекомендации на примере архитектурного проекта комплекса термальных ванн, интегрированного в ландшафт, разработанного в качестве экспериментального проектирования.

Научная новизна данного исследования заключается в разработке комплексного подхода к организации санаторно-рекреационного городского развития за счёт территорий долин малых рек. Результаты исследования могут быть использованы для разработки градостроительной документации, архитектурных проектов и инвестиционных программ в сфере развития рекреационной инфраструктуры Волгограда.

Анализ долин малых рек Волгограда как основы для развития санаторно-рекреационной инфраструктуры: выявление ключевых факторов

В качестве объекта исследования в данной работе выступают долины малых рек, протекающих по территории города Волгограда. Их расположение в городской среде показано на рис. 1. К ним относятся: пойма реки Сухая Мечётка, пойма реки Мокрая Мечётка, балка реки Орловка, балка Зелёная, балка Вишнёвая, балка Дубовая, балка Демидова, пойма реки Царица, пойма реки Ельшанка, пойма ручья

Купоросный, балка Пахотина, Григорова балка, балка реки Отрада, балка Селитряная, балка Сухая, балка Прудовая, Капустная балка, балка Кучерда, Чапурниковская балка. В данном перечне представлены все территории долин малых рек в количестве 19 штук, входящие в административные границы Волгограда. Все они обладают потенциальной значимостью для формирования рекреационной инфраструктуры города, в том числе с возможностью использования их природных ресурсов в санаторно-рекреационных целях. Анализ планировочной структуры этих территорий выявил значительные различия в их функциональном зонировании и характере использования. Например, большинство рассматриваемых территорий (пойма реки Сухая Мечётка, балка реки Орловка, балка Зелёная, балка Вишнёвая, балка Дубовая и др.) в настоящее время характеризуется фрагментарной застройкой, наличием промышленных и коммунальных объектов, а также деградацией природных ландшафтов. Вдоль рек и балок часто располагаются несанкционированные свалки, загрязнённые участки и заброшенные территории [4]. Транспортная доступность многих долин малых рек ограничена, что затрудняет их использование для рекреационных целей.

Вместе с тем отдельные территории (пойма реки Царица, балка реки Ельшанка, балка Пахотина, Григорова балка) обладают более благоприятными градостроительными характеристиками. Они расположены вблизи жилых массивов, имеют развитую транспортную инфраструктуру и частично благоустроены для отдыха и прогулок. Однако, если ставить перед собой задачу создания на этих территориях современной санаторно-рекреационной инфраструктуры, то эти территории безусловно нуждаются в комплексной реконструкции и модернизации [5].

Коротко проблемы и ограничения, с которыми предстоит столкнуться при разработке санаторно-рекреационных комплексов на территориях долин малых рек Волгограда, это: загрязнение водных объектов и прибрежных территорий (сброс неочищенных сточных вод, промышленные выбросы и бытовой мусор приводят к ухудшению экологического состояния рек и балок, делая их непригодными для рекреационного использования); фрагментарная застройка и отсутствие единой планировочной концепции (разрозненные объекты различного назначения нарушают целостность ландшафта и препятствуют формированию комфортной городской среды); ограниченная транспортная доступность и недостаток парковочных мест (отсутствие удобных подъездных путей и пар-

ковок затрудняет посещение долин малых рек); недостаточное благоустройство и отсутствие объектов инфраструктуры (отсутствие освещения, скамеек, урн, туалетов и других элементов благоустройства делает территории непривлекательными для отдыха и прогулок) [6, 7].

На формирование как общей рекреационной, так и санаторно-рекреационной инфраструктуры оказывает влияние комплекс взаимосвязанных природных, градостроительных, социально-экономических и нормативно-правовых факторов.

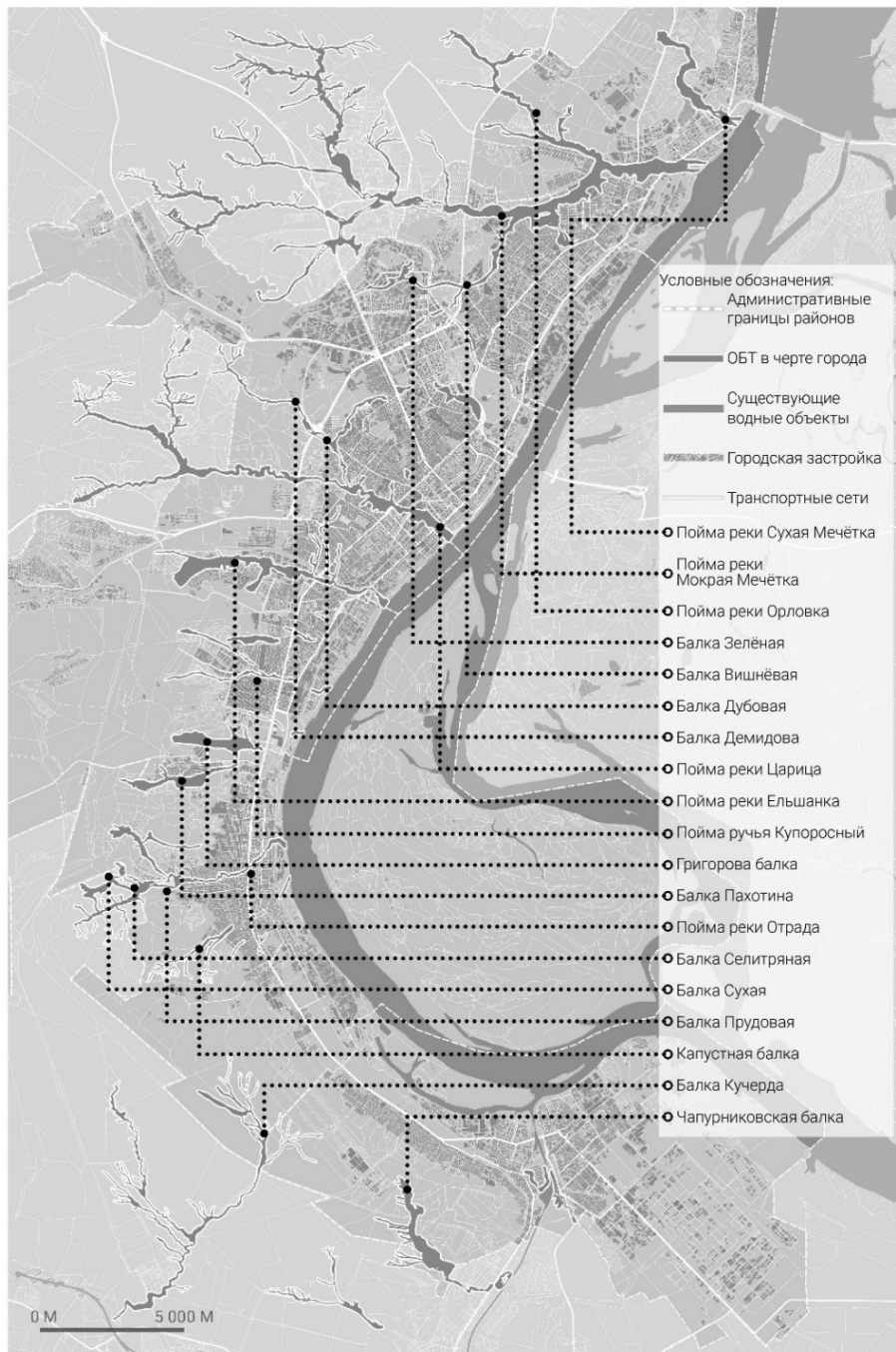


Рис. 1. Схема расположения исследуемых территорий долин малых рек в черте города с существующей городской застройкой

Fig. 1. A diagram of the location of the studied areas of small river valleys in the city boundary with existing urban development

К основным *градостроительным факторам* при этом относятся: доступность территорий и транспортная инфраструктура (удобное расположение долин малых рек вблизи жилых массивов и наличие развитой транспортной инфраструктуры обеспечивают доступность санаторно-рекреационных зон для широкого круга населения); инженерные коммуникации (наличие инженерных сетей, таких как водоснабжение, водоотведение, электроснабжение, теплоснабжение, является необходимым условием для функционирования санаторно-рекреационных комплексов); планировочные ограничения и землепользование (при проектировании санаторно-рекреационных зон необходимо учитывать планировочные ограничения, связанные с охраной природных территорий, санитарными нормами и правилами землепользования и застройки).

К основным *природным факторам* можно отнести: наличие и качество существующих оздоровительных ресурсов – территорий, располагающих минеральными водами, лечебными грязями и иными природными компонентами с целебными свойствами (даже при ограниченности подтвержденных сведений об их присутствии, выявление и рациональное использование этих ресурсов в долинах малых рек представляется перспективным и будет являться обоснованием возможности создания соответствующих комплексов); микроклимат и экологическое состояние территорий (благоприятный микроклимат и чистота окружающей среды – важные условия для создания комфортной и здоровой среды для отдыха и оздоровления, а анализ экологического состояния позволяет оценить пригодность территории для санаторно-рекреационного использования и определить необходимые меры по его улучшению) [8, 9].

К основным *социально-экономическим факторам* можно отнести: потребность населения в санаторно-рекреационных услугах (оценка потребности населения позволяет определить масштаб и функциональную структуру проектируемых комплексов); инвестиционная привлекательность проектов (привлечение инвестиций в развитие санаторно-рекреационной инфраструктуры требует серьезного обоснования экономической эффективности и социальной значимости проектов) [10, 11].

Не менее важными являются и нормативно-правовые факторы, регулирующие использование и развитие территории (анализ местных нормативных документов, позволяет определить возможности и ограничения для создания санаторно-рекреационных зон).

После проведения комплексного анализа всех территорий долин малых рек по описан-

ным выше градостроительным, природным и социально-экономическим факторам были определены наиболее перспективные на данный момент территории для развития санаторно-рекреационных зон, такие как: поймы рек Сухая и Мокрая Мечётка, пойма реки Царица, пойма реки Ельшанка, Григорова балка и балка Пахотина. Данные территории обладают благоприятным сочетанием градостроительных и природных характеристик, что позволяет создать на их основе современные санаторно-рекреационные комплексы, сочетающие бальнеологические, оздоровительные и рекреационные функции.

Например, пойма реки Сухая Мечётка характеризуется близостью к медицинским и оздоровительным учреждениям, таким как Санаторно-реабилитационное отделение, детская клиническая больница № 8, Физкультурно-оздоровительный комплекс «Спартанец» и Санаторный медицинский лечебно-оздоровительный центр «Волжская Здравница». Это создает синергетический эффект, позволяя интегрировать санаторно-рекреационные объекты в существующую систему здравоохранения и оздоровления населения, а достаточно развитая социальная инфраструктура и транспортная доступность делают пойму реки Сухая Мечётка привлекательной для создания санаторно-рекреационной инфраструктуры.

В свою очередь, пойма реки Царица представляет собой центральную пойму города, граничащую с большим количеством разнообразных градостроительных объектов. Активное развитие этой территории подтверждается заявленными администрацией города планами о строительстве ряда крупных объектов, включая технопарк, центр единоборств и аквапарк. Планы о строительстве последнего только подтверждают наличие устойчивого спроса на объекты развлекательного рекреационного назначения в Волгограде.

Пойма реки Ельшанка отличается наличием инженерной инфраструктуры, связанной с водоснабжением и водоотведением (водоочистное сооружение, водоканал). Кроме того, в непосредственной близости расположены клиника семейного здоровья и центр компьютерной томографии. Такое сочетание медицинских и инженерных объектов также создает хорошие предпосылки для организации санаторно-рекреационной инфраструктуры, интегрированной в уже сложившуюся сеть объектов здравоохранения.

Григорова балка, помимо того что располагает близ своей территории ипподромом и конным клубом «Застава», представляет собой живописный природный ландшафт,

обладающий высоким рекреационным потенциалом, большим количеством растительности и наличием родников.

Балка Пахотина, участок для которой был выбран в качестве территории для экспериментального проектирования, простирается в длину около 4 км, территориально находится вблизи с оздоровительным санаторным комплексом

Центр реабилитации «Волгоград», аквапарком «Акватория», а также жилыми комплексами «Коллизей» и «Санаторный» (рис. 2, 3). В других частях долины по бокам располагается частная индивидуальная застройка посёлка «Горная поляна» и садоводческого некоммерческого товарищества «Энергетик». На территории долины ещё сохранилась значительная часть

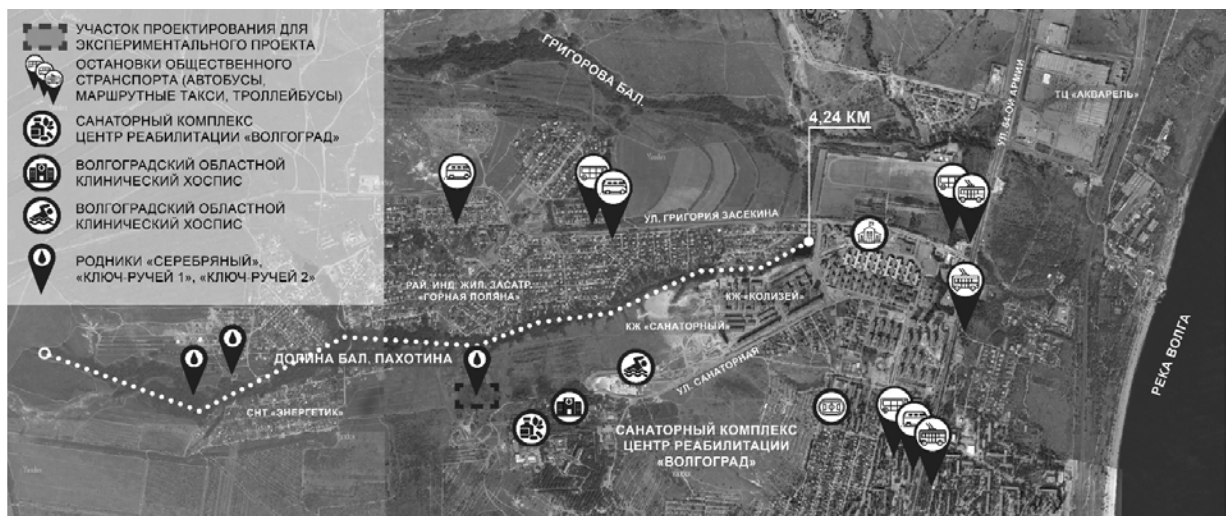


Рис. 2. Пример градостроительного анализа ситуации на территории долины балки Пахотина в Кировском районе Волгограда

Fig. 2. Example of the urban planning analysis of the situation in the territory of the valley of the beams of Pachotyna in the Kirov district of Volgograd



Рис. 3. Фотофиксация родников «Серебряный», «Ключ-ручей 1», «Ключ-ручей 2» на территории долины балки Пахотина в Кировском районе Волгограда

Fig. 3. Photo-fixation of «Silver» springs, «Key-stream 1», «Key-stream 2» in the territory of the valley of the beams of Pachotyna in the Kirov district of Volgograd

речки и мелких озёр. Помимо этих акваторий на территории долины располагается три родника – родник «Серебряный» и два других, не имеющих названия, посетители называют их «Ключ-ручей». С градостроительной точки зрения при организации санаторно-рекреационного комплекса на территории близ Центра реабилитации «Волгоград» и аквапарка «Акватория» не должно возникнуть проблем с организацией инженерных сетей, так как вокруг уже есть сеть развитой инженерной городской инфраструктуры, которую можно продлить и развить со стороны жилых комплексов Санаторный и Колизей. Транспортная инфраструктура не выполнена, но имеется большой потенциал в её формировании за счёт существующих подъездов к объектам и наличия ряда грунтовых дорог. С точки зрения землепользования данная территория не относится к зонам особо охраняемых природных территорий, а по правилам землепользования и застройки этот участок относится к зоне «рекреационного назначения – санаторно-курортного лечения, отдыха и туризма». Поэтому именно эта территория была выбрана в качестве иллюстрации к формированию санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек Волгограда. Экспериментальный проект санаторно-рекреационного центра на этой территории представлен в последней части статьи.

На данный момент всерьёз говорить о наличии на территориях долин малых рек Волгограда минеральных вод, лечебных грязей и других природных ресурсов, обладающих целебными свойствами, мы не можем за неимением геологических исследований и отчётов об инженерных изысканиях в этих районах. Но даже при маловероятном условии их полного отсутствия, градостроительная, природная и социально-экономическая организация долин малых рек Волгограда такова, что они представляют собой идеальную основу для создания санаторно-рекреационных комплексов нового типа. В условиях ограниченного доступа к природным территориям в городской черте, долины малых рек, обладая уникальным микроклиматом и живописными ландшафтами, могут стать «оазисами здоровья», предлагающими широкий спектр рекреационных и оздоровительных услуг [12]. Даже без наличия минеральных вод и лечебных грязей использование современных технологий, таких как гидромассаж, ароматерапия, фитотерапия и талассотерапия, в сочетании с благоприятным микроклиматом и эстетикой природного окружения, позволит создать эффективные и привлекательные санаторно-рекреационные центры, ориентированные на

профилактику заболеваний, восстановление сил и повышение качества жизни горожан.

Классификация и типология долин малых рек, определяющие основные направления градостроительного развития этих территорий

В рамках данной статьи представлена часть разработанной авторами структуры, позволяющей систематизировать подходы к градостроительному формированию территорий долин малых рек. Данная структура включает классификацию и типологию ДМР, взаимосвязанные между собой и определяющие основные направления градостроительного развития этих территорий.

В качестве критерия для классификации ДМР было выбрано выделение доминирующего типа ресурса территории, в свою очередь и определяющего основное направление градостроительного развития территории. В соответствии с этим критерием было выделено три класса территорий:

1. Территории с санаторно-рекреационным ресурсом.
2. Территории с рекреационно-коммуникационным ресурсом.
3. Территории с историко-культурным и природоохранным ресурсом.

В свою очередь типология, применяемая внутри каждого класса, детализирует понимание функционально-планировочной организации территорий, выделяя «идеальные типы», характеризующиеся определенным сочетанием функциональных и планировочных признаков. Типология разрабатывается в рамках каждого класса. То есть для каждого класса территорий, выделенных на основе классификации, можно выделить несколько «типичных» вариантов функционально-планировочной организации. Конкретно для территорий с санаторно-рекреационным ресурсом эти «типы» представляют собой:

Тип 1 – *Санаторно-рекреационные комплексы* (функция: лечение, оздоровление, отдых. Планировочная организация: санатории, корпуса, лечебные и SPA-центры, бассейны, парковые зоны и т. д.).

Тип 2 – *Термальные парки* (функция: отдых, оздоровление, развлечения. Планировочная организация: открытые и закрытые термальные бассейны, аквапарки, зоны отдыха, кафе, спортивные площадки и т. д.).

Тип 3 – *Эко-курорт* (функция: отдых, оздоровление, экологическое просвещение. Планировочная организация: интеграция объектов с природным ландшафтом, создание инфра-

структуры с использованием экологически чистых материалов и энергосберегающих технологий, терренкуры, экологические тропы, визит-центры и т. д.).

Стоит отметить, что в данной статье рассматривается только первый из трёх классов – «Территории с санаторно-рекреационным ресурсом». На основе представленного выше анализа, в тексте далее описываются основные рекомендации и стратегии организации санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек, а также представлен экспериментальный проект санаторно-рекреационного комплекса термальных ванн, являющийся иллюстрацией к первому типу функционально-планировочной организации и относящийся к классу «Территории долин малых рек с оздоровительно-рекреационным ресурсом».

Рекомендации и стратегии организации санаторно-рекреационной инфраструктуры в долинах малых рек

На основе проведенного анализа долин малых рек Волгограда с точки зрения градостроительной организации санаторно-рекреационной инфраструктуры были разработаны следующие рекомендации и стратегии организации санаторно-рекреационных зон в долинах малых рек Волгограда:

1. Приоритетное изучение территории.

Перед началом любых проектных работ необходимо провести всестороннее исследование территории долины малой реки, включая анализ градостроительной ситуации, экологического состояния, геологических особенностей и социально-экономических факторов. Это позволяет выявить существующие проблемы, оценить потенциал территории и определить ограничения для будущего развития, обеспечивая принятие обоснованных проектных решений [13].

Стратегии реализации: проведение комплексной инвентаризации и оценки ресурсов (градостроительных, природных, социально-экономических); организация социологических опросов для выявления потребностей населения в санаторно-рекреационных услугах; анализ существующей градостроительной документации и нормативно-правовой базы.

2. Органичная интеграция с ландшафтом.

Санаторно-рекреационные комплексы должны быть максимально интегрированы в природный ландшафт долины малой реки, с сохранением и использованием существующих природных элементов (рельеф, растительность, водные объекты). Архитектурные решения должны гармонизировать с окружающей средой, создавая визуально привлекатель-

ное и экологически устойчивое пространство. Это позволяет создать уникальную атмосферу единства с природой, способствующую релаксации и оздоровлению посетителей, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду [14].

Стратегии реализации: применение «зеленых» технологий (вертикальное озеленение, «зеленые» крыши); использование натуральных и экологически чистых строительных материалов; максимальное сохранение существующего рельефа и растительности при проектировании.

3. Функциональная многогранность.

Санаторно-рекреационные зоны должны предлагать широкий спектр услуг и возможностей для посетителей, сочетая лечебные оздоровительные процедуры, рекреационные мероприятия, спортивные занятия, культурные события и развлечения. Это позволит привлечь различные группы населения и обеспечить круглогодичное использование территории. Кроме того, это обеспечивает экономическую устойчивость комплекса, повышает его привлекательность для посетителей и способствует формированию активного и здорового образа жизни [15, 16].

Стратегии реализации: создание многофункциональных зон, включающих бассейны, SPA-центры, фитнес-центры, кафе, детские площадки и зоны отдыха; организация культурных мероприятий (концерты, фестивали, выставки) на территории комплекса; разработка программ лояльности и специальных предложений для различных категорий посетителей.

4. Универсальная доступность и комфорт.

Санаторно-рекреационные комплексы должны быть доступны для всех групп населения, включая людей с ограниченными возможностями, пожилых людей и семей с детьми. Необходимо обеспечить удобные подъездные пути, парковки, пешеходные дорожки, освещение, скамейки, туалеты и другие элементы благоустройства. Это обеспечивает социальную справедливость и равные возможности для всех граждан, а также повышает комфорт и привлекательность санаторно-рекреационной зоны [17, 18].

Стратегии реализации: проектирование безбарьерной среды, обеспечивающей доступность для людей с ограниченными возможностями; организация удобных транспортных связей с другими районами города; создание безопасной и комфортной среды для всех посетителей.

5. Экологическая ответственность и безопасность.

При проектировании и эксплуатации санаторно-рекреационных комплексов необхо-

димо соблюдать экологические нормы и правила, обеспечивать охрану водных объектов, растительности и животного мира. Следует использовать экологически чистые материалы и технологии, а также внедрять системы управления отходами и энергосбережения. Это обеспечивает сохранение природного наследия для будущих поколений, снижает негативное воздействие на окружающую среду и создает здоровую и комфортную среду для посетителей [19, 20].

Стратегии реализации: использование возобновляемых источников энергии (солнечные панели, геотермальные установки); внедрение систем сбора и очистки дождевой воды; раздельный сбор и переработка отходов.

Соблюдение и реализация предложенных рекомендаций и стратегий позволят создать современные рекреационные зоны с качественной санаторно-рекреационной инфраструктурой, способствующие улучшению здоровья населения, увеличению туристического потенциала города и повышению общего качества городской среды.

Архитектурно-градостроительная концепция проекта санаторно-рекреационного комплекса термальных ванн

В качестве иллюстрации к разработанным рекомендациям и стратегиям организации санаторно-рекреационной инфраструктуры в ДМР выполнен экспериментальный проект санаторно-рекреационного комплекса термальных ванн, интегрированного в ландшафт на территории балки Пахотина в Кировском районе Волгограда (рис. 4).

Градостроительный анализ балки Пахотина был описан выше. Территория для проектирования комплекса выбрана на месте нахождения одного из подземных рудников «Ключ-ручей», вблизи центра реабилитации «Волгоград» и аквапарка «Акватория». Границы участка территории балки, который был взят для экспериментального проектирования санаторно-рекреационного комплекса термальных ванн, обозначены на рис. 4.

Концепция проекта основана на интеграции архитектурного комплекса в природный ландшафт балки Пахотина, с максимальным сохранением существующего рельефа и растительности. Проект предусматривает создание комфортной и привлекательной среды для отдыха и оздоровления, сочетающей природные и искусственные элементы. Основной задачей было создание объекта, который не нарушает природную гармонию, а дополняет и обогащает ее, предоставляя жителям города возмож-

ность насладиться уникальным микроклиматом и красотой долины. Использование террас, видовых площадок и озеленения позволяет создать многоуровневое пространство, органично вписанное в рельеф.

Комплекс термальных ванн включает ряд основных функциональных зон, таких как:

1. Зона термальных бассейнов. Открытые и закрытые бассейны с водой различной температуры и минерального состава, обеспечивающие возможность проведения бальнеологических процедур в любое время года. Расположение бассейнов на разных уровнях позволяет создать визуально интересное и разнообразное пространство.

2. Зона отдыха. Террасы, беседки, шезлонги и другие элементы благоустройства, предназначенные для отдыха и релаксации посетителей. Расположение зон отдыха в тени деревьев и вблизи водных объектов создает комфортные условия для восстановления сил.

3. Зона SPA-центра. Комплекс помещений для проведения SPA-процедур, массажа, грязелечения и других оздоровительных мероприятий.

4. Кафе и рестораны. Объекты общественного питания, предлагающие здоровую и сбалансированную пищу, соответствующую концепции оздоровительного комплекса. Кафе и рестораны расположены на видовых площадках, откуда открываются панорамные виды на долину и окружающую городскую застройку.

5. Административно-бытовой корпус. Помещения для персонала, техническое оборудование и другие вспомогательные функции.

Архитектурно-планировочные решения комплекса термальных ванн основаны на использовании террас, видовых площадок и озеленения. Террасы позволяют создать многоуровневое пространство, органично вписанное в рельеф балки Пахотина. Видовые площадки обеспечивают возможность насладиться панорамными видами на окружающий ландшафт. Расположение комплекса на рельефе также позволяет обеспечивать на территории естественную инсоляцию. Озеленение включает посадку деревьев, кустарников и цветов, создающих комфортный микроклимат и обогащающих эстетическое восприятие комплекса. Использование натуральных материалов (дерево, камень, стекло) в отделке фасадов и интерьеров способствует созданию гармоничной связи с природой [21].

Инженерное обеспечение комплекса термальных ванн включает системы водоснабжения, водоотведения, отопления, вентиляции и электроснабжения. Электроснабжение осуществляется от городской сети с использованием энергосберегающих технологий.

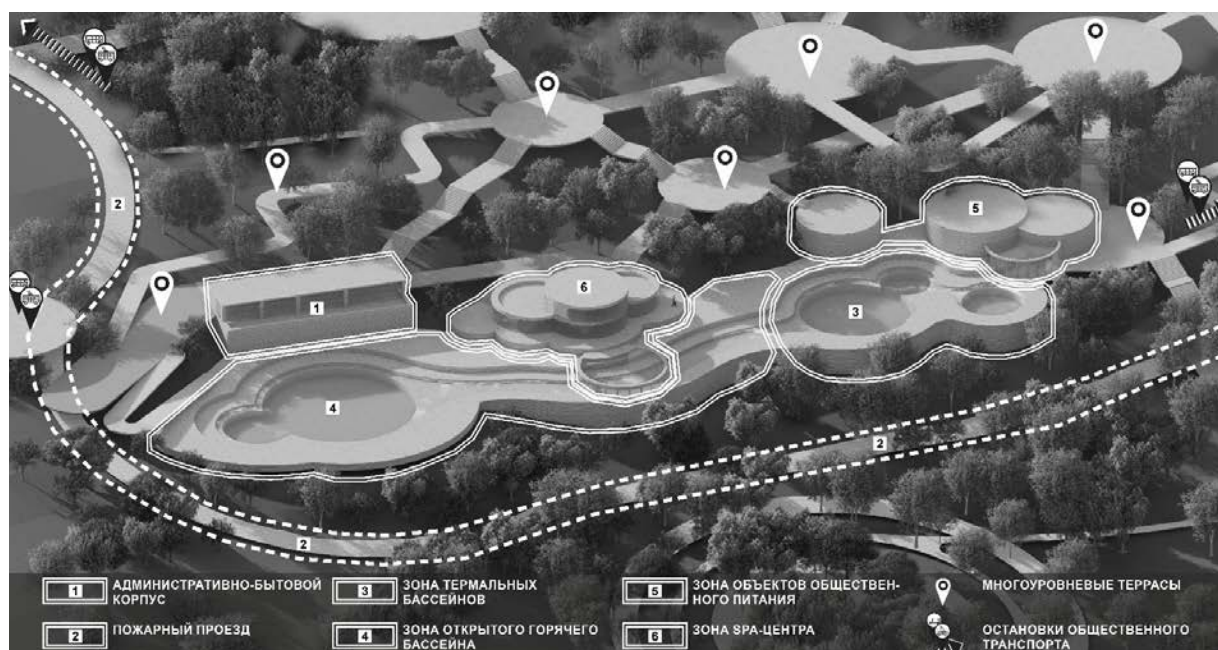


Рис. 4. Экспериментальный проект санаторно-рекреационного комплекса на территории балки Пахотина в Кировском районе Волгограда. Аксонометрия с функциональным зонированием

Fig. 4. Experimental sanatorium and recreation complex project on the territory of the beams of Pahotina in the Kirov district of Volgograd. Axonometry with functional zoning

Предложенные проектные решения обеспечивают эффективную градостроительную интеграцию комплекса термальных ванн в ландшафт балки Пахотина, создавая уникальное рекреационное пространство, сочетающее природные и искусственные элементы. Комплекс соответствует требованиям доступности и комфорта для различных групп населения, обеспечивая возможность проведения лечебных процедур, отдыха и оздоровления в комфортных условиях. Использование энергосберегающих технологий и экологически чистых материалов способствует экологической устойчивости проекта и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Размещение комплекса термальных ванн в балке Пахотина способствует возрождению этой территории, превращая ее из заброшенного участка в привлекательный объект для отдыха и санаторно-рекреационного туризма.

Выводы

1. Долины малых рек Волгограда обладают значительным потенциалом для развития санаторно-рекреационной инфраструктуры благодаря уникальному сочетанию природных ресурсов, градостроительных характеристик и рекреационной востребованности.

2. Успешное формирование санаторно-рекреационных зон требует учета комплекса вза-

имосвязанных факторов, включая природные ресурсы, градостроительную организацию, социально-экономические условия и нормативно-правовое регулирование.

3. Эффективная организация санаторно-рекреационной инфраструктуры на территории долин малых рек должна основываться на представленных рекомендациях, таких как: интеграция с ландшафтом, функциональная многогранность, универсальная доступность, экологическая ответственность и безопасность.

4. Разработка проектов по созданию санаторно-рекреационных комплексов на территории долин малых рек требует комплексного подхода, включающего градостроительный анализ, экологическую оценку, экономическое обоснование, разработку архитектурных решений, гармонично интегрированных в природную среду.

Научная новизна заключается в том, что предложенный подход к развитию санаторно-рекреационной инфраструктуры, основанный на комплексном использовании потенциала долин малых рек, представляет собой новое направление в организации градостроительной структуры и может служить основой для разработки аналогичных проектов в других городах.

С практической точки зрения результаты исследования могут быть использованы для разработки градостроительной документации, архитектурных проектов, инвестиционных

программ и нормативных актов, направленных на развитие санаторно-рекреационной инфраструктуры Волгограда.

Дальнейшие исследования по данному вопросу целесообразно направить на изучение природных оздоровительных ресурсов долин малых рек, оценку социальной и экономической эффективности развития территорий долин малых рек в санаторно-рекреационном направлении, а также разработку типовых проектов санаторно-рекреационных комплексов.

Реализация предложенных идей позволит создать в Волгограде современную систему рекреационных зон, немалую часть которых будет составлять санаторно-рекреационная инфраструктура. Основанные на использовании природного потенциала долин малых рек эти зоны будут способствовать улучшению здоровья населения и формированию привлекательных городских пространств.

Таким образом, комплексное развитие долин малых рек Волгограда является перспективным направлением для формирования современной санаторно-рекреационной инфраструктуры, отвечающей потребностям жителей и улучшающей качество их жизни, а также повышающей уровень городской среды и формирующей привлекательный облик города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернявский Ю.В. Перспективы социально-экономического развития Волгоградской области с учетом туристско-рекреационного потенциала. Волгоград: ВолГАСУ, 2009. 184 с.
2. Антюфеев А.В. Природно-ландшафтные основы формирования линейных градостроительных систем (на примере «Большого Волгограда») // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2020 году: сб. науч. тр. РААСН: в 2 т. Т. 1. М.: АСВ, 2021. С. 185–191.
3. Птичникова Г.А., Антюфеев А.В. Город, река и архитектура // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 3(88). С. 350–362.
4. Кириченко Г.О. Долины малых рек как ресурс территориального развития Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 34(53). С. 161–164.
5. Лазарев С.Е., Семенютина А.В., Хатько А.А. Анализ современного состояния и перспективы экологической реабилитации древесных насаждений долин рек // Наука. Мысль. 2020. Т. 10, № 1. С. 22–47. DOI: 10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.2.
6. Чернявский Ю.В., Манаенков А.С., Кулик А.К. Роль рекреационных и бальнеологических ресурсов в развитии Волгоградской области // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3(35). С. 97–103.
7. Чуйков А.В. Проблемы и тенденции размещения многофункциональных комплексов в городе с линейно-узловой структурой на примере Волгограда // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2020. № 4. С. 174–179.
8. Оборин М.С. Развитие курортной инфраструктуры на базе бальнеологических ресурсов // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 8. С. 134–144. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-8-134-144.
9. Langer P. Groundwater Mining in Contemporary Urban Development for European Spa Towns. J Hum Earth Future. 2020.1(1):1. DOI: 10.28991/HEF-2020-01-01-01.
10. Синявская Е.Е. Российская бальнеология: становление, вызовы и перспективы // Олимпийское наследие и крупномасштабные мероприятия: влияние на экономику, экологию и социокультурную сферу принимающих дестинаций. Сочи: Сочинский государственный университет, 2019. С. 230–233.
11. Walton J.K. Mineral Springs Resorts in Global Perspective: Spa Histories. 1st ed. Routledge. 2014. DOI: 10.4324/9781315540467.
12. Zingraff-Hamed A. Urban River Restoration: a socio-ecological approach = Restauration des rivières urbaines: une approche socio-écologique = Die Wiederherstellung von Stadtflüssen: ein sozioökologischer Ansatz: Dissertation ... Doktors der Naturwissenschaften. Technische Universität München, Université François - Rabelais de Tours; München; Tours; 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.15190.34887.
13. Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D. Models for Contemporary Exploitation of Balneological Potential in Vojvodina. In: Djukić A, Krstić-Furundžić A, Vaništa Lazarević E, Vukmirović M. Keeping Up with Technologies to Act Responsively in Urban Environment. 2020. V. 7. P. 241–247. DOI: 10.18485/arh_pt.2020.7.ch28.
14. Kuc S. Architectural and urban comprehensiveness in thermal spas in Styria and Burgenland in Austria. Czas Tech. 2016. P. 79–96. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.068.3868.
15. Ershova D., Matchina O. Recreational Potential, Long-Term Planning and Spatial Organization of the Climatic-Balneological Resort in the Area of the Tersinsky Mineral Water Deposit. IOP Conf Ser: Mater Sci Eng. 2021. P. 1079:022064. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/2/022064.
16. Зобова М.Г. Новая типологическая классификация санаторных учреждений // Градостроительство и архитектура. 2014. Т. 4, № 2. С. 21–24. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.4.
17. Степанова А.В., Поморов С.Б. Методика анализа бальнеологических комплексов (зарубежный, отечественный и региональный опыт) // Архитектура и градостроительство, дизайн и изобразительное искусство - 2021: теория и история, художественное творчество и проекты: сб. тр. Барнаул: Алтайский

государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022. С. 160–167.

18. Jabbar M., Yusoff M., Aziz S. Assessing the role of urban green spaces for human well-being: a systematic review. *GeoJournal*. 2021.87:1-19. DOI: 10.1007/s10708-021-10474-7.

19. Huang Y., Wang D. Study on the Function and Planning of Urban River Ecological Corridor. *Global Environ Eng*. 2024. 11:1-12. DOI: 10.15377/2410-3624.2024.11.1.

20. Wolch J., Byrne J. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape Urban Plann*. 2014. 125. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.01.017.

21. Разработка модели реализации Стратегии развития санаторно-курортного и туристско-рекреационного комплекса КМБ / Н. В. Боровикова, Н. В. Брескина, Т. Г. Гарбузова [и др.]. Пятигорск: Северо-Кавказский федеральный университет, филиал в г. Пятигорске, 2012. 212 с.

REFERENCES

1. Chernyavsky Yu.V. *Perspektivy social'no-ekonomicheskogo razvitiya Volgogradskoy oblasti s uchetom turistsko-rekreacionnogo potentsiala* [Prospects for the socio-economic development of the Volgograd region, taking into account the tourist and recreational potential]. Volgograd, VolGASU, 2009. 184 p.

2. Antyufeev A.V. Natural landscape foundations of the formation of linear urban planning systems (on the example of "Big Volgograd"). *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arhitektury, gradostroitel'stvo i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2020 godu: sb. nauch. tr. RAASN: v 2 t.* [Fundamental, exploratory and applied research of the RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2020: Scientific. tr. RAASN: in 2 tons.]. Moscow, ASV, 2021, vol. 1, pp. 185–191. (In Russian).

3. Ptiknikova G.A., Antyufeev A.V. City, river and architecture. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering], 2022, no. 3(88), pp. 350–362. (in Russian)

4. Kirichenko G.O. Valleys of small rivers as a resource of territorial development of Volgograd. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering], 2013, no. 34(53), pp. 161–164. (in Russian)

5. Lazarev S.E., Semenutina A.V., Khatko A.A. Analysis of the current state and prospects of ecological rehabilitation of tree plantations of river valleys. *Nauka. Mysl'* [Science. Thought], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 22–47. (in Russian) DOI: 10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.2

6. Chernyavsky Yu.V., Manaenkov A.S., Kulik A.K. The role of recreational and balneological resources in

the development of the Volgograd region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education], 2014, no. 3(35), pp. 97–103. (in Russian)

7. Chuikov A.V. Problems and trends in the placement of multifunctional complexes in the city with a linear-nodal structure on the example of Volgograd. *Arhitektura i dizajn: istoriya, teoriya, innovacii* [Architecture and Design: History, Theory, Innovation], 2020, no. 4, pp. 174–179. (in Russian)

8. Oborin M.S. Development of resort infrastructure based on balneological resources. *Vestnik Zabajkalskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Trans-Baikal State University], 2021, vol. 27, no. 8, pp. 134–144. (in Russian) DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-8-134-144

9. Langer P. Groundwater Mining in Contemporary Urban Development for European Spa Towns. *J Hum Earth Future*. 2020.1(1):1. DOI: 10.28991/HEF-2020-01-01-01

10. Sinyavskaya E.E. Russian balneology: formation, challenges and prospects. *Olimpijskoe nasledie i krupnomasshtabnye meroprijatija: vliyanie na jekonomiku, jekologiju i sociokul'turnuju sferu prinyimajushhih destinacij* [Olympic heritage and large-scale events: impact on the economy, ecology and socio-cultural sphere of host destinations]. Sochi, Sochi State University, 2019, pp. 230–233. (In Russian).

11. Walton J.K. Mineral Springs Resorts in Global Perspective: Spa Histories. 1st ed. Routledge. 2014. DOI: 10.4324/9781315540467

12. Zingraff-Hamed A. Urban River Restoration: a socio-ecological approach = Restauration des rivières urbaines: une approche socio-écologique = Die Wiederherstellung von Stadtlüssen: ein sozioökologischer Ansatz: Dissertation ... Doktors der Naturwissenschaften. Technische Universität München, Université François - Rabelais de Tours; München; Tours; 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.15190.34887

13. Ćuković Ignjatović N, Ignjatović D. Models for Contemporary Exploitation of Balneological Potential in Vojvodina. In: Djukić A, Krstić-Furundžić A, Vaništa Lazarević E, Vukmirović M. Keeping Up with Technologies to Act Responsively in Urban Environment. 2020. V. 7. P. 241–247. DOI: 10.18485/arh_pt.2020.7.ch28

14. Kuc S. Architectural and urban comprehensiveness in thermal spas in Styria and Burgenland in Austria. *Czas Tech*. 2016. P. 79–96. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.068.3868

15. Ershova D., Matehina O. Recreational Potential, Long-Term Planning and Spatial Organization of the Climatic-Balneological Resort in the Area of the Tersinsky Mineral Water Deposit. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 2021. P. 1079:022064. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/2/022064

16. Zobova M.G. New typological classification of sanatorium institutions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2014, vol. 4, no. 2, pp. 21–24. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.4

17. Stepanova A.V., Pomorov S.B. Methods of analysis of balneological complexes (foreign, domestic and regional experience). *Arhitektura i gradostroitel'stvo, dizajn i izobrazitel'noe iskusstvo - 2021: teoriya i istoriya, hudozhestvennoe tvorchestvo i proekty: sb. tr.* [Architecture and urban planning, design and fine arts - 2021: theory and history, artistic creativity and projects: Sat. tr.]. Barnaul, Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 2022, pp. 160–167. (In Russian).

18. Jabbar M., Yusoff M., Aziz S. Assessing the role of urban green spaces for human well-being: a systematic review. *GeoJournal*. 2021.87:1-19. DOI: 10.1007/s10708-021-10474-7

19. Huang Y., Wang D. Study on the Function and Planning of Urban River Ecological Corridor. *Global Environ Eng*. 2024. 11:1-12. DOI: 10.15377/2410-3624.2024.11.1

20. Wolch J., Byrne J. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape Urban Plann*. 2014. 125. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.01.017

21. Borovikova N.V., Breskin N.V., Garbuzova T.G. *Razrabotka modeli realizatsii Strategii razvitiya sanatorno-kurortnogo i turistsko-rekreacionnogo kompleksa KMV* [Development of the implementation model of the Strategy for the development of the spa and tourist-recreational complex KMV]. Pyatigorsk, North Caucasian Federal University, branch in Pyatigorsk, 2012. 212 p.

Об авторах:

ЧАПАЙКИН Александр Михайлович

аспирант кафедры урбанистики и теории архитектуры
Волгоградский государственный технический университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: chapajkin98@mail.ru

CHAPAYKIN Aleksandr M.

Post-graduate student of the Urban Studies and Theory of Architecture Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: chapajkin98@mail.ru

АНТЮФЕЕВ Алексей Владимирович

кандидат архитектуры, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой урбанистики и теории архитектуры
Волгоградский государственный технический университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1;
ведущий научный сотрудник
ЦНИИП Минстроя России
119331, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 29
E-mail: antyufeev_a@mail.ru

ANTYUFEEV Alexey V.

PhD in Architecture, Professor, Academician of RAASN
Head of the Urban Studies and Theory of Architecture Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
Lead Scientist
TsNIIP of the Ministry of Construction of Russia
119331, Russia, Moscow, Vernadsky av., 29
E-mail: antyufeev_a@mail.ru

Для цитирования: Чапайкин А.М., Антюфеев А.В. Архитектурно-градостроительное формирование долин малых рек с учётом санаторно-рекреационного ресурса // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 173–184. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.23.

For citation: Chapaykin A.M., Antyufeev A.V. Architectural-urban formation of small river valleys taking into account the sanatorium-recreational resource. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 173–184. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.23.

Принята: 06.05.2025 г.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Прием статей для публикации в научно-техническом журнале «Градостроительство и архитектура» осуществляется в постоянном режиме.

1. В редакцию журнала необходимо вместе с рукописью статьи представить следующие документы:

Согласие на публикацию статьи от каждого автора.
Согласие на обработку персональных данных (отдельное согласие от КАЖДОГО автора). Если автор уже публиковался в журнале и давал согласие на обработку персональных данных, повторно предоставлять этот документ не требуется.

Рекомендацию кафедры, отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа (заверенную выписку из протокола заседания) о публикации статьи в журнале.

Экспертное заключение из организации, представляемой рукописью статьи, о возможности опубликования в открытой печати.

Внешняя рецензия на рукопись статьи, оформленная в свободной форме и заверенная по месту работы рецензента (желательно).

2. Общие требования к оформлению документа:

Формат страницы – А4, ориентация книжная.

Шрифт текста рукописи – Times New Roman Cyr, размер 14pt.

Междустрочный интервал – 1,5.

Общий объем рукописи (включая иллюстрации и таблицы) – 8–15 страниц формата А4.

Формулы следует набирать с использованием редакторов формул MathType 6 или MS Equation 3.0. Формула не должна содержать промежуточные преобразования.

Иллюстрации выполняются черно-белыми (с хорошей проработкой деталей) в программах Corel Draw (с расширением *.cdr) или других редакторах (с расширением *.jpeg или *.tif).

Библиографический список размещается в конце текста статьи, нумерация дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте [в квадратных скобках]. При ссылках на нормативные документы (СНиПы, ГОСТы) номер и название документа указываются непосредственно в тексте статьи (в круглых скобках). Библиографический список должен быть оформлен по ГОСТ Р 7.0.5-2008.

3. Структура размещения основных частей статьи:

индекс УДК

инициалы, фамилии авторов

название статьи на русском языке

название статьи на английском языке

аннотация на русском языке (не менее 10 строк)

аннотация статьи на английском языке

ключевые слова на русском языке (до 10 словосочетаний)

ключевые слова на английском языке

текст статьи с выводами

библиографический список (не менее 5 наименований)

библиографический список на транслитерации (References)

полные сведения об авторе(ах) на русском языке: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, контактные телефоны (с кодом города), e-mail автора(ов); наименование организации (с указанием почтового адреса учреждения), в которых работает автор(ы), на русском языке

полные сведения об авторе(ах) на английском языке (см. выше)

4. Рукописи, не соответствующие требованиям редакции, не рецензируются, не публикуются и не возвращаются авторам

5. Публикации в журнале подлежат только оригинальные статьи, соответствующие тематическим направлениям журнала и ранее не публиковавшиеся в других изданиях.

6. Редакция имеет право представлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала <https://journals.eco-vector.com/2542-0151/index>.

7. Авторский коллектив несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.

8. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – СамГТУ. Перепечатка материалов журнала без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней в печатном виде) должны быть отправлены по почте или доставлены лично по адресу: Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194, Академия строительства и архитектуры, Самарский государственный технический университет. Редакция журнала «Градостроительство и архитектура» (каб. 307).

По всем вопросам, связанным с публикацией статей в журнале «Градостроительство и архитектура», обращаться к отв. секретарю Веселовой Марии Владимировне по тел. (846) 242-36-98

E-mail: urban@samgtu.ru, veselova63@inbox.ru.