

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 4 Т. 14
2024

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



САМАРА

7 сентября 2024 года после реставрации открылся один из самых известных городских исторических особняков в Самаре – Дом со слонами. «Дачу со слонами» спроектировал и построил почетный житель города, меценат, художник Константин Головкин в начале XX века. Визитная карточка особняка — две скульптуры слонов. Дом находится на склоне, откуда открывается вид на Волгу.

В облике и конструктиве здания переплетены разные стили. Видны мотивы модерна, актуальные в то время и вдохновившие автора. Встречаются элементы венского сецессиона – движения, которое было связано с модерном и отличалось чёткими структурными линиями и сдержанной геометрией. В силуэте здания нашло воплощение много нестандартных решений. В результате здание вышло за пределы модерна – в первую очередь благодаря уникальной личности его автора и владельца. Ещё одно необычное для того времени архитектурное решение – несколько крытых и открытых террас.

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

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

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Т. 14, № 4

САМАРА
2024

Главный редактор – д.т.н., профессор А.К. СТРЕЛКОВ
Заместитель главного редактора по направлению «Строительство» – д.т.н., профессор В.И. КИЧИГИН
Заместитель главного редактора по направлению «Архитектура» – к.арх., профессор В.А. САМОГОРОВ
Ответственный секретарь – к.филол.н. М.С. ДОСКОВСКАЯ

Редакционная коллегия:

С.Ю. АНДРЕЕВ, д.т.н., профессор (Пенза)	В.А. СЕЛЕЗНЕВ, д.т.н., профессор (Тольятти)
И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор (Саратов)	С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., доцент
Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор	К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор
Ю.П. БОЧАРОВ, д. арх., профессор (Москва)	Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор
А.Л. ВАСИЛЬЕВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)	В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор
В.В. ВАХНИНА, д.т.н., профессор (Тольятти)	Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент
А.Л. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор (Н. Новгород)	А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)
В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор	З. ВОЙЧИЦКИ, D.Sc., профессор (Вроцлав, Польша)
А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор	Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)
В.В. ЕЛИСТРАТОВ, д.т.н., профессор (С.-Пб.)	М. КНЕЗЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)
В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)	Я. МАТУШКА, Ph.D, доцент (Пардубице, Чешская Республика)
Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор	А. МОЧКО, Ph.D, доцент (Вроцлав, Польша)
А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор	С. ОГНЕНОВИЧ, Ph.D, профессор (Скопье, Македония)
И.В. ЛИПАТОВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)	М. ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)
Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент	Д. САФАРИК, главный редактор STBUN Journal (Чикаго, США)
А.А. ПРОКОПОВИЧ, д.т.н., доцент	

Editor in Chief – D. Eng., Prof. A.K. STRELKOV
Deputy Editor (Construction) – D. Eng., Prof. V.I. KICHIGIN
Deputy Editor (Architecture) – PhD in Architecture, Prof. V.A. SAMOGOROV
Executive Secretary – PhD in Philology M.S. DOSKOVSKAYA

Editorial Board

S.Yu. ANDREEV, D. Eng., Prof. (Penza)	V.A. SELEZNEV, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
I.I. ARTYUKHOV, D. Eng., Prof. (Saratov)	S.V. STEPANOV, D. Eng., Ass. Prof.
E.A. AKHMEDOVA, D. Arch., Prof.	K.L. CHERTES, D. Eng., Prof.
Y.P. BOCHAROV, D. Arch., Prof. (Moscow)	N.G. CHUMACHENKO, D. Eng., Prof.
A.L. VASILYEV, D. Eng., Ass. Prof. (Nizhny Novgorod)	V.A. SHABANOV, PhD in Engineering, Prof.
V.V. VAKHINA, D. Eng., Prof. (Tolyatti)	D.A. SHLYKHIN, D. Eng., Ass. Prof.
A.L. GELFOND, D. Arch., Prof. (Nizhny Novgorod)	A. BORODINECS, D.Sc., Prof. (Riga, Latvia)
V.P. GENERALOV, PhD in Architecture, Prof.	Z. WOJCICKI, D.Sc., Prof. (Wroclaw, Poland)
A.I. DANILUSHKIN, D. Eng., Prof.	G. RADOVIC, D.Sc. arch., Prof. (Podgorica, Montenegro)
V.N. ELISTRATOV, D. Eng., Prof. (Saint Petersburg)	M. KNEZEVIC, D.Sc., Prof. (Podgorica, Montenegro)
V.N. ZENTSOV, D. Eng., Prof. (Ufa)	J. MATUŠKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)
T.V. KARAKOVA, D. Arch., Prof.	A. MOCZKO, Ph.D., Ass. Prof. (Wroclaw, Poland)
A.A. KUDINOV, D. Eng., Prof.	S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)
I.V. LIPATOV, D. Eng., Ass. Prof. (Nizhny Novgorod)	M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)
N.D. POTIENKO, PhD in Architecture, Ass.Prof.	D. SAFARIK (Chicago, the USA)
A.A. PROKOPOVICH, D. Eng., Ass. Prof.	

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
Подписной индекс в каталоге агентства «Урал-Пресс»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина
Корректор, дизайн обложки: М.В. Веселова
Фото на обложке: Виталий Шабинский

Подписано в печать 23.12.2024 г. Выпуск в свет 30.12.2024 г.
Формат 60х90 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная.
Печ. л. 24,25. Тираж 300 экз. Заказ № 2140

Адрес издателя: 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
Адрес редакции: 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 307
Телефон: (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, г. Самара, ул. Песчаная, 1; тел. (846) 267-36-82

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

© СамГТУ, 2024

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 **Алексеев В.Н., Жиленко О.Б.** Влияние условий закрепления деревянных балок перекрытий на механическую безопасность объектов культурного наследия
- 10 **Дидковская О.В., Власова Н.В., Селезнева Ж.В.** Создание креативных кластеров на месте промышленных зон
- 18 **Кальмова М.А., Ахмедов А.Д., Тюмченкова Г.А., Кусаева Ж.М.** К вопросу проектирования двухполюсных радиально-вантовых систем

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 25 **Веселова Н.М., Кондауров П.П., Лёгкий А.Д.** К вопросу определения тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов систем теплоснабжения на предпроектной стадии
- 33 **Зинина С.А., Мустафин Р.М., Еремин А.В.** Численное исследование задачи теплопроводности в пористом материале, образованном элементарными ячейками Neovius
- 39 **Микитаева И.Р., Микитаева Ф.К.** Организация строительной деятельности в горных условиях (на примере строительства газопровода в Приэльбрусье)
- 46 **Негода Л.Л., Курмаева Т.С.** Биологические повреждения городских зданий жилого фонда г. Самары

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 53 **Алексенцева С.Е., Захаров И.В.** Разработка метода бурения простых и артезианских скважин, колодезных устройств при прохождении сложных и скальных пластов породы путём дробления скальных пород с применением ружейного патрона
- 60 **Кичигин В.И., Юдин А.А.** Исследование технологии реагентного обезвоживания избыточного активного ила из вторичного отстойника при помощи экспериментально-статистических моделей
- 69 **Продоус О.А., Якубчик П.П., Шлычков Д.И., Смолин Е.С.** Сравнительный анализ гидравлических характеристик изношенных металлических водопроводов, рассчитанных по формулам разных авторов
- 76 **Саргсян А.М., Макаров А.Ю.** Реконструкция насосных станций в мелиоративном хозяйстве
- 82 **Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Король И.В.** Определение технологических параметров процесса опреснения вод Черного моря с использованием лабораторного модуля обратного осмоса – ROUK

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 92 **Балабанов М.С., Леоненко А.С.** Влияние жидкого отхода переработки древесно-стружечных плит на водопотребность цементного теста
- 97 **Чумаченко Н.Г., Тюриков В.В.** Разработка состава легкоплавкой добавки для снижения температуры обжига керамических материалов

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 102 **Абрамян С.Г., Фоменко Н.А., Оганесян О.В.** Совершенствование технологии устройства буронабивной сваи с уширителем
- 108 **Рязанова Г.Н., Алешичев В.И.** Оптимизация технологических параметров укладки бетона в различные варианты опалубок при производстве работ в стесненных условиях строительства

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- 118 **Жигулина А.Ю., Юрченко Ю.И.** Энергоэффективные здания: ключевые принципы и практика проектирования и строительства

АРХИТЕКТУРА

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

- 125 **Данилова Э.В.** Архитектурная диалектика Колина Роу
- 136 **Зобова М.Г., Киверов Д.А.** Опыт охраны и использования объектов спортивного наследия в условиях исторической среды городов
- 143 **Орлова Н.А., Орлов Д.Н., Рождественская Е.С.** Архивные материалы об открытии Загородного парка в 30-е годы в Самаре

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 149 **Кузнецова А.А., Ненашева А.А.** Функциональный потенциал модельных детских библиотек
- 158 **Попов А.В., Тутышкин Е.Ю.** Особенности архитектурной организации зданий и комплексов технопарков по результатам архитектурного обследования 110 объектов в России

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 166 **Le Trung Hieu, Le Van Trong.** Features of planning for the development of urban underground space in Vietnam
- 171 **Kashiripoor M.M.** Fourth wave technologies in construction and architecture: from idea to realization. (part 3: Sample applications of the fourth wave technology in construction and architecture)



**В. Н. АЛЕКСЕЕНКО
О. Б. ЖИЛЕНКО**

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

INFLUENCE OF CONDITIONS FOR FASTENING WOODEN FLOOR BEAMS ON THE MECHANICAL SAFETY OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS

Рассматривается вопрос эксплуатации и приспособления объектов культурного наследия XVIII – XIX вв. к новому функциональному назначению. Проблема заключается в несоответствии основных конструктивных и объемно-планировочных параметров требованиям действующих норм. Применение для объектов культурного наследия типовых приемов усиления стен, как правило, искажает аутентичность не только конструктивных решений и применяемых материалов, но и приводит к необратимым изменениям фасадов и планировки помещений. На основании проведенных исследований разработан метод повышения механической безопасности каменных стен, объектов культурного наследия анкерными креплениями с деревянными балками перекрытий. При этом сохраняется аутентичность объекта с минимальным инженерным вмешательством в его несущую систему.

Ключевые слова: объект культурного наследия, здание, конструкции, восстановление, усиление, аутентичность, новое функциональное назначение

Здания, признанные объектами культурного наследия, в подавляющем большинстве относятся к периоду возведения XVIII – XIX вв. Проблема эксплуатации и приспособления таких зданий к новому функциональному назначению заключается в несоответствии основных конструктивных и объемно-планировочных параметров требованиям действующих норм.

The article discusses the issue of exploitation and adaptation of cultural heritage objects of the 18th – 19th centuries to a new functional purpose. The problem lies in the non-compliance of the basic design and space-planning parameters with the requirements of current standards. The use of standard methods of strengthening walls for cultural heritage sites, as a rule, distorts the authenticity of not only the design solutions and materials used, but also leads to irreversible changes in the facades and layout of the premises. Based on the research, have developed a method for increasing the mechanical safety of stone walls and cultural heritage sites using anchors with wooden floor beams. At the same time, the authenticity of the object is preserved with minimal engineering intervention in its supporting system.

Keywords: cultural heritage site, building, structures, restoration, strengthening, authenticity, new functional purpose

Это объясняется невозможностью зодчих прошлых веков предвидеть будущие изменения нормативных требований. Но и современным проектировщикам игнорировать развитие нормативных документов, в том числе ужесточающих регламенты вертикальных и горизонтальных нагрузок, недопустимо [1, 2]. Подобные объекты культурного наследия, благодаря

искусству и интеллекту своих создателей, как правило, обладают отменным балансом постоянных нагрузок и в настоящее время самостоятельно «борются» за свое дальнейшее существование, при этом предъявляя нынешнему поколению молчаливые, но незыблемые аргументы длительной безаварийной эксплуатации, вопреки требованиям действующих норм, разработанных для нового строительства.

Применение для объектов культурного наследия типовых приемов усиления стен, как правило, искажает аутентичность не только конструктивных решений и применяемых материалов, но и приводит к необратимым изменениям фасадов и планировок помещений [3–5].

Авторами на основании проведенных исследований разработан метод повышения механической безопасности каменных стен, объектов культурного наследия анкерными креплениями с деревянными балками перекрытий. При этом сохраняется аутентичность объекта с минимальным инженерным вмешательством в его несущую систему [6–12].

Методика натурных испытаний и правила определения несущей способности анкерных креплений балок перекрытий к продольным стенам из бутовой кладки основаны на положениях ГОСТ 32047-2012 «Кладка каменная. Метод испытания на сжатие». Сущность данного метода состоит в том, что проводимыми испытаниями анкерных креплений на продольную нагрузку, прикладываемую к анкеру вдоль его оси, определяют сопротивление крепления нагрузке и деформации, соответствующим характерным для него предельным состояниям, а затем обработкой результатов испытаний вы-

числяют несущую способность анкеров и площадь распределительных стальных пластин. При этом определяющим критерием является прочность кладки на сжатие (в том числе местное смятие). Допускаемый уровень усилий в анкерных креплениях должен исключить появление необратимых деформаций и трещинообразование в швах бутовой кладки.

Авторами проведены натурные физические и численные эксперименты на одном из объектов (рис. 1). Определена прочность каменных материалов стен. Рассчитаны допускаемые размеры стальных распределительных пластин, исключающие развитие необратимых деформаций и трещинообразования в швах кладки. В этих целях использованы общие методы экспериментальных и теоретических исследований: анализ, синтез, дедукция, индукция, аналогия.

На основании анализа и обработки полученных результатов определены следующие характеристики.

Физико-механические свойства камня природного известняка, используемого для кладки стен, определены испытанием каменного элемента 100х100 мм; h = 100 мм; объемный вес 1890. Испытание проведено в соответствии с актуализированной редакцией ГОСТ 8.136-74 на гидравлическом прессе МИП-50Э. На основании анализа и обработки полученных результатов определены прочностные характеристики камня природного известняка (табл. 1).

Физико-механические свойства арматуры класса А 500С, используемой при изготовлении анкеров, определены испытанием стержней длиной 350 мм. Испытание проведено

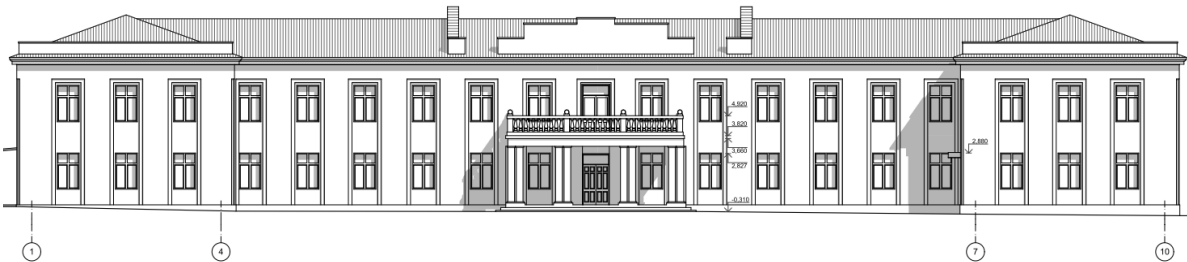


Рис. 1. Вид главного фасада
Fig. 1. Main facade

Таблица 1. Физико-механические свойства камня природного известняка кладки стен
Table 1. Physico-mechanical properties of natural limestone stone for masonry walls

Геометрические характеристики $a \times b \times h$, м	Масса m , кН	Объемный вес ρ , кг/м ³	Разрушающая нагрузка F , кН	Предел прочности на сжатие σ , МПа	Марка камня
0,10 × 0,10 × 0,10	0,0185	1890	94,3	9,43	М 75

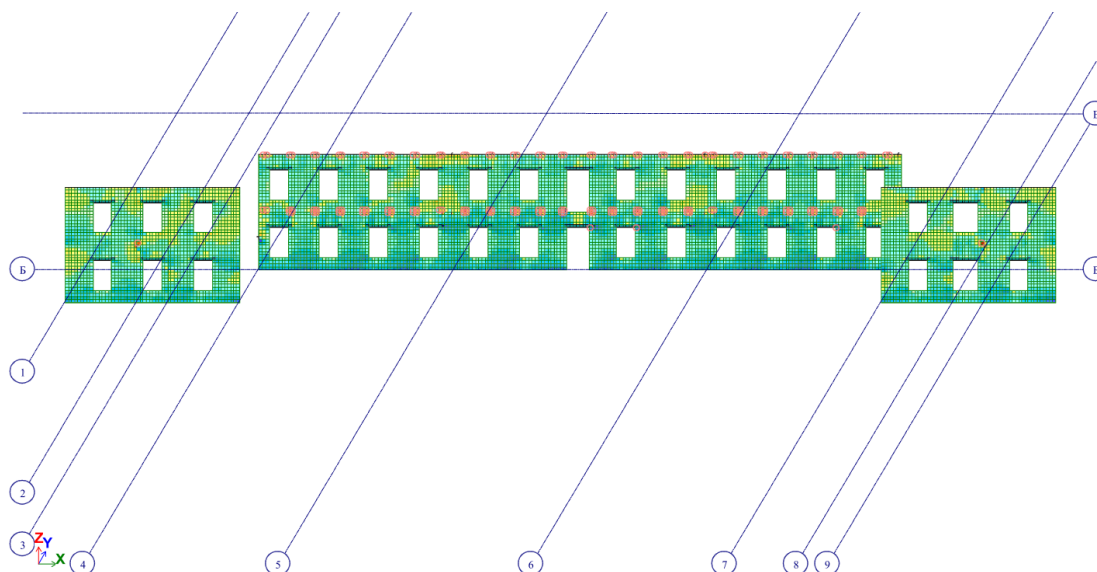


Рис. 2. Схема расположения пластических шарниров и потенциальных зон локальных разрушений
Fig. 2. Layout of plastic hinges and potential zones of local destruction

в соответствии с актуализированной редакцией ГОСТ 1497-84 на разрывной машине, дополнительно оборудованной ДЭП/6-2Д-500С-2.

На основании анализа и обработки полученных результатов определены следующие прочностные и деформативные характеристики арматуры: физический предел текучести σ_y , временное сопротивление σ_u , модуль упругости E_s , предельные относительные деформации ϵ_{ux} . Установлено соответствие классу А 500С.

Прочность растворов кладки стен определена на образцах, взятых из швов в соответствии с требованиями ГОСТ 5802-86 (актуализированная редакция) «Растворы строительные. Методы испытаний». Прочность раствора бутовой кладки по толщине стен (составляющей 700 мм) изменчива. В наружной версте кладки стен прочность раствора с добавлением извести колеблется в пределах от М10 до М25 марки по прочности на сжатие. Во внутренней версте кладки стен прочность раствора соответствует марке по прочности на сжатие М4. Применение в дальнейших исследованиях этого объекта культурного наследия какой-либо интегрированной прочности кладочного раствора некорректно. Целесообразно использовать наиболее осторожные значения прочности – минимальные, определенные разрушающими лабораторными испытаниями образцов.

Пространственный расчет несущей системы (рис. 2) выявил зоны локальных разрушений, сосредоточенные в местах опирания балок перекрытий первого и чердачного этажей.

Вскрытие перекрытий первого этажа выявило деревянные балки, установленные с ша-

гом 800 мм (рис. 3). Остаточная несущая способность балок достаточна для безопасной эксплуатации. Прогобы потолков в помещениях первого этажа – в пределах значений, допускаемых современными нормами. Отклонения полов помещений второго этажа от горизонтальной плоскости – в пределах значений, допускаемых современными нормами.

Для обеспечения лучшей пространственной работы стен и балочных перекрытий целесообразно выполнить следующее. Объединить стены при помощи анкерных креплений с деревянными балками перекрытий первого и чердачного этажей. В целях сохранения аутентичности фасадов распределительные стальные пластины маскируются в штрабах,



Рис. 3. Вид вскрытия перекрытия первого этажа
Fig. 3. View of the opening of the first floor ceiling

закрываемых впоследствии фрагментами каменной нарезки.

По результатам экспериментов определены предельно допускаемые напряжения в кладке от стальных распределительных пластин анкерных креплений деревянных балок и продольных стен. Установлено, что отклонение оси стального анкера от продольной оси деревянной балки на величину до 27° практически не влияет на характер и уровень напряжений под распределительной пластиной. Результаты исследований представлены графически на рис. 4.

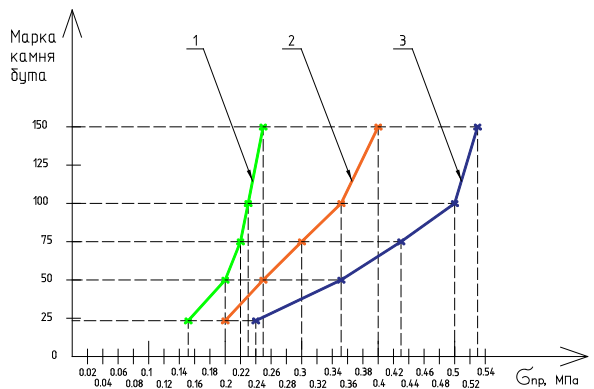


Рис. 4. Допускаемые напряжения в бутовой кладке стен от стальных распределительных пластин анкерных креплений деревянных балок, исключая необратимые деформации и трещинообразование в швах при прочности кладочного раствора: 1 – соответствующего марке М4; 2 – соответствующего марке М10; 3 – соответствующего марке М25

Fig. 4. Allowable stresses in rubble masonry walls from steel distribution plates and anchor fastenings of wooden beams, excluding irreversible deformations and cracking in the seams with the strength of the masonry mortar: 1 – corresponding to grade М4; 2 – corresponding to grade М10; 3 – corresponding to grade М25.

Предлагаемая схема (рис. 5) анкерного закрепления позволила ликвидировать потенциальные пластические шарниры и локальные зоны разрушений за счет повышения пространственной работы системы стены-перекрытия.

При разработке предложений по расчету и конструированию элементов анкерных креплений приоритетными условиями явились следующие: 1) исключить ухудшение совместной работы материалов; 2) уровень допускаемых напряжений не должен приводить к необратимым деформациям кладки и раскрытию швов.

Установлено, что определяющими факторами вышеприведенных условий является прочность кладочного раствора, а также геометрические размеры и форма (камни рваного бута или чистой тески) природных камней. По результатам исследований конкретного объекта в табл. 2 представлены рекомендуемые значения площади распределительных стальных пластин толщиной 8 мм с учетом вышеизложенных допущений.

Таблица 2. Площадь распределительных стальных пластин толщиной 8 мм для анкерных креплений деревянных балок к стенам при шаге балок 800 мм, см²
Table 2. Area of distribution steel plates 8 mm thick for anchoring wooden beams to walls with a beam spacing of 800 mm, cm²

Марка кладочного раствора	Марка бутового камня				
	М25	М50	М75	М100	М150
М4	390	293	266	255	234
М10	293	234	195	167	147
М25	234	167	136	117	107

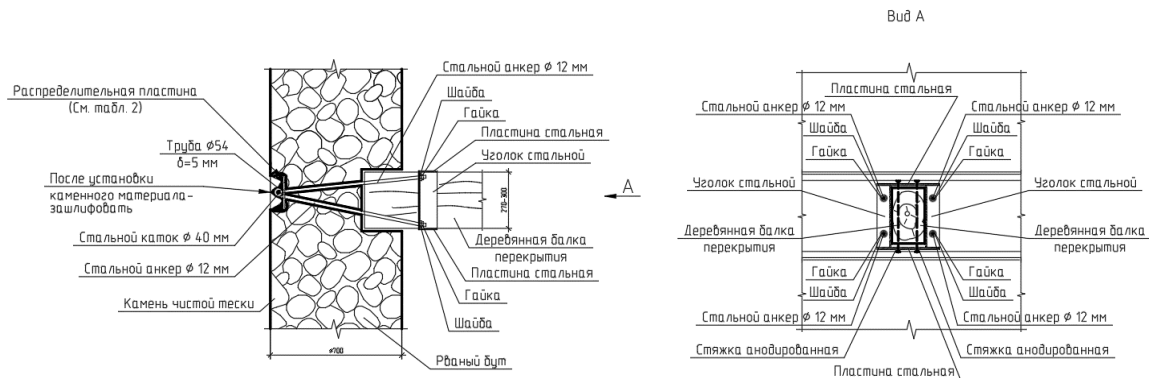


Рис. 5. Схема закрепления деревянных балок перекрытий с каменными стенами
Fig. 5. Scheme for fastening wooden floor beams with stone walls

В связи с природной изменчивостью структуры камней природного известняка, образовавшегося в качестве продукта отложения, целесообразно оперировать факторами совместной работы элементов анкерных креплений только в упругой стадии работы. Попытки учета неупругой работы элементов могут привести к неоправданному и весьма опасному завышению проектных прочностных характеристик анкерных соединений в природном известняке.

Выводы. 1. Анкерное закрепление деревянных балок в стенах существенно повышает уровень механической безопасности объектов культурного наследия.

2. На основе экспериментальных исследований разработаны предложения по расчету и проектированию анкерных креплений деревянных балок перекрытий и стен.

3. В связи с естественной изменчивостью структуры камней природного известняка, образовавшегося в качестве продукта отложения, учет неупругой работы элементов анкерных креплений и бутовой кладки может привести к неоправданному и весьма опасному завышению проектных прочностных характеристик.

4. При выполнении расчета и конструирования анкерных креплений деревянных балок и стен из природных камней иной геометрии необходимо выполнение контрольных испытаний, уточняющих фактические параметры совместной работы.

5. Предложенные авторами конструктивные решения позволяют скрыть элементы усиления, сохранив аутентичность фасадов объекта культурного наследия, а также достичь допускаемого нормами уровня механической безопасности объекта культурного наследия с минимальным объемом инженерного вмешательства и, соответственно, уровнем материальных затрат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 5567-2013. Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия.
2. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Минрегион России. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 167 с.
3. Guerreiro J., Gago A.S., Ferreira J., Proença J. An innovative anchoring system for old masonry buildings. *Journal of Building Engineering*. 2017. P. 184–195.
4. Guerreiro J., Gago A.S., Ferreira J., Proença J. An innovative anchoring system for old masonry buildings. *Journal of Building Engineering*. 2017. P. 184–195.
5. Kelly Streeter P.E., Keith Luscinski. Mechanical Anchor Strength in Stone Masonry. *STRUCTURE magazine*. 2013. P. 14–16.

6. Устройство усиления купола кладочной структуры. Патент на полезную модель RU 188063 30.11.2017 / Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б.

7. Alekseenko V., Zhilenko O. Seismic stability of the restored architectural monument // *Magazine of Civil Engineering*. 2016. N. 7. P. 31–38. DOI: 10.5862/MCE.67.4.

8. Alekseenko V., Zhilenko O. Bearing capacity of pasted anchors in the masonry walls of natural limestone // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. N. 81(5). P. 52–63. DOI: 10.18720/MCE.81.6.

9. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Опыт реставрации объектов культурного наследия в сейсмических районах // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. № 12 (39). С. 57–75.

10. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Восстановление поврежденных коррозией конструкций гражданских зданий на обводненных грунтах западного побережья Республики Крым // *Градостроительство и архитектура*. 2016. №4(25). С. 13–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.2.

11. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Прогнозная оценка сейсмостойкости незавершенных строительством объектов недвижимости // *Градостроительство и архитектура*. 2019. Т.9, № 3. С. 4–11. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.1.

12. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Сохранение аутентичности и приспособление объекта культурного наследия – компромисс или конфликт // *Градостроительство и архитектура*. 2021. Т.11, № 1. С. 4–17. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.1.

REFERENCES

1. GOST 5567-2013. The procedure for organizing and conducting engineering and technical research at cultural heritage sites.
2. SP 14.13330.2018. *Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh*. Minregion Rossii. Moscow. TsPP. 2011. 167 p.
3. Guerreiro J., Gago A.S., Ferreira J., Proença J. An innovative anchoring system for old masonry buildings. *Journal of Building Engineering*. 2017. P. 184–195.
4. Guerreiro J., Gago A.S., Ferreira J., Proença J. An innovative anchoring system for old masonry buildings. *Journal of Building Engineering*. 2017. P. 184–195.
5. Kelly Streeter, P.E., Keith Luscinski. Mechanical Anchor Strength in Stone Masonry. *STRUCTURE magazine*. 2013. P. 14–16.
6. Alekseenko V., Zhilenko O. Device for strengthening the dome of the masonry structure. utility model patent [Ustrojstvo usilenija kupola kladochnoj struktury]. Patent RF, no. 188063 30.11, 2017.
7. Alekseenko V., Zhilenko O. Seismic stability of the restored architectural monument. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. N. 7. P. 31–38. DOI: 10.5862/MCE.67.4.
8. Alekseenko V., Zhilenko O. Bearing capacity of pasted anchors in the masonry walls of natural limestone. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. N. 81(5). P. 52–63. DOI: 10.18720/MCE.81.6.

9. Alekseenko V., Zhilenko O. Experience in the restoration of cultural heritage sites in seismic regions. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij* [Construction of unique buildings and structures], 2015, no. 12 (39), pp. 57–75. (in Russian)

10. Alekseenko V.N., Zhilenko O.B. Reconstruction of corrosion-damaged structures of civil buildings on wet ground of the Republic of Crimea western coast. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2016. no. 4(25), pp. 13–18. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.2

11. Alekseenko V.N., Zhilenko O.B. Forecasting Seismic Resistance of Real Estate Unfinished Construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 3, pp. 4–11. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.1

12. Alekseenko V.N., Zhilenko O.B. Preservation of authenticity and adaptation of a cultural heritage site - compromise or conflict. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 4–17. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.1

Об авторах:

АЛЕКСЕЕНКО Василий Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры геотехники и конструктивных элементов зданий Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
295493, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
E-mail: AVN108@mail.ru

ALEKSEENKO Vasily N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Geotechnics and Building Elements Chair Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky
295493, Russia, Simferopol, Kievskaya st., 181
E-mail: AVN108@mail.ru

ЖИЛЕНКО Оксана Борисовна

кандидат технических наук, доцент кафедры геотехники и конструктивных элементов зданий Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
295493, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
E-mail: o.b.zhilenko@mail.ru

ZHILENKO Oksana B.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Geotechnics and Building Elements Chair Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky
295493, Russia, Simferopol, Kievskaya st., 181
E-mail: o.b.zhilenko@mail.ru

Для цитирования: Алексеев В.Н., Жиленько О.Б. Влияние условий закрепления деревянных балок перекрытий на механическую безопасность объектов культурного наследия // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.01.

For citation: Alekseenko V.N., Zhilenko O.B. Influence of conditions for fastening wooden floor beams on the mechanical safety of cultural heritage objects. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.01.

О. В. ДИДКОВСКАЯ
Н. В. ВЛАСОВА
Ж. В. СЕЛЕЗНЕВА

СОЗДАНИЕ КРЕАТИВНЫХ КЛАСТЕРОВ НА МЕСТЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН

CREATION OF CREATIVE CLUSTERS IN THE PLACE OF INDUSTRIAL ZONES

В исследовании рассмотрены теоретические основы формирования креативных кластеров, проведён анализ механизмов и инструментов их создания, представлены критерии классификации промышленных зон для их последующего преобразования в креативные пространства, разработан механизм передачи промышленных зон креативным индустриям. Отмечено, что спрос на продукты креативных индустрий есть в городах-миллионниках, где исторически сложились сильные творческие сообщества. Интерес представляет пример выбора для преобразования – это территория самарского элеватора, расположенная в историческом центре Самары. Трансформация промышленных зон в креативные кластеры поможет не только экономическому возрождению заброшенных территорий, но и созданию новых социальных и культурных ценностей, что является ключом к устойчивому развитию городов в двадцать первом веке.

Ключевые слова: креативный кластер, промышленные территории, туристические кластеры

The study presents the theoretical foundations of the formation of creative clusters, analyzes the mechanisms and tools for their creation, presents criteria for classifying industrial zones for their subsequent transformation into creative spaces, and develops a mechanism for transferring industrial zones to creative industries. It is noted that there is a demand for products from creative industries in cities with millions of people, where historically strong creative communities have developed. An interesting example of the choice for conversion is the territory of the Samara elevator, located in the historical center of Samara. The transformation of industrial zones into creative clusters will help not only the economic revival of abandoned territories, but also the creation of new social and cultural values, which is the key to sustainable urban development in the twenty-first century.

Keywords: creative cluster, industrial areas, tourism clusters

В современных экономических условиях перед городами стоит задача поиска новых путей развития, которые могли бы обеспечить их экономическое процветание и социальное благополучие. Одним из перспективных направлений является создание креативных кластеров, которые способны стать точками роста инноваций и туризма. Промышленные зоны, утратившие свою первоначальную функцию, представляют собой огромные возможности для городского развития и могут быть использованы как площадки для формирования креативных кластеров.

Актуальность темы создания креативных кластеров на месте промышленных зон заключается в трансформации заброшенных промышленных территорий в центры притяжения новых инвестиций и талантливых людей, что в свою очередь способствует развитию креативной индустрии и стимулирует экономический рост в регионе [1, 2].

Креативные кластеры – это не просто географическое объединение предприятий и организаций креативных индустрий, это динамичные системы, генерирующие инновационные идеи и продукты. Они становятся центрами притяжения для талантов, инвестиций и технологий, тем самым оказывая существенное влияние на экономическое развитие и культурное обогащение городов и регионов [3].

Сравнение моделей креативных кластеров, основоположников теории о креативных кластерах Чарльза Лэндри, Ричарда Флориды, Майкла Портера, Аллена Дж. Скотта и Джона Хоукса, позволяет выявить как общие черты, так и уникальные особенности каждого подхода [4].

Общим для всех моделей является признание важности креативных кластеров в экономическом росте и создании инноваций. Все авторы утверждают, что кластеры способствуют скоплению талантов и ресурсов, что ведет к повышению конкурентоспособности и эконо-

мической динамике. Также они подчеркивают роль креативных кластеров в формировании социально-культурной среды, которая обогащает общество и способствует его развитию.

Однако каждый из авторов делает акцент на различных аспектах креативных кластеров.

Чарльз Лэндри выделяет инновации и творческие индустрии как основу для улучшения городской среды и повышения качества жизни.

Ричард Флорида считает, что толерантность, технологии и талант являются важными элементами привлечения и удержания талантливых людей.

Майкл Портер же акцентирует внимание на экономических преимуществах кластеров, основанных на конкуренции и сотрудничестве между компаниями и институтами.

Аллен Дж. Скотт утверждает, что географическое соседство является ключевым фактором для стимулирования создания инноваций и развития экономики.

Джон Хоукс придает большое значение культурной политике, считая её основой для формирования креативных кластеров.

Многоаспектность подходов к формированию креативных кластеров является основой. При этом одни авторы делают упор на экономические аспекты и конкурентные преимущества, другие акцентируют внимание на социальном и культурном развитии. Иными словами, успешные креативные кластеры требуют комплексного подхода, который учитывает как экономические, так и социальные факторы. Территориально это может быть район в городе, где много студий, галерей, стартапов или медиаагентств. Такое соседство помогает креативным индустриям обмениваться идеями, находить новых клиентов и работать над совместными проектами.

История появления креативных кластеров в мире начинается с изменений в экономических и социальных структурах, происходящих в постиндустриальный период. С упадком традиционных промышленных отраслей и ростом значимости знаний и творчества города и регионы стали искать новые пути экономического развития.

С 1960-х гг. во многих странах мира начался процесс снижения активности в промышленности, в ходе которого производственные предприятия стали перемещаться из городов в пригороды, где затраты на рабочую силу были ниже городских. Это в свою очередь повлекло за собой опустение больших территорий промышленных зон. Опустевшие территории заводов представляли собой и проблему, и возможности, так как, с одной стороны, они ухудшали картину городской среды, а с дру-

гой – предоставляли потенциал для реновации и преобразования их под арт-пространства. На сегодняшний день по данным сайта «Заводы. РФ» в России 808 заводов прекратили свою деятельность, оставив свои здания, сооружения и прилегающие к ним территории на произвол судьбы [5].

Со временем власти и бизнесмены стали осознавать роль арт-пространств в экономике и культуре, а также их роль в дальнейшем развитии регионов, так как в такие районы притягивалось всё больше талантливых людей, бизнесов и туристов. Таким образом, они стали поддерживать создание креативной индустрии и помогать в их развитии, именно поэтому креативные кластеры начали становиться неотъемлемой частью городской жизни, привлекая новые рестораны, кафе, магазины и т. д.

Процесс трансформации промышленных зон в креативные кластеры – это явление, которое стало особенно заметным в конце XX и начале XXI в. и связано с постиндустриальным развитием городов, когда промышленное производство ушло из центра города, оставив после себя пустующие здания и территории.

Проблемы, связанные с развитием городской среды, часто включают в себя устаревание и износ коммуникаций, зданий и сооружений, необходимость улучшения транспортной системы, обеспечение доступности и качества жилищных услуг и проблемы экологического характера.

В контексте транспортной инфраструктуры креативные кластеры могут предложить новые подходы к управлению движением, разработке умных транспортных систем и т. д. Также они могут способствовать созданию проектов по озеленению и улучшению городской экологии.

В области жилищного строительства креативные кластеры могут внести вклад в разработку доступного и функционального жилья, сочетая в себе современные технологии и дизайн, что особенно важно для растущих городов, где жилищный вопрос стоит особенно остро.

Заброшенные предприятия представляют собой серьезную проблему для городской среды, поскольку они оказывают сильное негативное влияние на окружающую среду, так как такие объекты часто становятся источником экологических рисков из-за возможного загрязнения почвы и воды остатками промышленной деятельности. Отсутствие должного ухода за территорией приводит к её постепенному ухудшению, что может включать в себя разрушение зданий и сооружений, усиление роста сорной растительности и накопление мусора. Арт-пространства могут преобразить бывшие промышленные зоны и заброшенные здания, превратив

их в живые районы с новыми рабочими местами и общественными пространствами.

Заброшенные территории в свою очередь приводят к снижению стоимости недвижимости в округе, что отрицательно сказывается на экономическом благополучии района. Эти территории являются барьером для развития городской инфраструктуры, так как занимают значительные площади, которые могли бы быть использованы для создания жилых комплексов, общественных пространств или новых предприятий.

Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что проблема заброшенных промышленных зон требует комплексного подхода к ее решению, включая следующие работы: оценку экологического состояния территорий, разработку планов санации и рекультивации, поиск эффективных способов перепрофилирования этих объектов для нужд города и его жителей и т. д.

Бывшие промышленные зоны можно трансформировать в парки, культурные или образовательные центры, жилые комплексы или новые бизнес-пространства, что требует совместной работы местных властей, бизнеса и общественности.

Таким образом, креативные кластеры могут стать мощным инструментом для решения проблем развития городской инфраструктуры, предлагая новые идеи и подходы, способствующие улучшению городской среды, повышению качества жизни горожан и привлечению туристов.

В последние десятилетия креативные кластеры вышли на передний план экономического развития во многих регионах. Эти уникальные экосистемы, где сходятся искусство, культура, технологии и бизнес, стали двигателем развития инноваций, которые вносят значительный вклад в экономическую динамику. Становясь центрами инноваций и творчества, креативные кластеры создают благоприятную среду для обмена идеями и знаниями, что способствует созданию новых продуктов и услуг.

Разработчики Атласа креативных кластеров Российской Федерации составили рейтинг субъектов РФ по оценке вклада креативных пространств в валовой региональный продукт (ВРП) и город Самара занимает 11-ю строчку рейтинга, что составляет 4,3 % от всего ВРП России. Такому вкладу в ВРП Самара обязана успешно работающим арт-пространствам, таким как Станкозавод, Дом №77 и Фабрика-кухня. Они создают новые рабочие места в различных сферах, от творчества и технологий до образования и туризма.

Станкозавод, построенный когда-то сердце машиностроения в 1873 году, в 2022 году пре-

образился в креативный кластер, став местом для инноваций, культуры и предпринимательства. Все 4 этажа наполнены жизнью, для посетителей открыты магазины, здесь расположены офисы многочисленных компаний, можно ознакомиться с представленными выставочными материалами или стать участником концерта. Даже крыша станкозавода преобразилась – здесь также проводятся зрелищные мероприятия в амфитеатре (рис. 1).

Запуск в России программы Rurban Creative Lab Агентства Стратегических Инициатив (АСИ) совместно с ДОМ.РФ дал весомый толчок к началу преобразований долго пустовавших производственных зданий в крупные индустрии, объединившие анимацию, дизайн, IT-технологии, моду, театр, выставки, а вокруг этих территорий появились атмосферные общественные пространства, комфортное жилье.



Рис. 1. Новое пространство станкозавода, Самара
Fig. 1. The new space of the machine tool factory, Samara

По данным ДОМ.РФ для участия в программе Агентства Строительных Инициатив было подано более 3,3 тыс. заявок из 80 регионов России. Появление креативных пространств не только благоприятно повлияет на городскую среду, но и на экономику региона в целом. И в связи с активным желанием предпринимателей создавать арт-пространства каждый регион разработал свою региональную программу, нацеленную на развитие творчества и инициативы молодых и неравнодушных городских жителей.

Согласно закону от 13 января 2022 г. № 8-ГД «О развитии творческих (креативных) индустрий в Самарской области», выделяются следующие цели [6]:

- стимулирование развития креативных индустрий и креативного предпринимательства Самарской области;

- развитие предпринимательского, культурного и туристического потенциала Самарской области;
- сохранение исторического, культурного наследия, айдентики, традиционных рецептов, включая локальный культурный контекст и сырье, возрождение и развитие народных художественных промыслов, их делокализация и масштабирование, воспроизводство в современных товарах и услугах;
- развитие молодежного предпринимательства в Самарской области;
- создание в Самарской области благоприятных условий для творческой самореализации граждан, обеспечения опережающего развития сферы культуры и образования;
- создание условий для обеспечения доступа субъектов креативных индустрий к специализированной инфраструктуре;
- развитие механизмов государственной поддержки субъектов креативных индустрий;
- развитие механизмов государственно-частного партнерства в сфере креативных индустрий Самарской области.

Самара с ее богатой историей, культурным наследием и творческим потенциалом представляет собой идеальное место для создания таких креативных кластеров. Богатое историческое и культурное наследие Самары может стать основой для креативного кластера, привлекая творческих людей, туристов и инвесторов.

Кроме того, благодаря своему стратегическому расположению на пересечении ключевых транспортных маршрутов, Самара легко

доступна для посетителей и инвесторов. Таким образом, вместе все эти элементы делают Самару идеальным местом для создания креативного кластера, который может стать катализатором для творчества, инноваций и экономического развития.

Для создания преуспевающего креативного пространства необходимо начать с создания четкого плана развития, в котором будут указаны цели, задачи способы их достижения, предназначение креативного кластера и дальнейшее его преобразование. Такой план должен учитывать рентабельность, финансовую значимость и социальные и культурные потребности региона [7].

Также в создании креативного кластера необходима господдержка, которая обеспечит правовую основу, может предоставить финансовую поддержку и льготы на его реализацию.

Благодаря объединению различных сфер деятельности в креативном кластере происходит обмен знаниями искусства и высоких технологий, что в свою очередь способствует созданию уникальных продуктов. Именно поэтому для успешного функционирования креативной индустрии необходима многопрофильность.

Как и в любом механизме, в создании креативных кластеров на территории бывших промышленных зон задействован широкий круг участников (см. таблицу). Эффективное взаимодействие между всеми заинтересованными сторонами является заключительным ключевым аспектом в успешном создании арт-пространства.

Участники процесса создания креативных кластеров и их роли
Participants in the process of creating creative clusters and their roles

Участники процесса	Роль участников процесса в создании креативных кластеров
Инициаторы проекта	Инициатируют проект
Государство	Обеспечивает финансовую поддержку, предоставляет льготные условия
Инвесторы	Финансируют все этапы проекта. Инвесторами могут быть частные инвесторы, банки, государство
Строители и архитекторы	Разрабатывают генплан, дизайн-проект креативного кластера, занимаются благоустройством зеленых зон, рекреационных зон
Экологи	Проводят экологические экспертизы для выявления любых загрязнений или экологических проблем. Разрабатывают стратегии по восстановлению территории или предотвращению экологических катастроф
Юристы	Предоставляют юридические консультации на всех этапах проекта, следят за соответствием проекта с законами и нормативными актами
Местные сообщества	Предлагают идеи развития кластера, оставляют отзывы о его работе для дальнейшего развития
Творческие и культурные организации	Организуют творческие и культурные мероприятия

Окончание таблицы

Участники процесса	Роль участников процесса в создании креативных кластеров
Специалисты по маркетингу	Выполняют роль разработчиков стратегии продвижения и развития креативного кластера, занимаются поиском арендаторов и арендодателей. Создают рекламу и отвечают за брендинг
Управляющие компании	Являются ответственными за выполнение работ по обслуживанию креативного кластера
Эксперты в области технологий и инфраструктуры	Создают надежную инфраструктуру с использованием современных технологий
Учреждения культуры и образования	Создаются программы, благодаря которым проводятся семинары, публичные площадки для выступления, выставки
Эксперты по устойчивому развитию	Продвигают рекомендации, которые направлены на внедрение экологических, энергоэффективных технологий
Инновационные центры	Создают условия для привлечения молодых специалистов путем внедрения новых современных технологий
Художники и креативные профессионалы	Обеспечивают деятельность, которая определяет креативный кластер и является его ядром. В него входят дизайнеры, музыканты, художники
Организаторы мероприятий	Организовывают мероприятия креативного кластера с привлечением как местного общества, так и туристов
Поставщики услуг	Создают услуги, которые удовлетворяли бы потребности арендаторов и пользователей кластера
Операторы сферы туризма и гостиничного бизнеса	Способствуют развитию экономики путем привлечения туристов для проведения культурно-массовых мероприятий, организаций экскурсий, а также других видов услуг, связанных с туризмом, используя культурную и творческую направленность
Общественные перевозчики	Создают условия для возможности сообщения креативного пространства с городом, с привлечением общественного транспорта а также привлечение альтернативных способов сообщений или изменение уже имеющихся маршрутов
Специалисты цифровых технологий и социальных сетей	Для привлечения широкой аудитории применяют интернет-ресурсы, различные сервисы цифровых технологий, тем самым обеспечивая продвижение кластера
Агентства по развитию персонала	Создают программы, проводят тренинги, семинары для повышения квалификации рабочей силы в пределах своего кластера
Международные культурные и творческие организации	Обеспечивают международные отношения для обмена межкультурным опытом, способствуя партнерским отношениям и совместным проектам
Местные предприниматели	Создают для креативного кластера бизнес, в рамках которого обеспечивается экономическое разнообразие и устойчивость

Механизм создания креативных кластеров на месте промышленных зон можно разделить на 6 основных этапов (рис. 2).

Исследование и анализ. Является неотъемлемой частью механизма создания креативного кластера на месте промышленных зон. Это первый этап, который включает в себя изучение текущего состояния территории, её потенциала и возможностей. На данном этапе проводятся экономические, социальные и культурные исследования, анализируется инфраструктура

и транспортная доступность. Всё это помогает понять, насколько данная территория подходит для создания креативного кластера и какие возможности она предоставляет.

Разработка концепции. Второй этап в механизме создания креативного кластера на месте промышленных зон, выполняющийся на основе полученных данных, где определяется цель и задачи проекта, выбираются направления деятельности, определяются целевые группы и потенциальные участники. Концепция вклю-

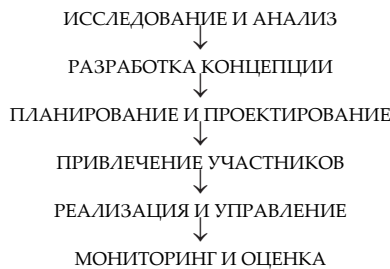


Рис. 2. Этапы механизма создания креативных кластеров на месте промышленных зон
Fig. 2. Stages of the mechanism for creating creative clusters on the site of industrial zones

чаем в себя общую структуру кластера, включая зоны для работы, отдыха, выставок, мероприятий и другие элементы. Она служит основой для дальнейшего планирования и проектирования.

Планирование и проектирование. На третьем этапе происходит создание детального плана развития территории. Рассматриваются вопросы реконструкции зданий, создания новых пространств, установки необходимой инфраструктуры и оборудования. Проектируется общая структура кластера, включая зоны для работы, отдыха, выставок, мероприятий и другие элементы. Важной задачей на этом этапе является обеспечение эффективного использования пространства и создание комфортных условий для всех участников.

Привлечение участников. Разрабатывается план для привлечения различных организаций, компаний, стартапов, индивидуальных предпринимателей и других заинтересованных сторон, благодаря чему креативный кластер будет успешным. Проводятся маркетинговые кампании, организуются встречи и презентации, создаются условия для сотрудничества и взаимодействия. Важно обеспечить привлекательность кластера для потенциальных

участников и создать благоприятную среду для их работы и развития.

Реализация проекта. На данном этапе проводятся строительные и ремонтные работы, устанавливается оборудование, налаживается работа инфраструктуры. Важно обеспечить эффективное управление кластером, включая координацию работы участников, организацию мероприятий, продвижение и развитие проекта. Управление кластером требует постоянного мониторинга и оценки его эффективности, чтобы своевременно корректировать стратегию развития и улучшать работу кластера.

Мониторинг и оценка. На протяжении всего процесса создания и функционирования кластера необходимо проводить мониторинг и оценку его эффективности. Оцениваются финансовые показатели, социальный и культурный вклад, уровень удовлетворенности участников и посетителей. Полученные данные используются для корректировки стратегии развития и улучшения работы кластера.

Одной из площадок для трансформации бывшей промышленной зоны в креативный кластер отлично подходит территория самарского элеватора, расположенная в историческом центре Самары (рис. 3).

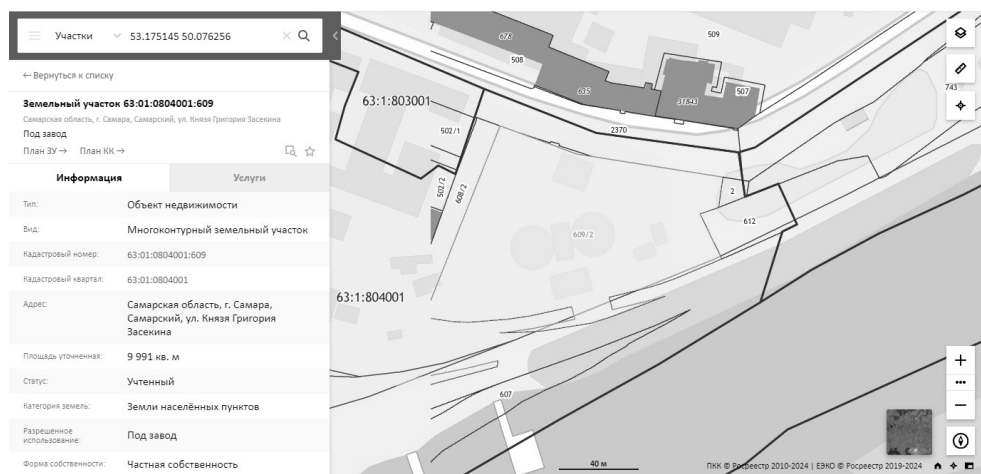


Рис. 3. Земельный участок самарского элеватора
Fig. 3. Land plot of the Samara elevator

Самарский элеватор является одним из уникальнейших памятников промышленной архитектуры начала XX в. Этот объект, когда-то являвшийся ключевым звеном в процессе хранения и переработки зерна, сегодня обладает всеми условиями для трансформации в новый центр культурной и творческой жизни и туризма.

Местоположение территории элеватора является удачным и ключевым моментом при создании арт-пространства. Рядом есть остановка общественного транспорта, откуда можно легко добраться до любой точки города. Также рядом находятся магазины, кафе и рестораны. Недалеко от элеватора расположен парк, в окрестностях есть много культурных мест для посещения: музеи, театры, парки развлечений. Кроме того, территория самарского элеватора расположена в историческом центре города, что обеспечивает удобную пешеходную и транспортную развязку, в отличие от других заброшенных промышленных зон в Самаре.

Земельный участок бывшего зернохранилища представляет собой территорию площадью 9 991 м². На рис. 3 видно несколько построек, одним из которых является здание элеватора. Большая территория пустует, что дает возможность дальнейшего ее использования под благоустройство зеленой территории, площади для проведения различных мероприятий и т. д.

Культурные и культурно-исторические объекты в районе элеватора показаны на рис. 4 (Музейно-выставочный центр истории и развития пожарно-спасательного дела, Смоленская церковь на Хлебной площади, Особняк Аржанова, здания бывшего мукомольного завода №1, Башня Крепости и др.).

Остановка общественного транспорта ул. Кутякова находится в 380 м от объекта трансформации, что примерно в семи минутах

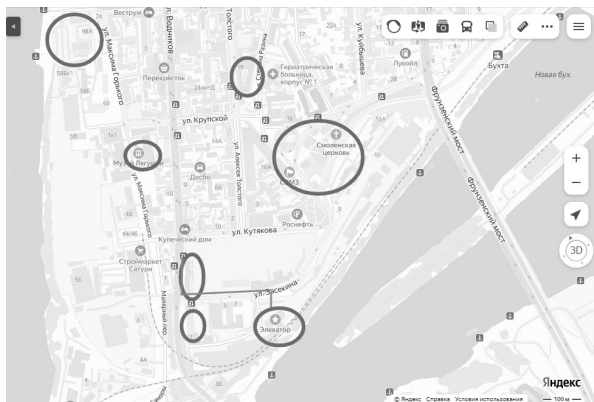


Рис. 4. Культурные и культурно-исторические объекты в районе элеватора

Fig. 4. Cultural and cultural-historical sites in the elevator area

ходьбы. В районе заброшенной территории находятся заведения общепита, 4 гостиницы, магазины. Также можно отметить близость знаменитой самарской набережной, пешеходной Ленинградской улицы, где располагается множество кафе, ресторанов, баров, музеев и др.

Туристы, приезжающие в Самару, увидят в кластере уникальную достопримечательность, где они смогут погрузиться в местную культуру, узнать больше об истории города и получить незабываемые впечатления. Бизнес-сообщества найдут в арт-пространствах возможности для их развития. Это могут быть инвестиции в культуру и искусство, поддержка местных талантов, или даже создание новых предприятий, связанных с креативной индустрией.

Таким образом, креативный кластер на территории самарского элеватора станет пространством, где каждый сможет найти что-то свое, вне зависимости от возраста, профессии или интересов.

Вывод. Необходимость программы по созданию креативных кластеров назрела давно, ведь практически в каждом городе есть немало промзон, которые не используются по прямому назначению. И одно из наиболее эффективных решений – передача таких пространств креативным индустриям. Благоустройство вокруг самарского элеватора создаст идеальные условия для креативных людей, где заброшенная промышленная зона преобразуется в современное креативное пространство, совмещающее в себе элементы истории, культуры и искусства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Благиных Е.А., Дрожжин Р.А. Механизмы и принципы реновации стагнирующих территорий металлургических предприятий // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 4. С. 61–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.11.
3. Острикова М.В. История развития креативных кластеров в современной культуре: причины и последствия их появления // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Познание. 2023. № 7. С. 32–35. DOI: 10.37882/2500-3682.2023.07.11.
4. Волошинская А.А., Комаров В.М. Опыт реализации концепций креативного города в России // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16, № 4(463). С. 637–648. DOI: 10.24891/ea.16.4.637.
5. Закрытые заводы – обновляемый список промышленных предприятий [Электронный ресурс].

URL: <https://заводы.пф/publication/zakrytye-zavody> (дата обращения: 20.08.2024).

6. Закон Самарской области от 13.01.2022 № 8-ГД «О развитии творческих (креативных) индустрий в Самарской области».

7. Соловьёва И.А. Кластеризация креативной экономики // Научное и практико-ориентированное обеспечение социокультурной деятельности в условиях развития креативных индустрий. Орёл: Орловский государственный институт культуры, 2023. С. 78–94.

REFERENCES

1. Vaytens A.G., Shtiglits M.S. Industrial Heritage of Saint Petersburg XIX - early XX Centuries as Objects of Architectural Tourism. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 154–162. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.20

2. Blaginykh E.A., Drozhzhin R.A. Mechanisms and Principles for the Renovation of Stagnant Areas of Metallurgical Enterprises. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 4, pp. 61–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.11

3. Ostrikova M.V. The history of the development of creative clusters in modern culture: the causes and consequences of their appearance. *Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Poznanie* [Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Cognition], 2023, no. 7, pp. 32–35. (in Russian) DOI: 10.37882/2500-3682.2023.07.11

4. Voloshinskaya A.A., Komarov V.M. Experience in implementing the concepts of a creative city in Russia. *Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 2017, vol. 16, no. 4(463), pp. 637–648. (in Russian) DOI: 10.24891/ea.16.4.637

5. *Closed plants – updated list of industrial enterprises*. Available at: <https://заводы.пф/publication/zakrytye-zavody> (accessed 20 August 2024)

6. Law of the Samara Region dated 13.01.2022 No. 8-GD “On the Development of Creative (Creative) Industries in the Samara Region” (In Russian)

7. Solovyova I.A. Clustering of the creative economy. *Nauchnoe i praktiko-orientirovannoe obespechenie sociokul'turnoj dejatel'nosti v usloviyah razvitiya kreativnyh industrij* [Scientific and practice-oriented support of sociocultural activities in the context of the development of creative industries]. Oryol, Oryol State Institute of Culture, 2023, pp. 78–94. (In Russian).

Об авторах:

ДИДКОВСКАЯ Ольга Всеволодовна

доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: kafedra_cen@mail.ru

DIDKOVSKAYA Olga V.

Doctor of Economics, Professor, Head of the Cost Engineering and Technical Expertise of Buildings and Structures Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: kafedra_cen@mail.ru

ВЛАСОВА Наталья Валерьевна

кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений Самарский государственный технический университет 443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: nikiforova70@inbox.ru

VLASOVA Natalia V.

PhD in Economics, Associate Professor of the Cost Engineering and Technical Expertise of Buildings and Structures Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: nikiforova70@inbox.ru

СЕЛЕЗНЕВА Жанна Владимировна

кандидат экономических наук, доцент кафедры стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений Самарский государственный технический университет 443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: sjv-74@mail.ru

SELEZNEVA Zhanna V.

PhD in Economic, Associate Professor of the Cost Engineering and Technical Expertise of Buildings and Structures Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: sjv-74@mail.ru

Для цитирования: Дидковская О.В., Власова Н.В., Селезнева Ж.В. // Создание креативных кластеров на месте промышленных зон // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 10–17. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.02.

For citation: Didkovskaya O.V., Vlasova N.V., Selezneva Zh.V. Creation of creative clusters in the place of industrial zones. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 10–17. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.02.

М. А. КАЛЬМОВА
А. Д. АХМЕДОВ
Г. А. ТЮМЧЕНКОВА
Ж. М. КУСАЕВА

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВУХПОЯСНЫХ РАДИАЛЬНО-ВАНТОВЫХ СИСТЕМ

TO THE ISSUE OF DESIGNING TWO-BELT RADIAL-CABLE SYSTEMS

Рассматривается задача построения двухпоясных радиально-вантовых систем покрытия. Определяется конфигурация опорного контура в случае изменения формы и материала стержней. Исследуется напряженно-деформированное состояние системы. Рассмотрено два случая загрузки покрытия временной нагрузкой и проведен анализ влияния характера загрузки покрытия на напряженно-деформированное состояние системы.

The problem of construction of two-belt radial-cable coating systems is considered. The configuration of the supporting contour is determined in the event of a change in the shape and material of the rods. Stress-strain state of the system is investigated. Two cases of loading the coating with a temporary load were considered and an analysis of the effect of the nature of loading the coating on the stress-strain state of the system was carried out.

Ключевые слова: шарнирно-стержневая система, опорный контур, радиально-вантовые системы, напряженно-деформированное состояние

Keywords: hinge-rod system, support contour, radial-cable systems, stress-strain state

Введение

В настоящее время в современном строительстве вантовые конструкции находят широкое применение ввиду их легкости и экономичности. Традиционно вантовые системы используются при строительстве мостов, рынков, строительных комплексов, выставочных центров и других сооружений большой площади, где невозможна установка промежуточных опор и обеспечена свободная планировка пространства. Кроме того, они широко используются в дизайнерских решениях и архитектуре. Работая на растяжение и передавая нагрузки фундаментам и опорам, вантовые системы могут удерживать огромный вес, так как являются геометрически неизменяемыми конструкциями [1, 2].

Формулировка проблемы

На основании проведенного анализа обзора литературы было выявлено, что проектирование вантовых систем является актуальной задачей. Двухпоясные вантовые системы относятся к числу основных несущих элементов облегченных строительных конструкций больших пролетов покрытий зданий и сооружений.

В связи с этим в настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с проектированием опорного контура двухпоясных радиально-вантовых систем покрытия, описывается влияние характера загрузки покрытия временной нагрузкой на напряженно-деформированное состояние системы. Для выполнения расчетов приняты следующие обозначения:

H_1 – горизонтальная составляющая усилия в несущем тросе; H_2 – то же в стабилизирующем тросе; $\bar{H}$ – суммарное усилие предварительного натяжения ($\bar{H} = \bar{H}_1 + \bar{H}_2$); f_1 – начальная стрелка несущего троса; $k = f_2/f_1$ – отношение стрелок стабилизирующего и несущего тросов; $t = R_1/R_2$ – отношение жесткостей несущего и стабилизирующего тросов; q, p – постоянная и временная нагрузки соответственно; W – прогиб; EI – жесткость опорного кольца; M – изгибающий момент в опорном кольце; u – горизонтальное радиальное перемещение точек опорного контура; e – пролет радиального элемента; R – суммарная жесткость тросов ($R = R_1 + R_2$); r – радиус опорного кольца;
 $H = \frac{\bar{H}}{R}, f_1 = \frac{f_1}{l}, P = \frac{P}{R}, q = \frac{q}{R}, EI = \frac{EI}{Rr^3}, M = \frac{M}{Rl}, W = \frac{W}{l},$
 $u = \frac{u}{l}$ – безразмерные величины.

Опорный контур

Для анализа напряженно-деформированного анализа системы было рассмотрено две схемы опорного контура:

- железобетонный опорный контур с поперечным сечением прямоугольного вида;
- металлический опорный контур – двутаврового сечения [3].

Далее на основании численного исследования составлена сравнительная таблица коэффициентов роста изгибающих моментов в опорном контуре при увеличении его жесткости в n раз при различном предварительном напряжении (табл. 1, рис. 1). Значения, указанные в таблице, показывают интервалы изменения этих коэффициентов в зависимости от абсолютных значений жесткостей опорного контура.

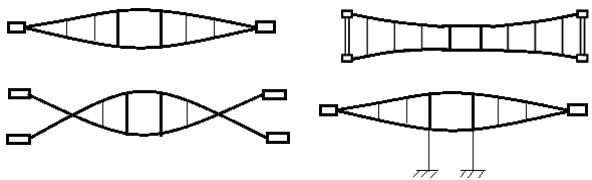
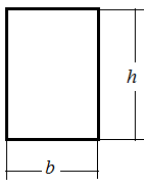
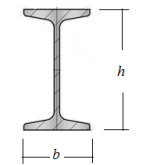


Рис.1. Радиальные предварительно напряженные радиально-вантовые системы
Fig.1. Radial prestressed radial cable-stayed systems

Таблица 1. Сравнительная таблица коэффициентов роста изгибающих моментов в опорном контуре
Table 1. A comparative table of the growth coefficients of bending moments in the reference contour

Вид сечения		$\bar{H}$	
		0,0027	0,0013
Прямоугольное 	2	1,23-1,45	1,39-1,45
	4	1,53-2,05	1,50-2,00
	$n8$	2,00-2,70	2,06-2,70
	16	2,92-3,50	3,00-3,44
Двутавровое 	32	4,10-4,40	4,20-4,50
	64	5,30-5,50	5,30-5,50
	128	6,80-7,00	7,00-7,20

Примечание. n – коэффициент роста изгибающих моментов в опорном контуре при увеличении его жесткости в n раз; $\bar{H}$ – суммарное усилие предварительного натяжения.

Из анализа графика величины максимальных изгибающих моментов в опорном кольце от его жесткости (рис. 2) можно отметить, что коэффициенты роста изгибающих моментов практически не зависят от величины предварительного напряжения $\bar{H}$ в системе, хотя сами величины изгибающих моментов с ростом $\bar{H}$ увеличиваются.

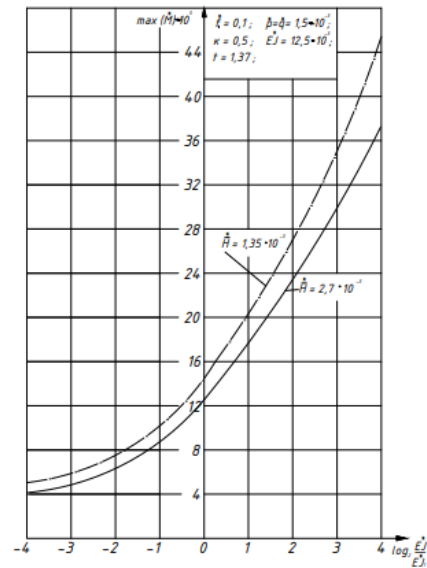


Рис.2. График зависимости величины максимальных изгибающих моментов в опорном кольце от его жесткости
Fig.2. Graph of the dependence of the maximum bending moments in the support ring on its stiffness

Железобетонный опорный контур прямоугольного сечения

Расчет на прочность внецентренно-сжатого прямоугольного сечения производим согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Армирование контура принимаем симметричным, так как изгибающие моменты, возникающие в опорном контуре, знакопеременны и близки по абсолютной величине.

Рассмотрим два случая работы железобетонных элементов.

1. Случай малых эксцентриситетов.

Площадь арматуры рассчитываем по формуле

$$A_a = A'_a = \frac{Ne}{R_a z_a} - \frac{0,4 R_a b h_0^2 k}{R_a z_a} \tag{1}$$

Приблизительно принимаем $z_a = h_0 = h$ и полагаем также, что площадь сечения есть величина, не зависящая от изгибной жесткости

опорного контура. Это допущение вполне правомерно, так как площадь сечения опорного контура в основном определяется величиной нормальной силы, которая практически не меняется в зависимости от изгибной жесткости опорного контура. Тогда в формуле (1) второй член не зависит от жесткости опорного контура, а величина площади арматуры зависит от первого члена, который принимает вид $(M / R_a h)$. Так как для прямоугольных сечений отношение высот λ с одинаковой площадью равно квадратному корню из отношения моментов инерции $\lambda = \sqrt{n}$, то увеличение жесткости сечения в n раз приводит к увеличению площади арматуры в $\frac{a_n}{\sqrt{n}}$, где a_n – коэффициент роста изгибающих моментов, взятый из табл. 1, в зависимости от величин n [3, 4].

Таблица 2. Значения величин $\frac{a_n}{\sqrt{n}}$
Table 2. The values of the quantities $\frac{a_n}{\sqrt{n}}$

n	1	2	4	8	16
$\sqrt{n}$	1	1,41	2	2,82	4
$\frac{a_n}{\sqrt{n}}$	1	0,87-1,03	0,77-1,03	0,71-0,96	0,73-0,87

Из таблицы следует, что при отношении сторон больше 2 оказывается выгоднее разбивать прямоугольное сечение по горизонтали. Если же принять во внимание тот факт, что с уменьшением жесткости опорного контура возрастают перемещения контура и моменты в колоннах (см. рис. 2), то можно рекомендовать во всех случаях сечение, развитое в горизонтальном направлении (рис. 3).

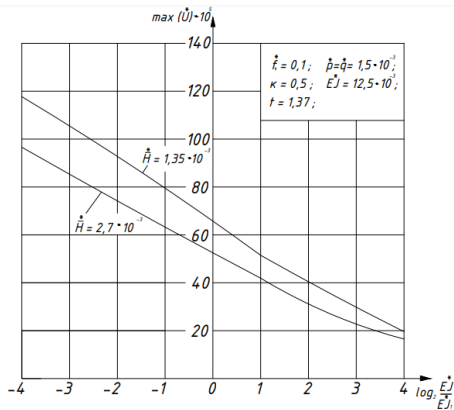


Рис. 3. График зависимости величины максимального перемещения опорного кольца от его жесткости
Fig. 3. Graph of the dependence of the maximum displacement of the support ring on its stiffness

2. Случай больших эксцентриситетов.
Площадь арматуры вычисляем по формуле

$$A_a = A'_a = \frac{N(e - h_0 + \frac{N}{2R_a b})}{R_a z_a} = \frac{Ne}{R_a z_a} - \frac{Nh_0}{R_a z_a} + \frac{N^2}{2R_a b R_a z_a} \quad (2)$$

Так же как и в первом случае, принимаем $z_a = h_0 = h$ и, считая площадь сечения и величину нормальных сил не зависящими от жесткости опорного контура, приходим к заключению, что все оценки, полученные для случая малых эксцентриситетов, сохраняют силу и для случая больших эксцентриситетов. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что при проектировании железобетонного опорного контура двухпоясных радиально-вантовых систем кругового очертания в плане рекомендуются сечения, развитые в горизонтальном направлении [4].

Металлический опорный контур двутаврового сечения

Максимальные краевые напряжения в сечении определяем по формуле

$$\sigma = -\frac{N}{A} - \frac{M}{W} = -\frac{N}{A} - \frac{Mh}{2I} \quad (3)$$

В данном случае коэффициент увеличения краевых напряжений будет равен $(a_n \lambda / n)$. Для того чтобы этот коэффициент был всегда меньше единицы, требуется, чтобы соотношение высот было $\lambda < 7,3$ (для сварных двутавров $\lambda < 4,4$). Отсюда можно сделать вывод, что в большинстве случаев и для двутавров понижение жесткости опорного контура за счет развития по вертикали нецелесообразно.

При исследовании вопроса о жесткости опорного контура и выборе оптимального сечения контура расчетным состоянием было бы некоторое состояние с максимальными значениями изгибающих моментов и соответствующими значениями нормальных сил. Но при малых жесткостях опорного контура (при выполнении его из стали) может оказаться, что опасным будет состояние с минимальными изгибающими моментами и максимальной нормальной силой, например состояние при полном загрузении покрытия временной нагрузкой. В этом случае краевые напряжения будем определять по формуле

$$\sigma^* = -N^* - \beta M^* \quad (4)$$

где $\sigma^* = \frac{\sigma A}{R}$, $M^* = \frac{M}{R \cdot e}$, $\beta = \frac{Ahe}{2I}$.

Выражение для момента инерции сечения можно представить в виде $I = \alpha Ah^2$, тогда $\beta = \frac{1}{2\alpha h^*}$, где $h^* = \frac{h}{e}$. В прямоугольном сечении $\alpha = 0,085$.

Анализ двутавровых сечений, близких по моментам инерции к применяемым в качестве опорных колец вантовых систем, показал, что α меняется в незначительных пределах и его можно положить равным $\alpha = 0,17$ (анализ был проведен для сварных двутавров). Величина h^* для осуществленных покрытий колеблется в небольших пределах 0,060-0,062. Для дальнейшего анализа примем значение $h^* = 0,062$, тогда

$\beta = 48,5$, $\sigma = -N - 48,5 M$. Полученные по формуле (4) значения напряжений представлены на графике зависимости величины максимального краевого нормального напряжения в кольце от величины сектора загрузки временной нагрузкой (рис. 4). Из анализа графика можно сделать вывод о том, что расчетным состоянием опорного контура является загрузка временной нагрузкой сектора покрытия с центральным углом 315° , а также близким к нему является загрузка сектора с углом 45° , при котором изгибающие моменты достигают своего максимального значения. При полном загрузке покрытия временной нагрузкой значение краевого напряжения минимально [3, 4].

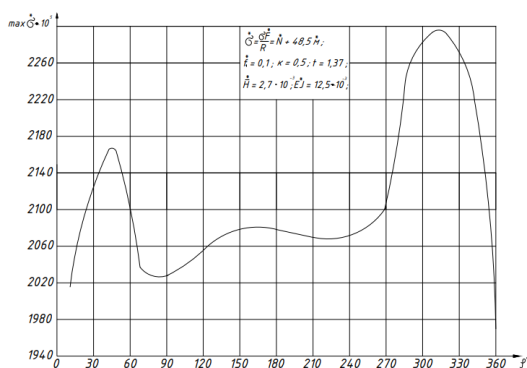


Рис. 4. График зависимости величины максимального краевого нормального напряжения в кольце от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 4. Graph of the dependence of the value of the maximum marginal normal voltage in the ring on the value of the time load sector

Влияние характера загрузки покрытия временной нагрузкой на напряженно-деформированное состояние системы

Напряженно-деформированное состояние покрытия вантовых систем во многом зависит от характера нагружения нагрузкой. На рис. 5 представлен график зависимости величины

максимального усилия в несущих тросах системы от величины сектора загрузки временной нагрузкой. Величина наибольшего усилия в несущих тросах достигает своего максимального значения не при полном загрузке покрытия временной нагрузкой, а при загрузке временной нагрузкой сектора покрытия с центральным углом, равным 315° . Причём величина этого угла практически не зависит от жёсткости опорного контура. Величина минимального усилия стабилизирующих тросов достигает своего наименьшего значения также не при полном загрузке покрытия временной нагрузкой.

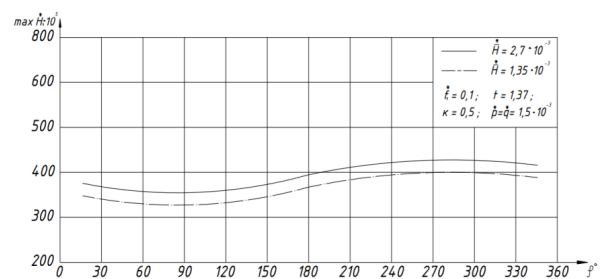


Рис. 5. График зависимости величины максимального усилия в несущих тросах системы от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 5. Graph of the dependence of the maximum force in the load-bearing cables of the system on the size of the loading sector with a temporary load

На рис. 6 представлен график зависимости величины минимального усилия в стабилизирующих тросах системы от величины сектора загрузки временной нагрузкой. При загрузке временной нагрузкой одного сектора величина центрального угла зависит от жёсткости опорного контура и принимает значение 270° (при $EJ \geq 10^3$) или 45° (при $EJ \leq 10^3$), причём величина этого угла мало зависит от предварительного напряжения.

Величина изгибающих моментов в кольце и колоннах в реальном диапазоне жесткостей опорного контура достигает своего максимального значения (по абсолютной величине) при загрузке сектора с центральным углом от 15° до 75° в зависимости от жёсткости опорного контура (рис. 7). Следует отметить, что моменты в опорном кольце растут с увеличением жёсткости, а в колоннах падают.

Из графика (рис. 8) видно, что величина максимальной нормальной силы в кольце растёт с увеличением площади загрузки временной нагрузкой. При увеличении всей нагрузки на покрытие в два раза (полное загрузке покрытия временной нагрузкой $p^* = q^*$) нормальная сила увеличивается на 30 – 50 %

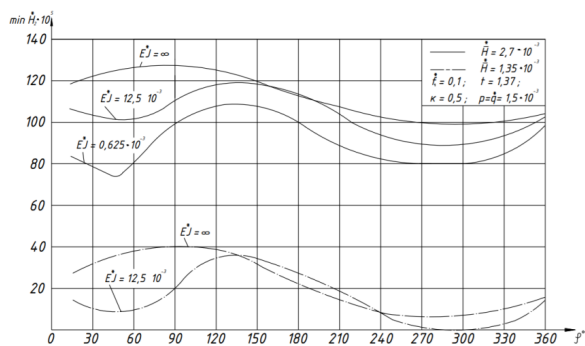


Рис. 6. График зависимости величины минимального усилия в стабилизирующих тросах системы от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 6. Graph of the dependence of the value of the minimum force in the stabilizing cables of the system on the size of the loading sector with a temporary load

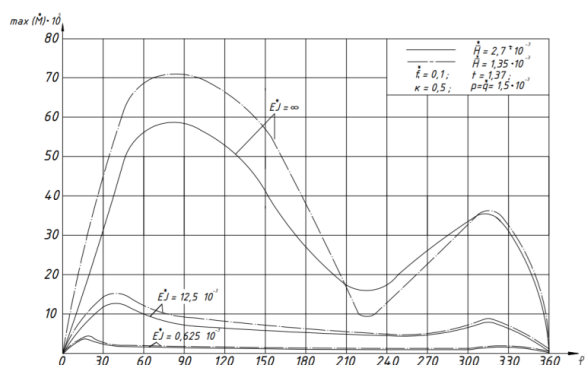


Рис. 7. График зависимости величины максимального изгибающего момента от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 7. Graph of the dependence of the value of the maximum bending moment on the value of the loading sector with a temporary load

в зависимости от величины предварительного напряжения. Это объясняется нелинейностью системы (величина суммарного распора растёт медленнее нагрузкой).

Также был проведен анализ напряженно-деформированного состояния при загрузке покрытия накрест лежащей временной нагрузкой. Такое нагружение является опасным с точки зрения потери устойчивости системы, так как способно вызвать большее падение усилия в стабилизирующих тросах в сравнении с загрузкой нагрузкой одного сектора (рис. 9).

Из анализа графика зависимости величины максимального прогиба от величины сектора загрузки временной нагрузкой (рис. 10) видно, что величина максимальных вертикальных прогибов в системе достигает своего наибольшего значения при величине центрального угла, из-

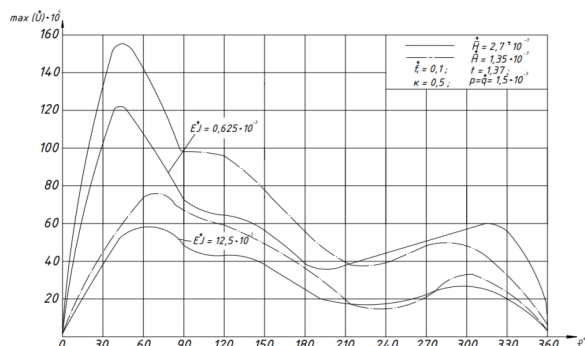


Рис. 8. График зависимости величины максимального перемещения опорного кольца от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 8. Graph of the dependence of the maximum displacement of the support ring on the size of the time load sector

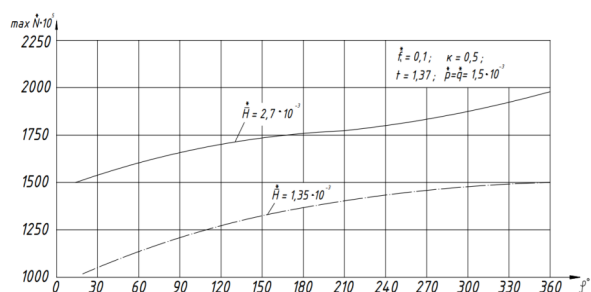


Рис. 9. График зависимости максимальной величины нормальной силы в кольце от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 9. Graph of the dependence of the maximum value of the normal force in the ring on the value of the time load sector

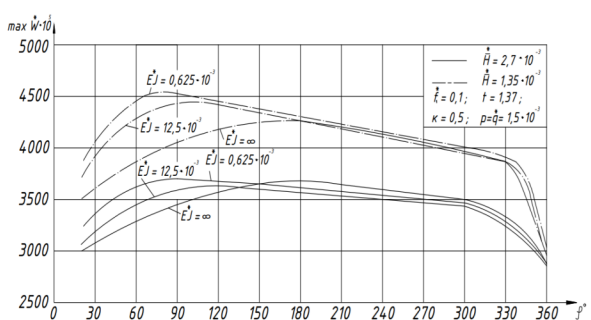


Рис. 10. График зависимости величины максимального прогиба от величины сектора загрузки временной нагрузкой
Fig. 10. Graph of the dependence of the maximum deflection value on the size of the time load sector

меняющегося в зависимости от жёсткости опорного контура от 90° (при малых жесткостях) до 180° при недеформируемом опорном контуре.

Заключение

На основании анализа результатов численного исследования можно сделать следующие **выводы**:

1. Расчётная схема загрузки временной нагрузкой определяется в зависимости от вида расчёта на прочность, устойчивость и деформативность, а также вида элемента (вантовые системы, опорный контур) и жёсткости контура. Принимаемые за расчётные схемы загрузки – полное нагружение покрытия временной нагрузкой и нагружение половины покрытия не являются наиболее опасными видами загрузки.

2. При величине отношения интенсивности временной и постоянной нагрузки $(p/q) < 1$ расчётные величины усилий и прогибов системы определяются при нагружении временной нагрузкой части покрытия с центральным углом, величина которого может быть принята:

- при расчёте на прочность вантовой системы и металлического опорного кольца – 315° ;
- железобетонного опорного кольца – 45° ;
- при расчёте на устойчивость (накрест лежащая нагрузка) – 45° ;
- при расчёте на деформации вант – 180° .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедов А.Д. К вопросу синтеза мгновенно-жестких шарнирно-стержневых систем // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сб. ст. / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пিশчулева, А.К. Стрелкова. Самара, 2022. С. 441–449.

2. Ахмедов А.Д. К расчету мгновенно-жестких шарнирно-стержневых систем с недостающими связями // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, №2. С. 4–8. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.02.1.

3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 2010.

4. Зыков А.А. Теория конечных графов. Новосибирск: Наука, 2010.

REFERENCES

1. Akhmedov A.D. On the issue of synthesis of instantaneous rigid hinge-rod systems. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tehnologii: sb. st. / pod red. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technology: Sat. Art. /ed. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova]. Samara, 2022, pp. 441–449. (In Russian).

2. Akhmedov A.D. To the calculation of instantaneous rigid hinge-rod systems with missing connections. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2018, vol. 8, no. 2, pp. 4–8. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.02.1

3. Gantmacher F.R. *Teoriya matric* [Matrix Theory]. Moscow, Nauka, 2010.

4. Zykov A.A. *Teoriya konechnykh grafov* [Finite graph theory]. Novosibirsk, Nauka, 2010.

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

АХМЕДОВ Акрамджон Давлатович

старший преподаватель кафедры
строительной механики, инженерной геологии,
оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ТЮМЧЕНКОВА Галина Александровна

старший преподаватель кафедры
строительной механики, инженерной геологии,
оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

КУСАЕВА Жанна Маратовна

кандидат технических наук, доцент кафедры
строительной механики, инженерной геологии,
оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

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

AKHMEDOV Akramjon D.

Senior Lecturer of the Structural Mechanics, Engineering
Geology, Foundations and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

TYUMCHENKOVA Galina Al.

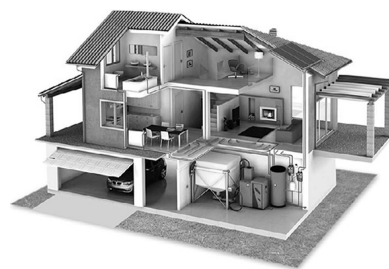
Senior Lecturer of the Structural Mechanics, Engineering
Geology, Foundations and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

KUSAEVA Zhanna M.

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

Для цитирования: Кальмова М.А., Ахмедов А.Д., Тюмченкова Г.А., Кусаева Ж.М. К вопросу проектирования двухъярусных радиально-вантовых систем // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 18–24. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.03.

For citation: Kalmova M.A., Akhmedov A.D., Tyumchenkova G.A., Kusaeva J.M. To the issue of designing two-belt radial-cable systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 18–24. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.03.



Н. М. ВЕСЕЛОВА
П. П. КОНДАУРОВ
А. Д. ЛЁГКИЙ

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ

ON THE ISSUE OF DETERMINING HEAT LOSSES THROUGH THERMAL
INSULATION STRUCTURES OF PIPELINES OF HEAT SUPPLY SYSTEMS
AT THE PRE-DESIGN STAGE

В работе получены зависимости удельных коэффициентов теплопередачи для разных условий прокладки тепловой сети и разных грунтов от расхода теплоносителя. Отклонения удельного коэффициента теплопередачи при разных видах тепловой изоляции трубопроводов не превышают 1,9 %, что дает возможность пренебречь этим условием. Предложен метод определения тепловых потерь на основе распределенной нагрузки теплоносителя. Для модели тепловой сети произведено сравнение суммарных потерь тепловой энергии: нормативных; реальных, полученных на основе теплотехнического расчета; потерь, полученных методом распределенной нагрузки. Расхождения между методами нахождения потерь тепловой энергии по отношению к распределенным потерям составили менее 8 %.

Ключевые слова: теплоснабжение, тепловая сеть, коэффициент теплопередачи, материальная характеристика тепловой сети, нормируемые потери тепловой энергии, распределенные тепловые потери

In the work of obtained the dependences of specific heat transfer coefficients for different conditions of laying a thermal network and different soils from the flow rate of the coolant. Deviations of the specific heat transfer coefficient for different types of thermal insulation of pipelines do not exceed 1,9 %, which makes it possible to ignore this condition. A method for determining heat losses based on the distributed load of the coolant is proposed. For the model of the thermal network, a comparison of the total losses of thermal energy is made: normative; real, obtained on the because of thermal engineering calculation, losses obtained by the distributed load method. The discrepancy between the methods of finding thermal energy losses in relation to distributed losses was less than 8 %.

Keywords: heat supply, heat network, heat transfer coefficient, material characteristics of the heat network, standardized heat losses, distributed heat losses

Введение

По мере роста урбанизации городских территорий растет количество потребителей теплоты и, следовательно, растет тепловая нагрузка. Для увеличения пропускной способности тепловой сети можно провести ее реконструкцию с перекладкой трубопроводов

другого диаметра, что является весьма капиталозатратным мероприятием, или снизить нагрузку на тепловые сети другими возможными способами. Нагрузка сетей обуславливается не только тепловыми потоками, расходуемыми потребителями, но и тепловыми потерями. По оценке некоторых экспертов суммарная доля потерь энергии, связанных с процессом тепло-

передачи через ограждающие конструкции, в тепловых сетях Волгоградской области достигает 30–40 %, в среднем по стране – 20–30 % [1]. Еще большая доля потерь приходится на утечки теплоносителя. Большая часть тепловых потерь выявляется на этапе эксплуатации тепловых сетей и связана с несвоевременным техническим обслуживанием и ремонтом сетей [2, 3]. В то же время для проектируемой тепловой сети можно определить экономически оправданные тепловые потоки, заложив потери тепловой энергии в основу гидравлических расчетов выбора диаметра трубопроводов [4].

Одной из основополагающих задач на стадии предпроектных решений для тепловой сети является определение суммарных тепловых потоков, в которые входят тепловые потери ограждающих конструкций [5]. Суммарная тепловая мощность будет оказывать влияние на тепловую и гидравлический режим сетей и может рассматриваться как ориентир для дальнейшей эксплуатации тепловых сетей.

В соответствии с вышеизложенным необходимо решить следующие задачи в ходе проектирования тепловых сетей:

- 1) исследовать влияние различных типов изоляции конструкций тепловой сети на тепловые потери;
- 2) определить укрупненные параметры тепловой сети, отражающие потери тепловой энергии ограждающими конструкциями сети;
- 3) предложить методику определения тепловых потерь на этапе предпроектных решений или при проектировании источника тепловой энергии.

Методы

В современных методиках существует три вида расчета потерь тепловой энергии в тепловых сетях:

- на основе проведения измерений и получения экспериментальных данных;
- на основе показаний приборов учета потребителей;
- на основе математического моделирования удельных потерь тепловой энергии в тепловой сети.

Нормируемые потери теплоты на участках сети можно определить по методике [6]:

$$Q_n = k_1 \cdot k_u \cdot q_n \cdot L \cdot \beta, \quad (1)$$

где k_1 – поправочный коэффициент фактических тепловых потерь, $k_1 = 1,29$ для Волгограда; k_u – коэффициент, учитывающий тип изоляции, для ППУ $k_u = 0,65$; для тилитовой $k_u = 0,73$;

для базальтовой $k_u = 1,07$; для минеральной ваты $k_u = 1,14$; q_n – нормированные удельные часовые потери теплоты трубопроводами для среднесезонных условий эксплуатации; L – длина участка трубопровода; β – коэффициент местных тепловых потерь, принимается для диаметров трубопроводов до 150 мм $\beta = 1,2$, для трубопроводов диаметром выше 150 мм и для бесканальной прокладки $\beta = 1,15$.

В существующих методиках определения температуры τ у абонентов [7] предполагается, что потери теплоты по всей длине участка тепловой сети остаются неизменными. Тогда, согласно этим положениям, математическое моделирование расчетных потерь тепловой энергии для водяных тепловых сетей будет базироваться на балансовом уравнении

$$Q_p = (\tau - t_o) \cdot K \cdot L = G \cdot c \cdot (\tau - \tau_k), \quad (2)$$

где τ – температура теплоносителя, °C; t_o – температура воздуха для среднесезонных условий эксплуатации трубопроводов; $K = \beta / R$ – удельная тепловая проводимость конструкций трубопровода с учетом условий прокладки и вида изоляции (удельный коэффициент теплопередачи); R – термическое сопротивление конструкции трубопровода, м·°C / Вт; G – расход теплоносителя, кг/с; c – удельная теплоемкость теплоносителя, кДж/кг·°C; $(\tau - \tau_k)$ – падение температуры теплоносителя в трубопроводе; τ_k – температура теплоносителя в конечной точке трубопровода.

В общем виде выражение определения потерь тепла (2) для участка трубопровода может быть записано как

$$Q_p^2 - Q_p (\tau_k - t_o) \cdot K \cdot L - G \cdot c \cdot K \cdot L = 0. \quad (3)$$

Решением данного уравнения будет выражение

$$Q_p = 0,5 K \cdot L \cdot \Delta\tau + 0,5 \sqrt{(K \cdot L \cdot \Delta\tau)^2 + 4 \cdot G \cdot c \cdot K \cdot L}, \quad (4)$$

где $\Delta\tau = (\tau_k - t_o)$ – температурный напор между теплоносителем и окружающей средой.

Если рассматривать сеть целиком, то очевидно, что величина K будет зависеть от вида изоляции, способа прокладки и от диаметров трубопроводов, которые в свою очередь зависят от расхода теплоносителя.

Коэффициент теплопередачи определялся на основе СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», для его нахождения подставлялись следующие коэффициенты теплопроводности: 0,028 Вт/(м·°C) для ППУ изоляции, 0,039 Вт/(м·°C) для тилито-

вой изоляции, 0,046 Вт/(м°С) для базальтовой изоляции, 0,058 Вт/(м°С) для минераловатной изоляции, 58 Вт/(м°С) для стальных труб, 2,04 Вт/(м°С) для железобетона, 5,86 Вт/(м°С) для грунта Волгоградской области при 10 % влажности [8]. Глубина заложения трубопроводов 0,7 м. Толщина изоляции варьировалась в зависимости от диаметра трубопровода на основе имеющегося опытного применения.

Термическое сопротивление на поверхности трубопровода, проложенного на открытом воздухе, зависит от температуры окружающей среды и скорости ветра [9]:

$$R_{\text{пов}} = \frac{1}{0,21 \cdot \pi \cdot \beta_{\phi} \cdot \text{Re}^{0,6} \cdot \lambda_{\text{в}}}, \quad (5)$$

где β_{ϕ} – поправочный коэффициент, учитывающий направление воздушного потока по отношению к оси теплопровода; Re – критерий Рейнольдса; $\lambda_{\text{в}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха.

Параметры воздуха принимались для Волгоградского региона: $\omega = 4,8$ м/с – среднесезонная скорость ветра; $t_{\text{с}} = -3,4$ °С – среднесезонная температура воздуха.

Результаты расчета показали, что для любых способов прокладки термическая проводимость конструкций трубопроводов с различными теплоизоляционными материалами имеют близкие по значению зависимости (рис. 1). Наибольшее отклонение между коэффициентами теплопередачи составило 1,9 %, т. е. вид тепловой изоляции глобально не влияет на коэффициент теплопередачи. Поэтому можно вести обобщенный расчет потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции трубопроводов без учета типа тепловой изоляции.

Так как на предпроектной стадии гидравлический расчет тепловых сетей еще отсутствует, то диаметры трубопроводов D можно выразить через расходы теплоносителя G , используя материальную характеристику сети [7, 10]:

$$D = \frac{A_d^{\beta}}{R_{\text{л}}^{0,19}} \cdot G^{0,38} = 0,0344 \cdot G^{0,38}, \quad (6)$$

где $A_d^{\beta} = 0,0723$ – коэффициент, отнесенный к диаметру трубопровода, зависящий от шероховатости трубы; $R_{\text{л}} = 50$ – удельное линейное падение давления, кг/(м²м).

Учитывая выражение (6), можно получить зависимость удельных коэффициентов теплопередачи от расходов:

$$K = f(G). \quad (7)$$

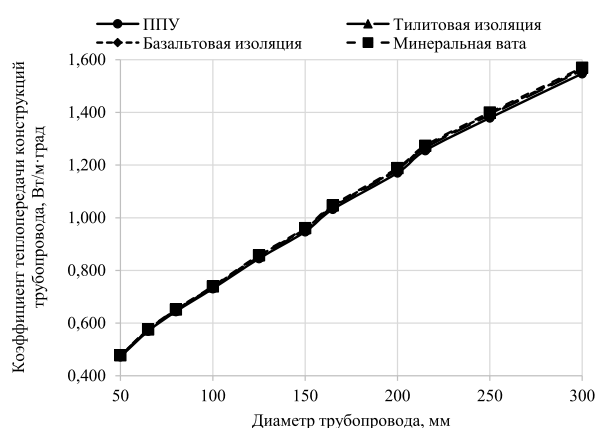


Рис. 1. Зависимости суммарных термических сопротивлений теплоизоляционных конструкций трубопроводов, проложенных в непереходных каналах от диаметров

Fig. 1. Dependences of total thermal resistance of heat insulation structures of pipelines laid in non-pass channels on diameters

В работе удельные коэффициенты теплопередачи в зависимости от расхода теплоносителя были рассмотрены для вариантов различных грунтов при различном способе прокладки тепловой сети. В расчетах принимались коэффициенты теплопроводности грунтов согласно РД 39-0147103-87 «Выбор расчетных значений коэффициентов теплопроводности грунта при проектировании трубопроводов» (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты теплопроводности почв при 20 % влажности
Table 1. Thermal conductivity coefficients of soils at 20 % humidity

Вид грунта	λ , Вт/м·град	Вид грунта	λ , Вт/м·град
Известковые почвы	5,86	Лёссовые почвы	1,64
Скальные породы	3,48	Суглинки	1,51
Песчаные почвы	2,56	Глинистые почвы	1,3
Супеси	1,8	Заторфенные почвы (черноземы)	0,84

Удельные коэффициенты теплопередачи различных конструкций хорошо аппроксимируются степенными зависимостями от величины расхода теплоносителя (величина достоверности аппроксимации 0,9995):

$$K = f(G) = k_{\sigma} \cdot G_i^{\sigma}. \quad (8)$$

Для условий Волгоградской области аппроксимация удельных коэффициентов теплопередачи тепловой сети при прокладке ее в непроходных каналах представлена на рис.2.

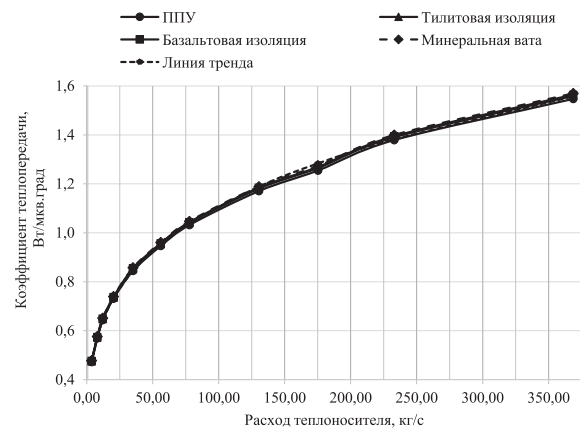


Рис. 2. Коэффициент теплопередачи теплоизоляционных конструкций трубопроводов с различными теплоизоляционными материалами, проложенными в непроходных каналах в зависимости от расхода теплоносителя
Fig. 2. Heat transfer coefficient of heat insulation structures of pipelines with various thermal insulation materials laid in non-pass channels depending on the coolant flow rate

В результате рассмотрения различных видов прокладки трубопроводов при различных грунтах были получены степенные зависимости для канальной прокладки, для бесканальной прокладки и наземной прокладки (табл. 2). Для условий Волгоградской области такие зависимости показаны на рис. 3.

Таблица 2. Удельные коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций трубопроводов
Table 2. Specific heat transfer coefficients of pipeline enclosing structures

Вид грунта	Удельный коэффициент теплопередачи $K = k_{\varpi} \cdot G_i^{\varpi}$		
	Способ прокладки тепловой сети		
	в непроходных каналах	бесканальный	наземный
Известковые почвы (для Волгоградской области)	$0,335 \cdot G^{0,26}$	$0,39 \cdot G^{0,245}$	$0,39 \cdot G^{0,274}$
Скальные породы	$0,336 \cdot G^{0,256}$	$0,38 \cdot G^{0,24}$	
Песчаные почвы	$0,334 \cdot G^{0,25}$	$0,376 \cdot G^{0,236}$	
Супеси	$0,33 \cdot G^{0,25}$	$0,364 \cdot G^{0,23}$	
Лёссовые почвы	$0,33 \cdot G^{0,247}$	$0,36 \cdot G^{0,23}$	
Суглинки	$0,328 \cdot G^{0,246}$	$0,357 \cdot G^{0,226}$	
Глинистые почвы	$0,326 \cdot G^{0,24}$	$0,35 \cdot G^{0,22}$	
Заторфенные почвы (черноземы)	$0,317 \cdot G^{0,234}$	$0,325 \cdot G^{0,21}$	

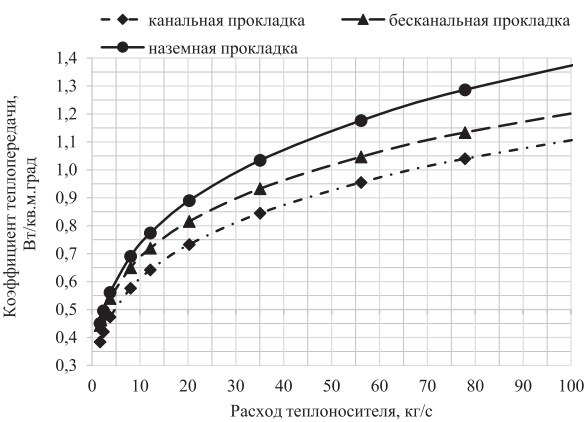


Рис. 3. Коэффициент теплопередачи конструкций трубопроводов для различных условий прокладки в условиях Волгоградской области в зависимости от расхода теплоносителя
Fig. 3. Heat transfer coefficient of pipeline structures for different laying conditions in the Volgograd region depending on the coolant flow rate

Результаты

При равномерно распределенной нагрузке магистрального трубопровода от источника к удаленному потребителю можно внести допущение, что расход теплоносителя на участке будет определяться как $G = g_i \cdot L$. С учетом этого формула (4) преобразуется:

$$Q_p = 0,5 \cdot k_{\varpi} \cdot g_i^{\varpi} L^{(1+\varpi)} \cdot \Delta\tau + 0,5 \sqrt{\left[k_{\varpi} \cdot g_i^{\varpi} L^{(1+\varpi)} \cdot \Delta\tau \right]^2 + 4 \cdot c \cdot k_{\varpi} \cdot g_i^{(1+\varpi)} L^{(2+\varpi)}}, \quad (9)$$

где k_{ω} – удельный коэффициент теплопередачи при $\omega = 0$, кВт/(м³·°C); ω – показатель степени функции $K = f(G)$; g_i – распределенный расход по длине трубопровода, кг/(с·м), определялся по аналогии с распределенной мощностью для электрической сети (MW-mile method) [11]:

$$g_i = \sum_{j=1}^n (G_{yч.i} / l_{\Sigma}), \quad (10)$$

здесь $G_{yч.i}$ – расход на i -м участке, кг/с; l_{Σ} – суммарная длина от источника до i -го участка, м; j – количество потребителей, участвующих в нагрузке i -го участка тепловой сети.

Данное выражение будет характеризовать распределенные тепловые потери в тепловых водяных сетях.

В работе были рассчитаны тепловые потери для сети, представленной на рис. 4, используя метод нормированных удельных потерь (1), теплотехнический расчет (4) и метод распределенного теплового потока (9).

Нормированные потери были приняты исходя из условий Волгоградской области по СП 61.1333.2012 для тепловой сети 115/70 °C.

Исходными данными для определения тепловых потерь на участках тепловых сетей на основе выражения (4) и выражения (9) являлись: теплоперепад между среднесезонными температурами теплоносителя и окружающей среды $\Delta t = (t_{\kappa} - t_0) = (73,3 + 3,4) = 76,6$ °C; теплоемкость теплоносителя $c = 4185$ Дж/(кг·град).

Результаты расчетов суммарных тепловых потерь для рассматриваемой сети, проложенной в непроходных каналах, показаны в табл. 3.

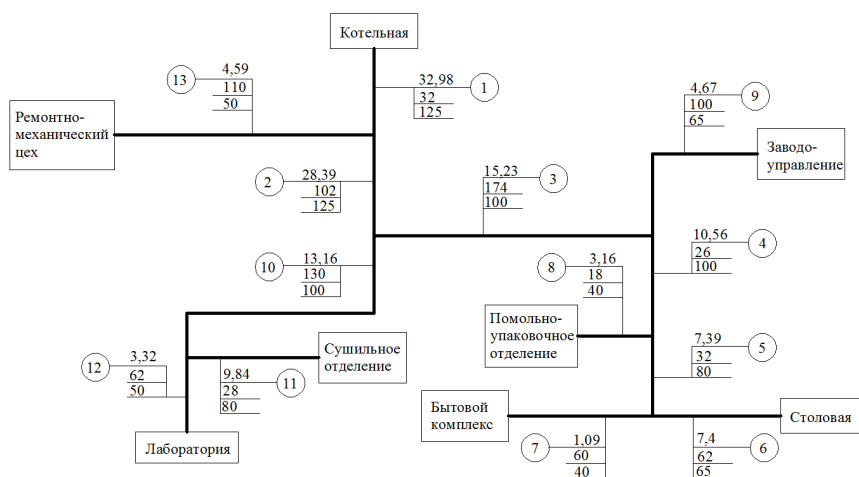


Рис. 4. Модель тепловой сети
Fig. 4. Heating network model

Таблица 3. Расчет суммарных тепловых потерь для сети (см. рис. 3)
Table 3. Calculation of total heat losses for the network (see fig. 3)

№ участка	Условный диаметр	Диаметр трубопровода	Δt	Длина, м	Нормируемые потери		Расчетные потери		Распределенные потери	
					$q_{нр}$, Вт/м	$Q_{нр}$, Вт	K , Вт/м ³ ·град	$Q_{рр}$, Вт	Удельный расход, кг/м·с	$Q_{рр'}$, Вт
1	125	133x4	76,7	32	47	1940,2	0,846	2076,4	1,516	3860,2
2	125	133x4		102	47	6184,3	0,846	6618,6	0,454	9188,2
3	100	108x4		174	42	9427,3	0,736	9822,5	0,142	11641,9
4	100	108x4		26	42	1408,7	0,736	1467,7	0,081	923,7
5	80	89x3,5		32	37	1527,4	0,648	1590,5	0,040	955,2
6	65	76x3,5		62	34	2719,3	0,582	2767,6	0,017	1702,9
7	40	45x2,5		60	27	2089,8	0,472	2172,1	0,003	969,5
8	40	45x2,5		18	27	626,9	0,472	651,6	0,009	300,8

Окончание табл. 3

№ участка	Условный диаметр	Диаметр трубопровода	Δt	Длина, м	Нормируемые потери		Расчетные потери		Распределенные потери	
					q_n , Вт/м	Q_n , Вт	K , Вт/м ³ ·град	Q_p , Вт	Удельный расход, кг/м·с	$Q_{p-p'}$, Вт
9	65	76x3,5	76,7	100	34	4386,0	0,582	4463,9	0,011	2762,1
10	100	108x4		130	42	7043,4	0,736	7338,7	0,100	7253,5
11	80	89x3,5		28	37	1336,4	0,648	1391,6	0,034	767,5
12	50	57x3,5		62	31	2479,4	0,516	2453,8	0,010	1468,3
13	50	57x3,5		110	31	4398,9	0,516	4353,5	0,032	4174,8
Всего:						45568,0		47168,7		45968,6

Обсуждения

Потери на участках тепловой сети, полученные методом распределенных тепловых потоков, как видно из табл. 3, существенно отличаются от нормативных потерь и потерь, полученных на основе теплотехнического расчета. По причине этого пользоваться данным методом при проектировании и эксплуатации тепловой сети нельзя.

Потери, полученные на основе теплотехнического расчета, превышают нормируемые. Это говорит о том, что в нормативных документах не учитывают свойства грунта при подземной прокладке коммуникаций.

При расчете подземных способов прокладки должны быть учтены (в СП 61.1333.2012 об этом говорится) и термическое сопротивление грунта, и термическое сопротивление канала, и даже влияние трубопроводов друг на друга).

Метод расчета тепловой изоляции по нормируемым тепловым потерям подразумевает выбор фактической толщины тепловой изоляции такой, чтобы фактические тепловые потери были не больше нормируемых.

В то же время суммарные потери теплоты для всей тепловой сети, рассчитанные разными методами, имеют хорошую сходимость. Погрешность между распределенными потерями и нормативными составляет 0,9 %, погрешность между разными методами – не более 3,5 %.

По аналогии были рассчитаны тепловые потери для данной модели сети при прокладке ее бесканально и наземно. Нормируемые потери и потери, полученные теплотехническим расчетом, практически не отличаются. Расхождения между суммарными распределенными потерями и нормативными потерями составляют менее 8 %.

Это дает право применять методику распределенных тепловых потерь на стадии проектных решений, когда требуется определить искомую мощность источника теплоты или падение температуры в трубопроводах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Терентьева А.С. Анализ основных проблем централизованного теплоснабжения в России на современном этапе // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 253–273. DOI: 10.47711/2076-318-2020-253-273.

2. Бадах В.Ф., Кузнецова А.Д. Определение потерь в сетях коммунального теплоснабжения // Техничко-технологические проблемы сервиса: Организационно-экономические аспекты сервиса. 2010. №3 (13). С. 84–92.

3. Чулков А.А., Вытчиков Ю.С., Кудинов И.В. Исследование динамических характеристик отопительных приборов // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4(25). С. 44–48. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.8.

4. Нияковский А.М., Гончаров Э.И., Мишурто О.И. К выбору плотности теплового потока при проектировании тепловой изоляции тепловых сетей // Вестник Полоцкого государственного университета, Серия F «Строительство». Прикладные науки. 2017. № 8. С. 147–155.

5. Зарубин С.Н. Качественное проектирование тепловых сетей – основа надёжной работы системы теплоснабжения [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id = 4170 (дата обращения: 14.02.2024).

6. Ахметова И. Г., Чичирова Н.Д. К вопросу о методике расчёта тепловых потерь в сетях централизованного теплоснабжения [Электронный ресурс]. URL: www.rosteplo.ru/nt/200 (дата обращения: 14.02.2024).

7. Melkumov V.N., Tulskeya S.G., Chuykina A.A., Dubanin V.Yu. Solving the multi-criteria optimization problem of heat energy transport // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. V. 1258. P. 3–10. DOI: 10.1007/978-3-030-57450-5_1.

8. Рулев А.С., Рулева О.В. Теплофизические свойства почв Волгоградской области. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, №5. С. 337–348. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-337-348.

9. Гавей О.Ф., Панферов В.И. Оценка влияния температуры теплоносителя на тепловые потери теплопроводов // Вестник ЮУрГУ. Строительство и архитектура. 2012. № 38(15). С. 50–54.

10. Чуйкина А.А., Лобода А.В., Сотникова О.А. Проектирование оптимальной трубопроводной трассы тепловой сети // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. №2. С. 28–37. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-2-28-37.

11. Gaurav J., Kanwardeep S., Dheeraj K. P. Transmission wheeling cost evaluation using MW-Mile methodology // Nirma university international conference on engineering, NUiCONE-2012, 06-08 December. Ahmedabad, India. 2012. P. 1–6. DOI: 10.1109/NUICONE.2012.6493264.

REFERENCES

1. Terentyeva A.S. Analysis of the main problems of district heating in Russia at the present stage. *Nauchnye trudy: Institut narodnohozhajstvennogo prognozirovaniya RAN* [Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences], 2020, no. 18, pp. 253–273. (in Russian) DOI: 10.47711/2076-318-2020-253-273

2. Badakh V.F., Kuznetsova A.D. Determination of losses in public heat supply networks. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa: Organizacionno-jeconomicheskie aspekty servisa* [Technical and technological problems of service: Organizational and economic aspects of service], 2010, no. 3(13), pp. 84–92. (in Russian)

3. Chulkov A.A., Vytchikov Yu.S., Kudinov I.V. Study of dynamic characteristics of heating devices. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2016, no. 4(25), pp. 44–48. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.8

4. Niyakovsky A.M., Goncharov E.I., Mishuto O.I. To the choice of heat flux density in the design of thermal insulation of heating networks. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya F «Stroitel'stvo». Prikladnye nauki* [Bulletin of Polotsk State University, Series F “Construction.” Applied sciences], 2017, no. 8, pp. 147–155. (in Russian)

5. Zarubin S.N. High-quality design of heating networks is the basis for reliable operation of the heat supply system. Available at: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id = 4170 (accessed 14 February 2024).

6. Akhmetova I.G., Chichirova N.D. On the method of calculating heat losses in district heating networks. Available at: www.rosteplo.ru/nt/200 (accessed 14 February 2024).

7. Melkumov V.N., Tulskeya S.G., Chuykina A.A., Dubanin V.Yu. Solving the multi-criteria optimization problem of heat energy transport. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. V. 1258. P. 3–10. DOI: 10.1007/978-3-030-57450-5_1

8. Rulev A.S., Ruleva O.V. Thermal properties of soils of the Volgograd region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. V. 14. N 5. P. 337–348. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-337-348

9. Gavey O.F., Panferov V.I. Assessment of the Influence of Coolant Temperature on Thermal Losses of Heat Pipelines. *Vestnik JuUrGU. Stroitel'stvo i arhitektura* [SUSU Bulletin. Construction and architecture], 2012, no. 38(15), pp. 50–54. (in Russian)

10. Chuikina A.A., Loboda A.V., Sotnikova O.A. Design of the optimal pipeline route of the heating network. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov], 2021, no. 2, pp. 28–37. (in Russian) DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-2-28-37

11. Gaurav J., Kanwardeep S., Dheeraj K. P. Transmission wheeling cost evaluation using MW-Mile methodology. Nirma university international conference on engineering. NUiCONE-2012, 06-08 December. Ahmedabad. India. 2012. P. 1–6. DOI: 10.1109/NUICONE.2012.6493264

Об авторах:

ВЕСЕЛОВА Наталья Михайловна

кандидат технических наук, доцент кафедры
энергообеспечения, теплотехники,
теплогазоснабжения и вентиляции
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: veselovanm28@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8182-9774

VESELOVA Natalya M.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor
of the Energy Supply, Heat Engineering,
Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: veselovanm28@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8182-9774

КОНДАУРОВ Павел Петрович

кандидат технических наук, доцент кафедры
энергообеспечения, теплотехники,
теплогазоснабжения и вентиляции
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: pavka_kpp@mail.ru
ORCID: 0009-0003-0581-3086

KONDAUROV Pavel Petrovich

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor
of the Energy Supply, Heat Engineering,
Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: pavka_kpp@mail.ru
ORCID: 0009-0003-0581-3086

ЛЁГКИЙ Александр Дмитриевич

старший преподаватель кафедры энергообеспечения,
теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: alegkii@mail.ru
ORCID: 0009-0004-0708-0530

LEGKII Aleksandr Dmitriyevich

Senior Lecturer of the Energy Supply, Heat Engineering,
Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: alegkii@mail.ru
ORCID: 0009-0004-0708-0530

Для цитирования: Веселова Н.М., Кондауров П.П., Лёгкий А.Д. К вопросу определения тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов систем теплоснабжения на предпроектной стадии // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 25–32. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.04.

For citation: Veselova N.M., Kondaurov P.P., Legkii A.D. On the issue of determining heat losses through thermal insulation structures of pipelines of heat supply systems at the pre-design stage. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 25–32. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.04.

С. А. ЗИНИНА
Р. М. МУСТАФИН
А. В. ЕРЕМИН

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ПОРИСТОМ МАТЕРИАЛЕ, ОБРАЗОВАННОМ ЭЛЕМЕНТАРНЫМИ ЯЧЕЙКАМИ NEOVIUS

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE PROBLEM OF THERMAL CONDUCTIVITY
IN A POROUS MATERIAL FORMED BY NEOVIUS ELEMENTARY CELLS

Рассмотрена краевая задача теплопереноса в пористой пластине, образованной трижды периодическими минимальными поверхностями типа Neovius. Математическая постановка задачи содержит одномерное дифференциальное уравнение теплопереноса, учитывающее влияние геометрических характеристик элементарных ячеек на теплофизические свойства пористой пластины. Решение краевой задачи осуществлялось методом конечных разностей в программном комплексе Mathcad. Получены графики распределения температурных кривых в пористой пластине по пространственной координате и во времени. На основе полученных результатов возможно проектирование тепловой изоляции, обладающей заданными теплофизическими и механическими свойствами.

Ключевые слова: трижды периодические минимальные поверхности, эффективная теплопроводность, пористость, метод конечных разностей, ячейка Neovius, тепловая изоляция

In this paper, the boundary value problem of heat transfer in a porous plate formed by triply periodic minimal surfaces of the Neovius type is considered. The mathematical formulation of the problem contains a one-dimensional differential heat transfer equation that takes into account the influence of the geometric characteristics of the elementary cells on the thermophysical properties of a porous plate. The solution of the boundary value problem was carried out by the finite difference method in the Mathcad software package. Graphs of the distribution of temperature curves in a porous plate in spatial coordinate and in time are obtained. Based on the results obtained, it is possible to design thermal insulation with specified thermophysical and mechanical properties.

Keywords: triply periodic minimum surfaces, effective thermal conductivity, porosity, finite difference method, Neovius cell, thermal insulation

Введение

В настоящее время актуальной задачей теоретической и практической теплофизики является изучение материалов, основанных на трижды периодических минимальных поверхностях (ТПМП). Данный интерес обусловлен особенностью таких структур – возможностью варьирования теплофизических свойств в зависимости от геометрических характеристик элементарной ячейки. Так, пористые структуры, основанные на ТПМП, обладают большей площадью поверхности теплообмена, а также полностью взаимосвязанными сетями пор, по сравнению с материалами со стохастическим распределением пор [1, 2].

Благодаря развитию аддитивных технологий пористые материалы с упорядоченной структурой получили широкое применение в различных отраслях промышленности, в част-

ности энергетической [3–6], химической промышленности [7, 8]. Материалы, основанные на ТПМП, обладают рядом преимуществ, таких как малый вес, высокая конструктивная прочность, возможность прогнозирования величины термического сопротивления. Например, в работе [9] авторами предлагается использование ТПМП материалов в системах терморегулирования в качестве радиаторов электронных устройств. Кроме того, авторами работы [10] было обнаружено, что изменение пористости оказывает существенное влияние на улучшение кондуктивной и конвективной составляющей теплопереноса. Так, использование в радиаторах и теплообменниках конструкций, сформированных из трижды периодических минимальных поверхностей, позволит повысить показатели теплопередачи при меньшем использовании объема материала [11]. В связи с этим возникает необходимость в расчете температурных профилей

таких пористых материалов при заданных геометрических размерах ячейки.

В настоящей работе приводится численное решение задачи теплопереноса в пористой пластине, структура которой основана на трижды периодических минимальных поверхностях типа Neovius (рис. 1).

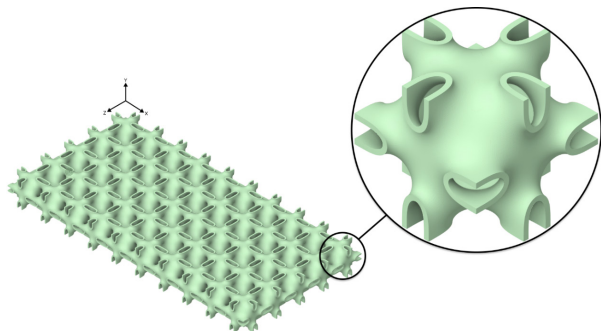


Рис. 1. Модель пористой пластины, образованной ячейками Neovius

Fig. 1. Neovius porous plate model

При решении поставленной задачи методом минимального репрезентативного объема [12] выполнено осреднение теплофизических свойств материала исследуемой пористой пластины. Согласно принятому методу, эффективная теплопроводность пористого материала имеет вид

$$\lambda_e = \lambda_k [k_1 (1 - \varphi)], \quad (1)$$

где λ_e – эффективный коэффициент теплопроводности пластины; λ_k – коэффициент теплопроводности каркаса пластины (материала); k_1 – коэффициент, зависящий только от материала пластины для материала PETG $k_1 = 0,73$ [12]; φ – пористость.

Пористость материала определяется зависимостью

$$\varphi = 1 - k_2 \frac{\delta}{b}, \quad (2)$$

где k_2 – коэффициент, зависящий только от типа ТПМП, для элементарной ячейки Neovius $k_2 = 3,4081$ [12]; δ – толщина стенки элементарной ячейки; b – длина ребра куба, в который вписана элементарная ячейка.

Плотность пористого материала ρ_e зависит от величины пористости и определяется следующим видом:

$$\rho_e = \rho(1 - \varphi), \quad (3)$$

где ρ – истинное значение плотности материала, для PETG $\rho = 1300$ кг/м³.

Уравнение теплового баланса для «гомогенизированной» среды имеет вид

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\lambda_e}{c \rho_e} \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}. \quad (4)$$

С учетом (1), (3) выражение (4) принимает вид

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\lambda_k [k_1 (1 - \varphi)]}{c \rho (1 - \varphi)} \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}. \quad (5)$$

Краевые условия:

$$T(x, 0) = T_0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} = 0; \quad (7)$$

$$-\lambda_e \frac{\partial T(L, \tau)}{\partial x} = \alpha (T_{cp} - T(L, \tau)), \quad (8)$$

где T_0 – начальная температура; L – абсцисса поверхности пластины; α – коэффициент теплоотдачи окружающей среды (воздуха); T_{cp} – температура среды.

Схема теплообмена представлена на рис. 2.

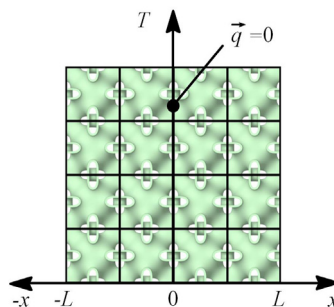


Рис. 2. Схема теплообмена

Fig. 2. Heat exchange diagram

Численное решение задачи

Решение поставленной задачи осуществлялось методом конечных разностей [13–15] в программном комплексе Mathcad. Суть метода заключается в наложении пространственно-временной сетки с шагами по времени Δt и по координате Δx . При этом сетка имеет вид

$$x_i = i \Delta x, \quad i = \overline{0, I}; \quad \tau_k = k \Delta \tau, \quad k = \overline{0, K}, \quad (9)$$

где I, K – число шагов по пространственной и временной координатам соответственно.

Согласно принятому методу, на пространственно-временной сетке вводятся сеточные

функции $T_i^k = T(x_i, \tau_k)$. С учетом явной схемы аппроксимации математическая постановка задачи примет вид

$$\frac{T_i^{k+1} - T_i^k}{\Delta \tau} = \frac{\lambda_{\kappa} [k_1(1-\phi)]}{c\rho(1-\phi)} \cdot \frac{T_{i-1}^k - 2T_i^k + T_{i+1}^k}{\Delta x^2}, \quad (10)$$

$$T_i^0 = T_0; \quad (11)$$

$$\frac{T_i^k - T_0^k}{\Delta x} = 0; \quad (12)$$

$$\lambda_e \frac{T_{i-1}^k - T_i^k}{\Delta x} = \alpha (T_{\text{cp}} - T_i^k). \quad (13)$$

Результаты

На рис. 3 и 4 представлено численное решение задачи (10)–(13) в пористой пластине, образованной элементарными ячейками Neovius. Решение осуществлялось при следующих исходных данных: $L = 0,015$ м; температура в начальный момент времени – $T_0 = 5$ °С; температура среды – $T_{\text{cp}} = 40$ °С; толщина стенки элементарной ячейки – $\delta = 0,0002$ м; длина ребра куба – $b = 0,003$ м; коэффициент теплоотдачи – $\alpha = 10$ Вт/(м²К). Материал пластины – пластик PETG, используемый при струйной печати на 3D принтере (технология FDM – печати). Принимаются следующие свойства пластика [16]: теплоемкость – 1050 Дж/(кгК); плотность – 1300 кг/м³; теплопроводность – 0,2 Вт/(мК).

На рис. 3 представлен график распределения температуры в пористой пластине по координате при пористости $\phi = 0,77$. Из анализа распределения полученных кривых следует, что период времени $0 \leq \tau < 200$ с соответствует начальному этапу нагрева пластины. На данном этапе происходит

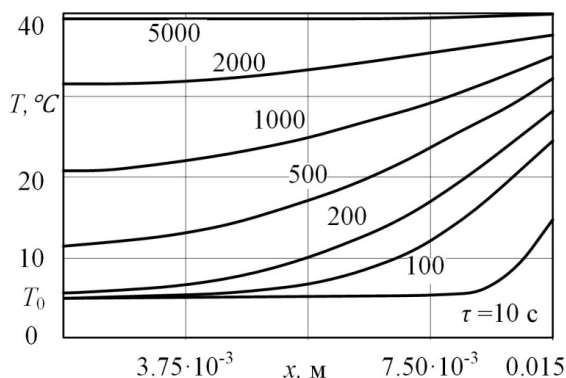


Рис. 3. Распределение температуры по пространственной координате при пористости $\phi = 0,77$

Fig. 3. Temperature distribution by spatial coordinate at porosity $\phi = 0,77$

нагрев пластины с поверхности (под действием граничных условий третьего рода), температура в центре при этом не изменяется и равна T_0 . При $\tau > 200$ с наблюдается увеличение температуры по всей толщине пористой пластины.

На рис. 4 приведен график распределения температурных кривых во времени в пористой пластине. Характер нагрева существенно отличается. Так, максимальная интенсивность нагрева ($dT(x, \tau) / d\tau$) наблюдается на поверхности и уменьшается в направлении к центру пластины.

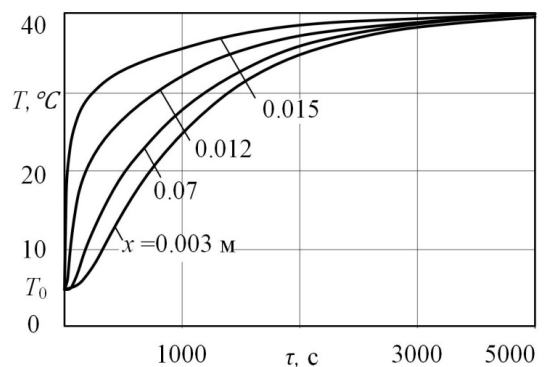


Рис. 4. Распределение температуры во времени при пористости $\phi = 0,77$

Fig. 4. Temperature distribution over time at porosity $\phi = 0,77$

На рис. 5 представлена зависимость времени установления температуры среды на поверхности пластины при $x = 0,015$ м для различных значений коэффициента теплоотдачи среды. Из анализа графика следует, что чем выше интенсивность теплообмена с окружающей средой на границе пористой пластины, тем меньше времени требуется для установления заданной температуры.

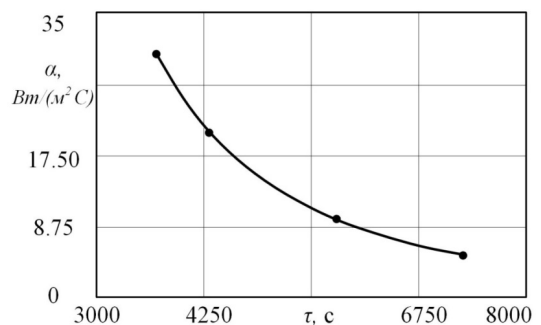


Рис. 5. Зависимость времени выхода на стационарное значение от коэффициента теплоотдачи окружающей среды

Fig. 5. Dependence of time to steady-state value from the heat transfer coefficient of the environment

На рис. 6 приведены графики распределения температуры в момент времени $\tau = 1000$ с в пористой пластине, изготовленной из трех различных материалов. Так, линия 1 соответствует материалу – пенополистирол фирмы «Пеноплекс»: теплоемкость – 1600 Дж/(кгК), плотность – 43 кг/м³, теплопроводность – 0,03 Вт/(мК); линия 2 – фотополимерная смола фирмы «Phrozen»: теплоемкость – 800 Дж/(кгК), плотность – 1412 кг/м³, теплопроводность – 0,375 Вт/(мК), линия 3 – пластик PETG (теплофизические свойства представлены выше). Из анализа данного графика следует, что температура пластины, соответствующая пластику PETG, оказывается ниже во всем диапазоне x , чем для пенополистирола и фотополимерной смолы в аналогичный момент времени.

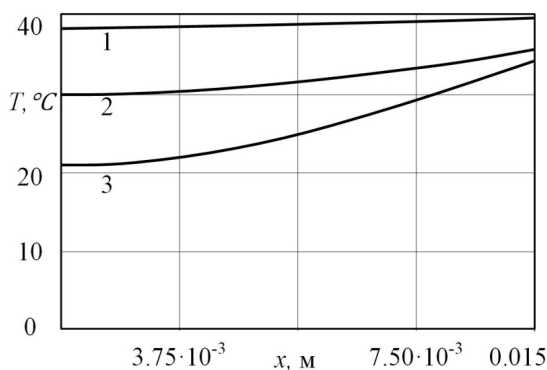


Рис. 6. Распределение температуры в пористой пластине:

- 1 – пенополистирол фирмы «Пеноплекс»;
- 2 – фотополимерная смола фирмы «Phrozen»;
- 3 – пластик PETG

Fig. 6. Temperature distribution in porous plate:
1 – expanded polystyrene of «Penoplex» company;
2 – Phrozen photopolymer resin;
3 – PETG plastic

Заключение

В рамках данного исследования получены графики распределения температуры в пористом материале, состоящем из элементарных ячеек Neovis, по пространственной координате и во времени. Проведен сравнительный анализ распределения температурного профиля в пористой пластине, изготовленной из следующих материалов: пенополистирол фирмы «Пеноплекс», фотополимерная смола фирмы «Phrozen» и пластик PETG. На основании полученных результатов следует, что в качестве тепловой изоляции необходимо использовать материал с наименьшим коэффициентом теплопроводности, в рассматриваемом случае – пластик PETG.

Использование трижды периодических минимальных поверхностей при создании тепловой изоляции позволит получать материалы с заданными теплофизическими и механическими свойствами. Варьируя геометрические характеристики элементарных ячеек, возможно получение необходимых значений эффективной теплопроводности (а значит, и величины термического сопротивления материала) при сохранении малой массы и высокой прочности пористого материала.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-10044, <https://rscf.ru/project/23-79-10044/>.

The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-79-10044, <https://rscf.ru/project/23-79-10044/>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zhang T. et al. Analysis of thermal storage behavior of composite phase change materials embedded with gradient-designed TPMS thermal conductivity enhancers: A numerical and experimental study // *Applied Energy*. 2024. V. 358. P. 122630.
- Stallard S. et al. Exploring the design space of the effective thermal conductivity, permeability, and stiffness of high-porosity foams // *Materials & Design*. 2023. V. 231. P. 112027.
- Catchpole-Smith S. et al. Thermal conductivity of TPMS lattice structures manufactured via laser powder bed fusion // *Additive Manufacturing*. 2019. V. 30. P. 100846.
- Tang D. et al. Effects of porosity on effective thermal conductivities of thermal insulation SiC sandwich panels with Schoen-gyroid structure // *Ceramics International*. 2024. V. 50. N. 7. P. 10618–10625.
- Bragin D. M., Popov A. I., Eremin A. V. Effective Thermal Conductivity of Porous Material Based on TPMS // *2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. IEEE, 2023. P. 965–968.
- Wang J. et al. Investigation on flow and heat transfer in various channels based on triply periodic minimal surfaces (TPMS) // *Energy Conversion and Management*. 2023. V. 283. P. 116955.
- Chen W. et al. Impact of catalyst carrier with TPMS structures on hydrogen production by methanol reforming // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024. V. 58. P. 1177–1189.
- Liu H. et al. Vat photopolymerization of polymer-derived SiC ceramic with triply period minimal surface structure for hydrogen production // *Additive Manufacturing*. 2023. V. 73. P. 103694.
- Modrek M. et al. An optimization case study to design additively manufacturable porous heat sinks based on triply periodic minimal surface (TPMS) lattices // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2022. V. 36. P. 102161.

10. Qureshi Z. A. et al. On the effect of porosity and functional grading of 3D printable triply periodic minimal surface (TPMS) based architected lattices embedded with a phase change material // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2022. V. 183. P. 122111.
 11. Попов А.И., Еремин А.В., Кечин Н.Н. Исследование тепломассопереноса в канале с оребрением на основе трижды периодической минимальной поверхности // *Градостроительство и архитектура*. 2023. Т. 13, №4. С. 49–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.06.
 12. Попов А.И. Разработка тепловой изоляции с упорядоченной структурой, основанной на ТПМП Неовиуса // *Вестник Ивановского государственного энергетического университета*. 2022. №. 6. С. 58–68.
 13. Кудинов В.А., Еремин А.В., Стефанюк Е.В. Аналитические решения задач теплопроводности с переменными во времени коэффициентами теплоотдачи // *Инженерно-физический журнал*. 2015. Т. 88, №. 3. С. 663–673.
 14. Кудинов И.В., Котова Е.В., Кудинов В.А. Метод получения аналитических решений краевых задач на основе определения дополнительных граничных условий и дополнительных искомых функций // *Сибирский журнал вычислительной математики*. 2019. Т. 22, №. 2. С. 153–165.
 15. Еремин А.В., Зинина С.А., Джонсон О.О. Исследование теплопереноса в пористом материале на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии // *Вестник Югорского государственного университета*. 2023. №. 1 (68). С. 60–66.
 16. Определение эффективного коэффициента теплопроводности пористого материала с упорядоченной структурой, основанной на ТПМП I-WP / Попов А.И. и др. // *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. 2022. Т. 7, №. 3. С. 25.
- ## REFERENCES
1. Zhang T. et al. Analysis of thermal storage behavior of composite phase change materials embedded with gradient-designed TPMS thermal conductivity enhancers: A numerical and experimental study // *Applied Energy*. 2024. V. 358. P. 122630.
 2. Stallard S. et al. Exploring the design space of the effective thermal conductivity, permeability, and stiffness of high-porosity foams // *Materials & Design*. 2023. V. 231. P. 112027.
 3. Catchpole-Smith S. et al. Thermal conductivity of TPMS lattice structures manufactured via laser powder bed fusion // *Additive Manufacturing*. 2019. V. 30. P. 100846.
 4. Tang D. et al. Effects of porosity on effective thermal conductivities of thermal insulation SiC sandwich panels with Schoen-gyroid structure // *Ceramics International*. 2024. V. 50. N. 7. P. 10618–10625.
 5. Bragin D. M., Popov A. I., Eremin A. V. Effective Thermal Conductivity of Porous Material Based on TPMS // 2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2023. P. 965–968.
 6. Wang J. et al. Investigation on flow and heat transfer in various channels based on triply periodic minimal surfaces (TPMS) // *Energy Conversion and Management*. 2023. V. 283. P. 116955.
 7. Chen W. et al. Impact of catalyst carrier with TPMS structures on hydrogen production by methanol reforming // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024. V. 58. P. 1177–1189.
 8. Liu H. et al. Vat photopolymerization of polymer-derived SiC ceramic with triply period minimal surface structure for hydrogen production // *Additive Manufacturing*. 2023. V. 73. P. 103694.
 9. Modrek M. et al. An optimization case study to design additively manufacturable porous heat sinks based on triply periodic minimal surface (TPMS) lattices // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2022. V. 36. P. 102161.
 10. Qureshi Z. A. et al. On the effect of porosity and functional grading of 3D printable triply periodic minimal surface (TPMS) based architected lattices embedded with a phase change material // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2022. V. 183. P. 122111.
 11. Popov A.I., Eremin A.V., Kechin N.N. Study of heat and mass transfer in a finned channel based on a three-time periodic minimum surface. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 49–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.06
 12. Popov A.I. Development of thermal insulation with an ordered structure based on Neovius TPMP. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta* [Bulletin of Ivanovo State Energy University], 2022, no. 6, pp. 58–68. (in Russian)
 13. Kudinov V.A., Eremin A.V., Stefanyuk E.V. Analytical solutions of thermal conductivity problems with time-varying heat transfer coefficients. *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal* [Engineering and physical log], 2015, vol. 88, no. 3, pp. 663–673. (in Russian)
 14. Kudinov I.V., Kotova E.V., Kudinov V.A. Method for Obtaining Analytical Solutions to Boundary Value Problems Based on Determination of Additional Boundary Conditions and Additional Search Functions. *Sibirskij zhurnal vychislitel'noj matematiki* [Siberian Journal of Computational Mathematics], 2019, vol. 22, no. 2, pp. 153–165. (in Russian)
 15. Eremin A.V., Zinina S.A., Johnson O.O. Study of heat transfer in porous material based on triplicate periodic surfaces of minimum energy. *Vestnik Jugorskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Ugra State University], 2023, no. 1 (68), pp. 60–66. (in Russian)
 16. Popov A.I. Determination of the effective thermal conductivity coefficient of a porous material with an ordered structure based on TPMP I-WP. *Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tehnologij i jenergoeffektivnosti* [International Journal of Information Technology and Energy Efficiency], 2022, vol. 7, no. 3, pp. 25. (in Russian)

Об авторах:

ЗИНИНА Софья Алексеевна

ассистент кафедры промышленной теплоэнергетики
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sofazinina4@gmail.com

ZININA Sofya Al.

Assistant of the Industrial Heat Power Engineering Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: sofazinina4@gmail.com

МУСТАФИН Равиль Мансурович

старший преподаватель кафедры промышленной
теплоэнергетики
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ravil-bk211@mail.ru

MUSTAFIN Ravil M.

Senior Lecturer of the Industrial Heat Power
Engineering Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: ravil-bk211@mail.ru

ЕРЕМИН Антон Владимирович

доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой промышленной
теплоэнергетики
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: a.v.eremin@list.ru

EREMIN Anton V.

Doctor of Engineering Science, Associate Professor,
Head of the Industrial Thermal Power Engineering Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: a.v.eremin@list.ru

Для цитирования: Зинина С.А., Мустафин Р.М., Еремин А.В. Численное исследование задачи теплопроводности в пористом материале, образованном элементарными ячейками Neovius // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 33–38. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.05.

For citation: Zinina S.A., Mustafin R.M., Eremin A.V. Numerical investigation of the problem of thermal conductivity in a porous material formed by Neovius elementary cells. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 33–38. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.05.

И. Р. МИКИТАЕВА
Ф. К. МИКИТАЕВА

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАЗОПРОВОДА В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ)

ORGANIZATION OF CONSTRUCTION ACTIVITIES IN MOUNTAINOUS
CONDITIONS (ON THE EXAMPLE OF THE CONSTRUCTION OF A GAS PIPELINE
IN THE ELBRUS REGION)

Рассмотрены особенности организации строительной деятельности в горных условиях на примере строительства объекта «Газопровод межпоселковый от ГРС «Тырныауз» до рудника «Молибден» в г.п. Тырныауз Эльбрусского района Кабардино-Балкарской Республики». Выявлено, что строительство осуществляется в тяжелых условиях, на территории высокой сейсмичности, сложного рельефа, геологии. При проведении работ необходимо сохранение и восстановление экологически обоснованных объемов и территорий естественной природной среды с ее эволюционно сложившимся биологическим разнообразием.

Ключевые слова: проект, организация строительства, газопровод, горные условия, геология, гидрография

The article considers the features of the organization of construction activities in mountainous conditions on the example of the construction of the "Inter-settlement gas pipeline from the GRS "Tyrnyauz" to the Molybdenum mine in the Kabardino-Balkarian Republic, the Elbrus district, Tyrnyauz town". It was revealed that the construction is carried out in difficult conditions, in an area of high seismicity, difficult terrain, and geology. During the work, it is necessary to preserve and restore ecologically sound volumes and territories of the natural environment with its evolutionarily developed biological diversity.

Keywords: project, construction organization, gas pipeline, mountain conditions, geology, hydrography

С апреля 2021 г. образование АО «Курорт Эльбрус» существенно отразилось на дальнейшем развитии и совершенствовании туристического кластера. Здесь построена самая высокогорная канатная дорога в России (до 3847 м). На Эльбрусе планируют принимать к 2030 г. более одного миллиона туристов ежегодно. Однако стоят сложные задачи по модернизации и строительству новой масштабной инфраструктуры. Актуальными являются вопросы обеспечения района объектами внешней инфраструктуры, в том числе строительство в сфере газоснабжения, водоснабжения и водоотведения, электро-снабжения. Большого внимания требуют работы по благоустройству территории, ремонту мостов, дорог, берегоукрепительные работы.

Учитывая, что городское хозяйство является первоосновой жизнеобеспечения территорий, от правильности и обоснованности организации управления системами жизнеобеспечения города зависит уровень развития услуг городского хозяйства, определяющих качество жизни населения.

Таким образом, эффективное функционирование коммунальной инфраструктуры непо-

средственно влияет как на развитие туристического кластера Эльбрусского района, так и на уровень благосостояния населения.

Проект организации строительства объекта «Газопровод межпоселковый от ГРС «Тырныауз» до рудника «Молибден» в г.п. Тырныауз Эльбрусского района Кабардино-Балкарской Республики» имеет стратегическое значение для развития всей республики.

Комплекс Тырныаузского комбината вольфрамо-молибденовых руд, работа на котором полностью остановлена в 2001 г., в настоящий момент включен в перечень объектов, претендующих на получение господдержки в рамках программы импортозамещения [1]. Данное обстоятельство доказывает, что «эффективное функционирование строительного комплекса невозможно без использования программно-целевых технологий при решении задач развития субъектов Федерации или их совокупности – федеральных округов» [2]. Проект возобновления добычи и переработки руды и переработки концентрата будет реализован АО «Эльбрусметалл» вольфрама и молибдена в Тырныаузском месторождении и реализуется акционерным обществом «Эльбрусметалл».

Следовательно, можно говорить о важности и значимости газопровода в данном контексте. Более того, речь идет не только об экономическом эффекте реализации проекта, но также о повышении занятости населения, кооперации и интеграции. Место расположения проектируемого объекта: Кабардино-Балкарская Республика, Эльбрусский р-н, г.п. Тырныауз. Планируемый объем капитальных вложений составляет порядка 55 млрд рублей, в совокупности будет создано 900 рабочих мест.

Рассматриваемая документация была разработана в соответствии с заданием на проектирование, документами об использовании земельного участка, техническими регламентами, сводами правил и другой нормативно-технической документацией, в соответствии с требованиями Федерального закона №116 от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Технико-экономические показатели по строительству газопровода представлены в таблице.

Заказчиком проекта [3] «Газопровод межпоселковый в г. Тырныауз Эльбрусского района Кабардино-Балкарской Республики» является организация ООО «Газпром межрегионгаз». Проектируемый газопровод является межпоселковым и предназначен для закольцовки с существующим межпоселковым газопроводом «Тырныауз-Азау» в районе центральной водогрейной котельной (диаметр трубы

принят в соответствии с диаметром существующего газопровода закольцовки), а также для отвода к промплощадке рудника «Молибден».

Начальным пунктом принята врезка проектируемого межпоселкового газопровода высокого давления 2-й категории 0,3<P≤0,6 МПа в действующий подземный стальной газопровод Ø426 на выходе ГРС «Тырныауз».

Конечным пунктом является врезка проектируемого газопровода в существующий подземный стальной газопровод Ø426 в районе центральной водогрейной котельной и увязка с проектируемым газопроводом, предназначенным для газоснабжения промплощадки рудника «Молибден».

Подключение проектируемого газопровода осуществляется без отключения газа при помощи оборудования Ravetti. Врезка должна производиться оборудованием, имеющим подтверждение соответствия требованиям СТО ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 2.4-5-3-2021 с применением материалов (фитингов), соответствующих СТО ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 2.4-4-1-2019.

Проектной документацией предусматривается:

- прокладка газопровода высокого давления 2-й категории 0,3P≤0,6 мПа из полиэтиленовых труб;
- установка пункта учёта газа, надземного и подземных шаровых кранов, пересечение

Технико-экономические показатели
Technical-and-economic indexes

Показатель	Параметры
Вид работ	Строительство
Местоположение объекта	Город Тырныауз, Эльбрусский район, Кабардино-Балкарская Республика
Наименование генпроектировщика	ООО «СтройГазКомплект»
Длина трассы трубопровода в плане, м	4999,6
Количество пересечений:	
с водными преградами	2
с подземными коммуникациями	23
Количество узлов врезок	3
Площадь временного отвода земель, га: в т.ч. площадка ВЗиС	5,5207 0,0600
Продолжительность работ, мес.: подготовительный период основной период	2,0 7,0
Потребность в кадрах, чел.: работы подготовительного периода работы основного периода	6 19

параллельное следование с автомобильными дорогами;

- пересечение газопроводом высокого давления реки Кумыксу надземным способом с помощью стальной пространственной фермы и реки Баксан надземным способом с помощью отдельностоящих подвижных и неподвижных опор.

Длина трассы 4999,6 м.

Трасса газопровода проходит по землям населенных пунктов, параллельно и с пересечением линий электропередач и инженерных коммуникаций.

Площадь земель краткосрочной аренды для производства работ по строительству составляет 5,5207 га, в том числе площадка временных зданий и сооружений (ВЗиС) – 0,0600 га.

В состав площади краткосрочной аренды входят:

- строительные и монтажные площадки и временные проезды техники;
- траншеи и котлованы для прокладки трубопровода;
- площадка временных зданий и сооружений (ВЗиС), площадки под размещение строительных материалов и оборудования.

Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта и обеспечивающие его функционирование, не проектируются.

Строительство осуществляется в тяжелых условиях, на территории высокой сейсмичности, сложного рельефа, геологии и особенностей в гидрографическом плане. Наблюдается разнообразный рельеф, температурный режим и влажность почв и другие факторы, влияющие на проведение строительных работ.

Сложный рельеф в первую очередь определяет особенности климатических условий проектируемого района. Здесь формируется особый климат горного типа, для которого наиболее характерным является четко выраженная вертикальная поясность и большое разнообразие микроклиматических условий.

Результаты инженерных изысканий, а для сейсмических районов – данные режимных наблюдений (мониторинга), наряду с технико-экономическим обоснованием, объемно-планировочными и конструктивными решениями, служат исходными материалами для составления проекта организации строительства [4, 5].

В геологическом строении исследуемого участка до разведанной глубины 5,0-15,0 м принимают участие современные элювиальные и аллювиальные отложения.

Исходя из геологической карты Российской Федерации, карты четвертичных отложений (К-38-1), масштаб 1:200 000, был определен

возраст и генезис отложений как верхнечетвертичные аллювиальные отложения (aQIV), которые представлены:

- суглинком светло-коричневым, твердым, галечниковым, непосадочным. Залегает под почвенно-растительным слоем с глубины 0,1-0,2 м. Вскрытая мощность слоя 1,6-6,0 м;
- валунно-галечниковым грунтом с супесчаным заполнителем до 30 %. Залегает под почвенно-растительным слоем и суглинком твердым. Вскрытая мощность слоя 0,9-14,8 м.

По результатам анализа типов почв выявлено их распределение согласно законам вертикальной поясности на данной территории.

Наиболее важная река участка изысканий – Баксан. Площадь бассейна реки составляет 6800 тыс км², а длина 169 км. Питание преимущественно ледниковое, снеговое и подземное. Река обладает большой энергетической способностью.

Район реки Баксан является одним из селеопасных и селеопасных, так как это один из самых заселенных районов высокогорья. Кроме того, в бассейне встречается много балок и ручьев, по которым проходят микросели, объем выносов которых не превышает 1 тыс.м³. Сели в основном грязекаменные. Водная составляющая формируется за счет таяния ледников. Твердая составляющая формируется за счет гляциального оползня, делювия и осыпей. Селевые потоки формируются при уклонах более 20 %.

Река Баксан представляет собой горный водоток с бурным течением, скорость течения реки меняется от 0,5 до 1 м/с на плёсах, до 3,5 – 4 м/с на порожистых участках, «характеризующихся высокими наносными и скоростными режимами»[6]. Пойма реки довольно широкая и ярко выражена. Дно реки песчано-галечное.

Учитывая явления паводков, уровень которых доходит до отметки 1,5 м, русло реки подвержено сильным деформациям, что приводит к появлению перекатов, рукавов и кос.

Вышеуказанные условия природно-климатического характера, обусловленные особенностью горной местности, значительно усложняют организацию и технологию строительного процесса, требуют учета гидрогеологических, инженерно-геологических и прочих факторов, в результате ограничена возможность механизации строительных процессов и возникает необходимость выполнения особых видов строительных-монтажных работ.

Особое внимание следует уделять сохранению экологии Эльбурского района, на территории которого находится один из крупнейших особо охраняемых природных объектов Кабардино-Балкарии – Национальный парк «Приэльбрусье», место альпинизма и туризма,

отдыха и профилактики различных заболеваний для населения всей нашей страны. Мы придерживаемся мнения известного ученого и исследователя экологических проблем на данной территории С.О. Курбанова о том, что необходимо обеспечение условий сохранения и восстановления среды жизни «в связи с возникновением признаков глобального экологического кризиса, с глобальным и локальным загрязнением природы...» [7].

Поэтому первоочередной задачей при прокладке газопровода высокого давления, сопряженной с пересечением автомобильных дорог, пересечением горных рек, является грамотная организация технологии строительных работ при строгом соблюдении требований ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду), а также «на безусловном первом месте находится сохранение и восстановление экологически обособленных объемов и территорий естественной природной среды с ее эволюционно сложившимся биологическим разнообразием...» [7].

Реализация научно-технических и проектных решений по газификации, осуществление строительно-монтажных работ и организационных мер определяются направлениями перспективного развития системы газоснабжения и газораспределительной системы в субъекте Российской Федерации, в соответствии с Федеральным законом от 12.12.2023 №575-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О газоснабжении в Российской Федерации» и статьей 5.2 и 52.1 Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Схема газоснабжения и газификации субъекта России разрабатывается с учетом топливно-энергетического баланса соответствующего субъекта Кабардино-Балкарской Республики и учитывается при разработке документов территориального планирования. Строительство газопровода включено в программу развития систем газоснабжения и газификации 2021–2025 гг. По оценкам экспертов и в соответствии с планом работы строительство на уникальном по сложности объекте должно завершиться к концу 2025 г.

Состав основных работ по строительству газопровода:

- прокладка газопровода в траншее;
- прокладка газопровода закрытым способом (методом ННБ);
- обустройство надземных переходов через водные преграды (реки Баксан и Кумыксу);
- испытание газопровода (пневматическое);
- выполнение врезок;
- ввод в эксплуатацию нового смонтированного участка газопровода;
- восстановление нарушенных покрытий.

До начала работ по прокладке сети должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- планировка трассы;
- создание и закрепление геодезической основы на строительной площадке путем забивки металлических штырей с закрашенной головкой;
- обеспечение работающих санитарно-бытовыми помещениями, согласно расчетной потребности, с обеспечением мер противопожарной безопасности;
- обеспечение участков строительства, в том числе санитарно-бытовых помещений, водой, электроэнергией;
- согласование времени и порядка прокладки газопровода через дороги в соответствующих службах.

На выполнение комплекса работ по прокладке сети подземного газопровода генподрядчиком разработан проект производства работ, обеспечивающий безопасность работ в сложившейся ситуации. Работы по прокладке подземного газопровода производятся в полосе отвода земель шириной 6,0 м и ведутся поточным методом одновременно на двух несмежных участках.

Комплекс работ по строительству газопровода выполняется в охранный зоне водного объекта – р. Баксан. Газопровод-переход прокладывается через р. Баксан в надземном исполнении, выполнен на опорах, размещенных в береговой и русловой части водного объекта. Для проведения работ в русловой части водного объекта необходимо выполнить устройство временных подъездных дорог и монтажной площадки. Следующим шагом будет выполнение устройства русловых опор. Основание под опоры, устанавливаемые в русле реки, – буронабивные сваи с применением обсадной трубы диаметром 800 мм (140,3 кг/п.и.). Бетонирование выполняется без извлечения обсадных труб. Бурение скважин под опоры газопровода осуществляется буровым станком В180 НД. Установку обсадных труб, опор под газопровод выполняют с помощью крана КС45734. Для строительства участка надземного перехода в русловой части реки вышеперечисленная техника размещается на монтажной площадке, расположенной в русле реки.

Изготовление свай включает в себя следующие операции:

- бурение скважины;
- монтаж в скважину обсадной трубы;
- зачистку скважины от осыпавшегося грунта;
- монтаж арматурного каркаса;
- заполнение скважины бетоном порциями;
- бетонирование между боковой поверхностью грунта и не извлекаемой обсадной трубой

(пазухи) после извлечения обсадной трубы диаметром 800 мм;

- уплотнение бетонной смеси вибраторами.

При высоком уровне малоподвижных грунтовых вод для предохранения бетонной смеси от размыва применяют подводное бетонирование (руслевые опоры). Бетонную смесь следует подавать в обсадную трубу под давлением по трубопроводу, погруженному до самого низа скважины. Бетонная смесь в пределах верхних 3 м сваи по окончании бетонирования тщательно уплотняется глубинным вибратором.

Доставка бетонной смеси для устройства монолитных фундаментов производится автобетононасосом, подача бетонной смеси выполняется бетононасосом. Бетонирование фундамента осуществляется без перерыва.

Производство работ по прокладке газопровода по всей трассе прохождения выполняется в стесненных условиях [8]. Они создают реальные проблемы в процессе перевозки, хранения и подачи строительных материалов и конструкций. В конечном итоге это приводит к сокращению эффективности реализуемых работ, что подтверждается наличием следующих факторов:

- интенсивное движение городского транспорта и пешеходов в непосредственной близости от места работ, обуславливающих необходимость строительства короткими захватками с полным завершением всех работ на захватке, включая восстановление разрушенных покрытий и посадку зелени;
- непосредственная близость от места работ, от жилых и производственных зданий, а также сохраняемых зелёных насаждений в непосредственной близости от места работ;
- разветвлённая сеть существующих подземных коммуникаций, подлежащих подвеске или перекладке;
- производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи.

Численность рабочих, занятых на основном производстве, сооружении и демонтаже временных зданий и в подсобных производствах при строительстве объектов, определена, исходя из нормативной трудоемкости и сроков строительства, по формуле

$$\text{Чр.} = \text{Тр}/(\text{Т} \times 168) = 19038/(7,0 \times 168) = 17 \text{ чел.,}$$
 где Тр – трудоемкость (чел.-ч);

Т – продолжительность строительства, мес. (основной период);

168 – среднее количество рабочих часов в месяце, ч.

Потребность в трудовых ресурсах, определенная при разработке проекта организации

строительства, уточняется при разработке ППР для конкретных условий организации работ на данном участке строительства.

Рабочие, занятые в строительстве, проживают в г. Тырныауз и доставляются на строительную площадку автотранспортом подрядчика.

Работы по контролю качества за строительством выполняются технадзором эксплуатирующей организации.

Продолжительность строительства газопровода, принятая проектом, составляет $\text{Тр.} = 7,0 + 2,0 = 9,0 \text{ мес.}$, в том числе подготовительный период – 2,0 мес. (при проведении работ в одну смену по 8 ч).

Одновременно с определением общей продолжительности производства работ на объекте считаем целесообразным использовать при расчетах метод критического пути (КСПУ), который позволяет «определить варианты способов сокращения сроков производства работ, моделирование общей структуры затрат на производство» [4].

Выводы. Организация и планирование строительства газопровода в Эльбруском районе Кабардино-Балкарской Республики подразумевает обеспечение целенаправленных технологических, технических и организационных решений, а также мероприятий, обеспечивающих выполнение обязательств по подписанным контрактам на возведение объектов.

Определена роль климатических и местных условий в строительных работах. Учёт природно-климатических условий Эльбурского района, отягощённых высокой степенью сейсмичности, лавиноопасности, селеопасности, сложным рельефом и грунтами, при проектировании и реализации проекта позволит обеспечить качественное выполнение строительно-монтажных работ.

Строительство газопровода в г.п. Тырныауз имеет социально-экономический эффект, поскольку реализация проекта обеспечит не только пополнение бюджета в будущем, но и повышение занятости населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Газопровод к месторождению вольфрама в Кабардино-Балкарии проложат к 2025 году [Электронный ресурс]. URL: <https://etokavkaz.ru/news/115236> (дата обращения: 20.08.2024).
2. Микитаева И.Р., Казиев В.М. Программно-целевые методы развития строительства // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. С. 99–102.

3. Горбанева Е.П. Организация, планирование и управление в строительстве / Воронежский ГАСУ. Воронеж, 2016. 117 с.

4. Зильберова И.Ю., Томашук Е.А., Бобкина В.А. Модели и методы решения задач управления организационно - технологическими системами // Наука и образование в современном мире: методология, теория и практика: материалы II Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2020. С. 12–15.

5. Созаев А.А., Курбанов С.О. Эксплуатационная надежность облицованных каналов. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. 2012. 174 с.

6. Курбанов С.О., Созаева А.А. Новые конструктивные и технологические решения по водозаборным сооружениям мелиоративных систем предгорных зон // Вода и экология: проблемы и решения. 2024. №4. С. 24–31.

7. Курбанов С.О. Экологическая инфраструктура территорий. Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2019. 60 с.

8. Зорина М.А., Рязанова Г.Н., Ильдияров Е.В. Анализ организационных и технологических решений по выбору крана при проектировании стройгенпланов в стесненных условиях строительной площадки // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, №2. С. 67–76. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.11.

5. Sozaev A.A., Kurbanov S.O. *Jekspluatacionnaja nadezhnost' oblicovannyh kanalov* [Operational reliability of lined channels]. Germany, LAP LAMBERT, Academic Publishing GmbH & Co, 2012. 174 p.

6. Kurbanov S.O., Sozaeva A.A. New design and technological solutions for water intake facilities of reclamation systems of foothill zones. *Voda i jekologija: problemy i reshenija* [Water and ecology: problems and solutions], 2024, no. 4, pp. 24–31. (in Russian)

7. Kurbanov S.O. *Jekologicheskaja infrastruktura territorij* [Ecological infrastructure of the territories]. Nalchik, Publishing House M. and V. Kotlyarov, 2019. 60 p.

8. Zorina M.A., Ryazanova G.N., Ildiyarov E.V. Analysis of Organizational and Technological Solutions on the Choice of the Crane When Designing Build Plans in Construction Site Conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 67–76. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.11

REFERENCES

1. Gas pipeline to tungsten deposit in Kabardino-Balkaria will be laid by 2025. Available at: <https://etokavkaz.ru/news/115236> (20 August 2024).

2. Mikitaeva I.R., Kaziev V.M. Program-target methods of construction development. *Innovacionnye reshenija v stroitel'stve, prirodoobustrojstve i mehanizacii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva: materialy III Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative solutions in construction, environmental management and mechanization of agricultural production: materials of the III All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik, Kabardino-Balkarian GAU, 2023, pp. 99–102. (In Russian).

3. Gorbaneva E.P. *Organizacija, planirovanie i upravlenie v stroitel'stve* [Organization, planning and management in construction]. Voronezh, Voronezh GASU, 2016, 117 p.

4. Zilberova I.Yu., Tomashuk E.A., Bobkina V.A. Models and methods of solving problems of management of organizational and technological systems. *Nauka i obrazovanie v sovremennom mire: metodologija, teorija i praktika: materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Science and education in the modern world: methodology, theory and practice: materials of the II International Scientific and Practical Conference]. Cheboksary, 2020, pp. 12–15. (In Russian).

Об авторах:

МИКИТАЕВА Индира Руслановна

кандидат экономических наук, доцент кафедры
землеустройства и экспертизы недвижимости
Кабардино-Балкарский аграрный университет
имени В. М. Кокова
360030, Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в
E-mail: diseconkbgau@mail.ru

МИКИТАЕВА Фарида Камильевна

заместитель начальника отдела архитектуры
и градостроительства
Министерство строительства и жилищно-коммунального
хозяйства Кабардино-Балкарской Республики
360001, Россия, г. Нальчик, ул. Арманд, 43
E-mail: mikifrida94@gmail.com

MIKITAIEVA Indira R.

PhD of Economic Sciences, Associate Professor
of the Land Management and Real Estate Expertise Chair
Kabardino-Balkarian Agrarian University
named after V. M. Kokov
360030, Russia, Nalchik, Lenin pr., 1 v
E-mail: diseconkbgau@mail.ru

MIKITAIEVA Farida K.

Deputy Head of the Department of Architecture and
Urban Planning
Ministry of Construction, Housing and Communal
Services of the Kabardino-Balkarian Republic
360001, Russia, Nalchik, Armand Street, 43
E-mail: mikifrida94@gmail.com

Для цитирования: Микитаева И.Р., Микитаева Ф.К. Организация строительной деятельности в горных условиях (на примере строительства газопровода в Приэльбрусье) // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 39–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.06.

For citation: Mikitaeva I.R., Mikitaeva F.K. Organization of construction activities in mountainous conditions (on the example of the construction of a gas pipeline in the Elbrus Region). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 39–45. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.06.

Л. Л. НЕГОДА
Т. С. КУРМАЕВА

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЗДАНИЙ ЖИЛОГО ФОНДА Г. САМАРЫ

BIOLOGICAL DAMAGE OF CITIZEN BUILDINGS OF THE CITY OF SAMARA

В статье освещаются проблемы биологических повреждений городских зданий жилого фонда в городе Самаре. Указаны районы изучения городских зданий жилого фонда. Исследован видовой состав микроорганизмов, выявленный на изучаемых образцах. Отмечены условия и проанализированы процессы интенсивного развития микроорганизмов на строительных материалах, которые приводят к их разрушению. Установлена взаимосвязь повышенной заболеваемости человека и действие микроорганизмов на строительные материалы. Рассматривается такое понятие, как «синдром больных помещений». Выполнен анализ того, какие городские здания подвержены биологическому разрушению в большей степени. Рассматриваются условия, способствующие развитию микроорганизмов и грибковых колоний.

Ключевые слова: биологическая деградация, биоповреждения, биологическая коррозия, плесневые грибы, микромицеты, микроорганизмы

The article highlights the problems of biological damage of urban residential buildings in the city of Samara. Specific areas of study of urban residential buildings are indicated. The species composition of microorganisms, which was revealed on the studied samples, is investigated. The conditions are noted and the processes of intensive development of microorganisms on building materials, which lead to their destruction, are analyzed. Establishes the relationship between increased human morbidity and the action of microorganisms on building materials. Such a concept as «sick room syndrome» is considered. It is analyzed which urban buildings are subject to biological destruction to a greater extent. Considers the conditions that promote the development of microorganisms and fungal colonies.

Keywords: biological degradation, biodegradation, biological corrosion, mold fungi, micromycetes, microorganisms

Проблема охраны крупных городов от стихийных бедствий и экологических катастроф является приоритетной и приводит к существенным затратам.

В такой сложившейся обстановке биологическое разрушение зданий под влиянием мельчайших организмов остается без должного внимания сотрудников коммунально-бытовых служб и строителей. В первую очередь это объясняется размерами разрушений, которых не видно невооруженным глазом на начальном этапе воздействия, а через несколько лет эксплуатации такие строения становятся не только не пригодными, но и опасными для здоровья человека. Немалый вклад в такую ситуацию вносит халатное отношение к соблюдению норм и правил использования конструкций, несвоевременный ремонт несущих строительных блоков, небрежное отношение к соблюдению теплового и влажностного режима.

На современном этапе развития общества автодороги, среда промышленных фабрик и заводов в частности, предприятия техногенного плана в общем, служат первостепенным фак-

тором, провоцирующим усиленное биологическое разрушение строительных материалов, которое можно рассматривать как биокоррозию. Она ускоренно развивается под действием повышенной влаги, в результате присутствия в среде органики и неорганики, служащих питательной средой для деятельности разрушающих микроорганизмов.

После проведенных замеров тепловлажностных характеристик среды было выявлено, что влажность воздуха весной в условиях города составляет 89 %, в загородной зоне – 94 %. Каменное и асфальтовое покрытие улиц городов имеют ощутимую поглощающую площадь. Заасфальтированные и вымощенные камнем улицы не позволяют проникать водяным парам в воздушную среду. В результате воздух в городах имеет пониженное содержание влаги, в связи с чем температура повышается быстрее, чем на открытой травяной поверхности за городом. Кроме того, повышение температуры воздуха в населенных пунктах идет более интенсивно под влиянием тепловых хозяйственно-антропогенных факторов.

Необходимо обязательно учитывать, что такие антропогенные факторы, как пыль и грязь в воздухе, отходы промышленных предприятий, выхлопы автомобильного транспорта служат основными виновниками нарушения благоприятного микроклимата [1, 2].

В итоге в первую очередь разрушенные места зданий, покрытия потолков, плинтусов, стен являются местом появления плесени, пятен разной окраски – первые признаки активности микроорганизмов, которым для развития и жизнедеятельности необходимы ничтожно малые количества тепла, влажности, света, углерода [3–5]. Разрастающиеся колонии диффундируют вглубь материала с выделением токсинов, вызывающих биохимическое разрушение конструкции. Получены и определены многие биологические разрушители, при этом их количество возрастает весьма интенсивно [6].

Главными признаками биокоррозии являются наличие темных пятен, новообразований, трещин и язв в штукатурном слое, вспучивание и отслаивания поверхностных слоев краски, разрушения чердачных перекрытий, полов и т. д.

Биологическая коррозия строительных материалов наблюдается с самого начала развития строительства. Практически во всех странах, даже несмотря на уровень их развития, такая проблема стоит остро и требует своего решения. При этом в первую очередь необходимо решать проблему плесневой микоты, которая наносит непоправимый ущерб не только строительным материалам, но и здоровью людей. Страны Европы зарождение плесневых грибов внутри зданий рассматривают с таких же значимых позиций, как наличие кадмия или паров ртути в квартире или офисе. Выставлять на продажу такое помещение лишено смысла, его никто не станет покупать.

Опасность биоповреждений недооценивается по двум причинам:

- во-первых, процессы биоповреждения строительных конструкций могут развиваться на протяжении многих лет и даже десятилетий;
- во-вторых, биоповреждение как фактор разрушения зданий и сооружений, не отражено в нормативных строительных документах (исключение составляют деревянные сооружения).

Цель работы состояла в изучении сообщества микромицетов в различных жилых помещениях Самары.

Основной задачей исследования был анализ путей формирования микобиоты в зонах антропогенного влияния на конструкции жилых зданий.

Сбор материала проводился в течение последних двадцати лет при обследовании зда-

ний в плановом порядке в соответствии с обращением жильцов (рис. 1–6). Исследованиями были охвачены районы Самары – Октябрьский, Промышленный, Советский, Ленинский, Красноглинский.



Рис. 1. Оконный откос квартиры в Промышленном районе
Fig. 1. Window slope of an apartment in the Industrial District

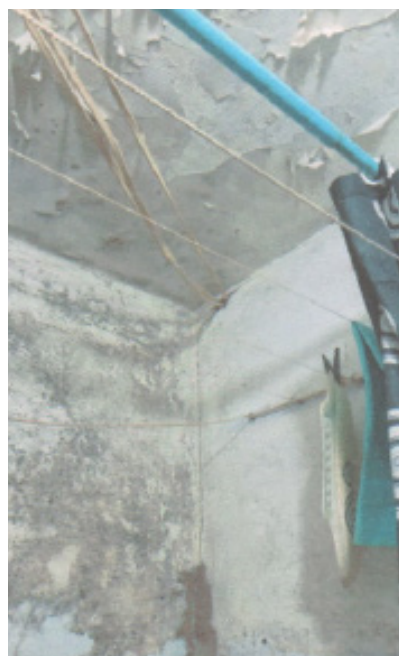


Рис. 2. Осыпания на потолке и темные пятна по наружной стене в ванной комнате квартиры в Советском районе

Fig. 2. Crumbling on the ceiling and dark spots on the outer wall in the bathroom of an apartment in the Soviet district



Рис. 3. Угловое сопряжение стен квартиры в Красноглинском районе
Fig. 3. Corner joining of the walls of an apartment in Krasnoglinsky district



Рис. 5. Поражения на потолке квартиры в Октябрьском районе
Fig. 5. Defeats on the ceiling of an apartment in the Oktyabrsky district



Рис. 4. Угловое сопряжение стен квартиры в Красноглинском районе (на фасаде расположен технологический шов)
Fig. 4. Corner joining of the walls of an apartment in Krasnoglinsky district (process weld is located on the facade)

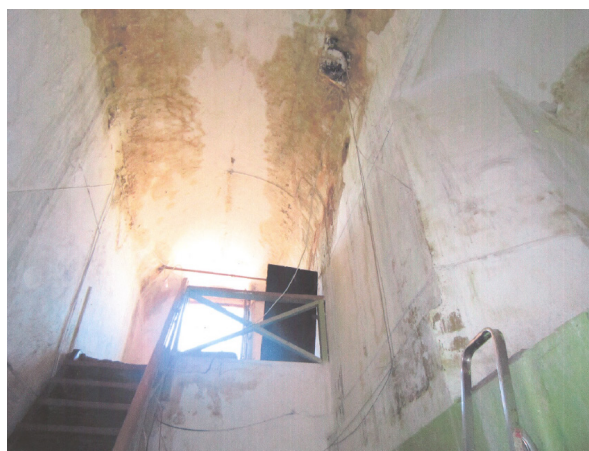


Рис. 6. Потолок квартиры в Ленинском районе
Fig. 6. Ceiling of an apartment in the Leninsky district

Произведен осмотр строительных конструкций зданий на предмет разрушения материалов:

- выявлены участки, имеющие признаки повреждений;
- проведена фотофиксация поврежденных участков;
- определена степень повреждения;
- выявлены основные причины повреждения строительной конструкции.

По результатам осмотра участки, имеющие одинаковые признаки повреждений, были объединены в группы:

- похожие окраски новообразований;
- одинаковые причины повреждения строительных конструкций.

Образцы различных субстратов (строительных материалов) с признаками биологических повреждений исследовали в лаборатории СамГТУ. Кроме образцов поврежденных материалов, микологические пробы отбирали методом отпечатка с поверхности на питательную среду.

Для первичной идентификации грибов использовали агаризованные среды Чапека и Сабуро. Всего было отобрано и изучено более 150 проб.

Обследование поврежденных материалов проводилось измерением pH в зоне повреждения и на неповрежденных участках бумажными индикаторами.

В 85–90 % проб, отобранных с открытых поверхностей в жилых помещениях, выявлены плесневые грибы. По частоте встречаемости доминируют виды рода *Penicillium*. Этот род оказался самым богатым по видовому разнообразию. Кроме того, в пробах зарегистрированы различные виды рода *Cladosporium*, *Aspergillus* и *Mucor*. Отмечена группа дрожжевых и дрожжеподобных грибов.

Выявленные плесневые грибы способны поселяться на различных субстратах, вызывая их последовательное разрушение. Кроме того, при высоких концентрациях споры в воздушной среде могут оказывать отрицательное воздействие на здоровье человека.

В начале XX века, до 1940-х годов, вопросы внутренней среды помещений и санитарного состояния жилищ были предметом острых дискуссий по проблемам общественного здоровья, в частности туберкулёза. Внимание смещалось на проблемы внешней среды и условий труда в тяжёлой промышленности. В последние десятилетия обсуждение проблем общественного здоровья вернулось к вопросам санитарного состояния жилых помещений и гигиены.

Известно, что люди в течение одного года вдыхают и фильтруют через свои дыхательные пути около 1 м³ воздуха. Соответственно в них задерживается большая часть микроорганизмов, содержащихся в воздухе, что может привести к различным болезненным состояниям, которые характеризуются термином «болезнетворное воздействие закрытого помещения».

Изменения во внутренней среде помещения привели к возрастанию симптомов аллергии и нарушений реакций иммунной системы человека.

Если в воздушной среде присутствуют микроорганизмы, такие как бактерии, вирусы, грибы или их споры, то они будут иметься во всем внутреннем объекте исследования. Они могут находиться в воздушной среде как отдельные частицы очень маленького размера (плесень имеет споры до 2–8 мкм, а бактерии – 0,5–1,5 мкм).

Споры плесневых грибов, не видимые человеческому глазу, встречаются повсеместно – не только внутри, но и снаружи здания. В помещение они заносятся с одеждой, на подошвах обуви, разносятся потоками воздуха. Споры грибов некоторых видов могут вызывать аллергические реакции, приступы астмы, кашель, дерматиты, заражения глаз.

Первостепенным источником бактерий служат люди. Где скопления людей больше,

там и будут повышенные концентрации патогенных микроорганизмов. В первую очередь к таким помещениям следует отнести школы, детские сады, квартиры. Здесь уровень обсемененности значительно выше, чем в офисных помещениях.

Микроорганизмы и плесневые грибы могут размножаться на всех строительных конструкциях и мебельных материалах, если они находятся в условиях повышенной или высокой влаги. Увеличение их числа внутри помещений можно определить по микробному или плесневому запаху.

В результате своей жизнедеятельности микроскопические организмы и плесень продуцируют летучие вредные для человека вещества, а именно органические кислоты, высшие спирты, кетоны, непосредственно оказывающие влияние на запах, который часто сопровождает развитие микроорганизмов и плесени.

На данный момент знания о взаимосвязи микроорганизмов и грибов, возникновении симптомов «синдрома больных помещений», типах глюканов и органических соединениях недостаточны.

Были проведены исследования состава микроорганизмов и плесневых грибов в воздухе различных помещений. Пробы воздуха отбирали на питательную среду Чапека. Контакт воздуха с поверхностью питательной среды в чашке Петри осуществляли в течение 5 минут. Чашки с «посевом воздуха» инкубировали 120 часов в биологическом термостате при температуре 21 °С.

Состав плесневых грибов устанавливали путем микроскопирования колоний и в сравнении с определителями.

Состав микроорганизмов, присутствующих в воздухе обследованных помещений, достаточно разнообразен. Это плесневые грибы родов *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*. Концентрация их высокая. Обнаруженные плесневые грибы известны как наиболее агрессивные формы, обладающие высокой активностью разрушения камня, бетона, штукатурки и других строительных материалов.

Споры «вездесущих» плесневых грибов в условиях повышенной влажности воздуха и материалов в помещениях прикрепляются к поверхностям конструкций. Микроскопические грибы питаются органическими и неорганическими соединениями, выделяют продукты жизнедеятельности – кислоты и ферменты. Плесневые грибы интенсивно размножаются при комнатной температуре, когда влажность воздуха повышенная, а вентиляция недостаточная. Для устранения повреждений от попадания влаги необходимо восстановить

целостность фасадов, карнизов, водосточных труб. Для устранения запаха микроорганизмов и плесени удаляется его источник.

Степень поражения жилых и общественных зданий грибковыми организмами связана с условиями эксплуатации этих зданий.

Сооружения, построенные из качественных материалов и имеющие качественную циркуляцию воздуха и правильную температуру, защищены от чрезмерного «застойного» увлажнения. Развитие микроорганизмов и грибковых колоний в помещениях может произойти из-за следующих факторов:

1) многолюдные и плохо проветриваемые помещения;

2) сырые чердачные и подвальные помещения;

3) помещения с нарушенной гидроизоляцией.

Во время экспериментальных исследований влияния жизнедеятельности микроорганизмов на состояние поверхностей зданий выявлено:

- снижение прочности кирпича и бетона;
- снижение прочности стекла;
- аморфность шпатлевки.

Загрязнение урбанизированной среды активизирует биodeградирующую функциональность определенных организмов и даже целых популяций, что приводит к выявлению биodeградации в городах, причем в отдельных местах в геометрической прогрессии. На интенсивность процессов разрушения оказывает влияние состав бетона, его свойства, состояние его покрытия, присутствие антропогенных контаминантов в среде и на его поверхности [7].

Общественные и жилые здания в большей степени подвержены развитию грибов и микроорганизмов. Со временем меняется качество и структура материалов при эксплуатации зданий. Для строительства стен обычно используют пористые и легко впитывающие воду материалы (кирпич, дерево, бетон). Стены, выполненные из кирпича, могут увлажняться до второго этажа за счет капиллярного всасывания. Капиллярные поры кирпича работают как насос. Вода, попадающая в кирпич, бетон и другие строительные материалы, растворяет в них соли, гипс и т. д. [8, 9]. В насыщенной влагой структуре строительных материалов активно располагаются бактерии и грибы, развивая процессы их разрушения.

Основными причинами биоповреждений зданий и сооружений являются следующие факторы: повышенная влажность строительных материалов; наличие в составе строительных материалов веществ (прежде всего органических), являющихся питательной средой для биодеструкторов; высокая запыленность на-

ружного воздуха и воздуха внутри помещения; загрязнение атмосферы такими газами, как SO_2 , SO_3 , CO_2 , NO_2 , NH_3 ; повреждение поверхности строительных материалов (появление трещин и др.); загрязнение поверхности строительных материалов веществами, способствующими развитию биодеструкторов; антисанитарные условия в эксплуатируемых подсобных помещениях; использование материалов, зараженных биодеструкторами.

Для повышения защиты пораженных поверхностей рекомендуется закрывать их биостойкими отделочными материалами [6, 7] и проводить ремонт с обработкой конструкций биоцидами и гидрофобизирующими составами.

В результате проведенных исследований получены данные о разнообразии микромицетов, вызывающих биологические повреждения жилого фонда.

Применение технических мер противодействия биоповреждениям зданий потребует меньших экономических затрат и послужит сохранению здоровья человека [12, 13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гвоздовский В.И., Князева М.Н., Сизова А.И. Экологические проблемы крупного города, средства и методы их решения // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 63–67. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11.
2. Василенко М.И. Биоразрушение поверхностей городских зданий и сооружений / Труды Международной научно-практической конференции. Белгород, 2012. С. 281–285.
3. Яковлева М.В., Фролов Е.А., Фролов А.Е. Влияние повреждений наружной установки на экологию окружающей территории // Градостроительство и архитектура. 2014. Т.4, №1. С. 86–90. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.15.
4. Кизимова О.В., Зобкова Н.В. Анализ дефектов перекрытий здания – объекта культурного наследия // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №4. С. 22–26. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.4.
5. 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.
6. Соломатов В.И. Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 196 с.
7. Экологическое благоустройство жилых территорий крупных городов России: Труды научно-практического семинара VII Международного экологического форума. СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2008. 152 с.
8. Негода Л.Л. Реализация системы мероприятий для снижения биологических повреждений // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: мате-

риалы 70-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции. Самара, 2013. С. 124–129.

9. Негода Л.А. Повышение грибостойкости отделочных растворов на основе гипсовых вяжущих за счет применения нанотехногенного сырья // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 72-й Всероссийской научно-технической конференции. Самара, 2014. С. 345–350.

10. Негода Л.А. Обзор социально-экологических аспектов биоповреждений // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции. Самара, 2013. С. 206–211.

11. Хлыстов А.И., Безгина Л.Н., Негода Л.А. Штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной грибостойкости // Научное обозрение. 2014. № 10, Ч. 2. С. 70–79.

12. Негода Л.А., Курмаева Т.С., Шитиков Д.А. Экология помещений образовательных учреждений при возникновении биологических повреждений // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11 (43). Ч. 3. С. 92–94.

13. Негода Л.А., Ромейко М.Б., Курмаева Т.С. Влияние состояния воздушной среды на развитие биоповреждений строительных конструкций жилых помещений // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 04 (58). Ч. 1. С. 30–32.

REFERENCES

1. Gvozдовskiy V.I., Knyazeva M.N., Sizova A.I. Environmental problems of a large city, tools and methods for their solution. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2017, vol. 7, no. 3, pp. 63–67. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11

2. Vasilenko M.I. Biodegradation of surfaces of city buildings and structures. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Belgorod, 2012, pp. 281–285. (In Russian).

3. Yakovleva M.V., Frolov E.A., Frolov A.E. Impact of damage to outdoor installation on the environment of the surrounding area. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2014, vol. 4, no. 1, pp. 86–90. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.15

4. Kizimova O.V., Zobkova N.V. Analysis of defects in the floors of a building - an object of cultural heritage. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 22–26. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.4

5. Balabanov M.S., Butenko S.A., Leonenko A.S. Change in the strength of wood and wooden structures over time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1

6. Solomatov V.I. *Biologicheskoe soprotivlenie materialov* [Biological resistance of materials]. Saransk, Publishing House of Mordovian University, 2001. 196 p.

7. Ecological improvement of residential areas of large cities of Russia. *Trudy nauchno-prakticheskogo seminar VII Mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma* [Proceedings of the Scientific and Practical Seminar of the VII International Environmental Forum]. St. Petersburg, Publishing House MANEB, 2008, 152 p. (In Russian).

8. Negoda L.L. Implementation of a system of measures to reduce biological damage. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: materialy 70-j jubilejnoj Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 70th anniversary All-Russian scientific and technical conference]. Samara, 2013, pp. 124–129. (In Russian).

9. Negoda L.L. Increased fungal resistance of finishing solutions based on gypsum binders due to the use of nanotechnogenic raw materials. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: materialy 72-j Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 72th All-Russian scientific and technical conference]. Samara, 2014, 345–350. (In Russian).

10. Negoda L.L. Overview of socio-environmental aspects of biological damage. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: materialy 71-j Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 71th All-Russian scientific and technical conference]. Samara, 2013, pp. 206–211. (In Russian).

11. Khlystov A.I., Bezgina L.N., Negoda L.L. Plaster dry mixtures of increased mushroom resistance. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2014, no. 10, 2, pp. 70–79. (in Russian)

12. Negoda L.L., Kurmaeva T.S., Shitikov D.A. Ecology of premises of educational institutions in the event of biological damage. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal], 2015, no. 11 (43), 3, pp. 92–94. (in Russian)

13. Negoda L.L., Romeyko MB, Kurmaeva T.S. Influence of the state of the air environment on the development of biological damage of building structures of residential premises. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal], 2017, no. 04 (58), 1, pp. 30–32. (in Russian)

Об авторах:

НЕГОДА Лариса Леонидовна

кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры общей и неорганической химии
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: negll@yandex.ru

КУРМАЕВА Татьяна Сергеевна

кандидат педагогических наук, доцент, доцент
кафедры общей и неорганической химии
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: tatianasb@yandex.ru

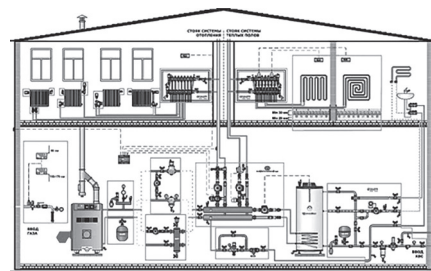
NEGODA Larisa L.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the General and Inorganic Chemistry Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: negll@yandex.ru

KURMAYEVA Tatyana S.

PhD in Pedagogy, Associate Professor of the General
and Inorganic Chemistry Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: tatianasb@yandex.ru

Для цитирования: *Негода Л.Л., Курмаева Т.С. Биологические повреждения городских зданий жилого фонда г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 46–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.07.*
For citation: *Negoda L.L., Kurmaeva T.S. Biological damage of citizen buildings of the city of Samara. Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 46–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.07.



**С. Е. АЛЕКСЕНЦЕВА
И. В. ЗАХАРОВ**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА БУРЕНИЯ ПРОСТЫХ И АРТЕЗИАНСКИХ
СКВАЖИН, КОЛОДЕЗНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ
СЛОЖНЫХ И СКАЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПОРОДЫ
ПУТЁМ ДРОБЛЕНИЯ СКАЛЬНЫХ ПОРОД
С ПРИМЕНЕНИЕМ РУЖЕЙНОГО ПАТРОНА**

**DEVELOPMENT OF SIMPLE AND ARTESIAN DRILLING METHOD
WELLS, WELL DEVICES DURING PASSAGE
COMPLEX AND ROCKY ROCK FORMATIONS BY
ROCK CRUSHING WITH GUN CARTRIDGE**

Разработана серия принципиально новых результативных конструкций устройств дробления скальных пород с применением ружейного патрона при бурении колодезных скважин. Устройства предназначены для гражданского сектора занятости. Предлагаемые конструкции дробления наиболее эффективно применять в районах средне-русской возвышенности, холмистых местностях, в горно-равнинных районах. Устройство предназначено для ружейного патрона с пулевым зарядом или зарядом дробью гладкоствольного ружья. Раскрываются проблемы процесса бурения скважин с использованием ружейного патрона с разными видами пуль. Исследованы рабочие схемы и принцип действия предлагаемых механических инерционных ударных систем устройств в разном конструктивном исполнении с различными способами механической инициации-накола капсюля патрона. Проведен анализ механизмов срабатывания ружейных патронов устройств дробления пород. Рассмотрены кинематика и физико-механические процессы работы предложенных устройств. Показаны преимущества и недостатки в эксплуатации и специфики применения разработанных конструкций в природных условиях бурения, зависящих от типа, твердости и плотности скальных пород. Излагаются доступные методы, элементы конструкций и материалы для экономически выгодного и качественного изготовления конструк-

A series of essentially new productive designs of devices for a destruction of rocky breeds with using of a rifle cartridge at boring of drill holes is developed. Devices are intended for civil sector of employment. Offered designs of crushing most effectively to apply in areas of a Central Russian height, hilly districts, in mountain-flat areas. The device is intended for a rifle cartridge with a bullet charge or a small charges in of a smooth-bore rifle. Problems of process of boring of drill holes with use of a rifle cartridge with different kinds of bullets are revealed. Working schemes and a principle of action of offered mechanical inertial shock systems of devices for different designs with various methods of mechanical startings of a cartridge are investigated. The analysis of mechanisms of startings of rifle cartridges of devices of destruction of rocky breeds is carried out. The kinematics and physics with mechanical processes of work of the offered devices are considered. Advantages and lacks of operation, and specificity of using the designs of the boring process are shown, depending on type, to hardness and density of rocky breeds. Accessible methods, elements of designs and materials for economic and qualitative manufacturing of designs of devices of destruction are stated. Aspects of physics of shock influence of a rifle cartridge on breed of a drill holes are considered. The special attention is directed on problems of ecology and safety precautions in the course of drilling with application of the given devices. Conditions of ecological pollution of a drill holes are revealed. Recommendations about work

ций устройств дробления. Рассматриваются аспекты физики ударного воздействия ружейного патрона на породу скважины. Особое внимание направлено на проблемы экологии и техники безопасности в процессе бурения с применением данных устройств. Показаны условия экологического загрязнения скважины. Даны рекомендации по технике безопасности проведения работ: безопасность подготовительных операций при зарядании устройств, обращение с оружием, безопасные глубины использования данных устройств.

Ключевые слова: бурение, скважина, дробление скальных пород, ружьё, патрон, экология, техника безопасности

Одним из сложных направлений проведения и механизации работ для гражданского населения является область бурения скважин для собственных нужд людей, проживающих за городом, в сельских областях, так как связана с ограничением денежных и материальных средств, расходом материалов. Устройства, предложенные в данной статье, предназначены для бурения колодезных скважин на собственных подворьях гражданского населения РФ собственными силами ручного механического бурения, имеющих регистрационные лицензионные разрешения МВД РФ по хранению, применению и обороту гражданского охотничьего нарезного и гладкоствольного оружия и боеприпасов, в данном случае ружей. Оборудование по бурению скважин [1–5] представляет собой разнообразие видов по сложности конструктивного исполнения, оснастке, специфике использования и т. п. Имеющееся в настоящее время оборудование для самостоятельного бурения скважин на воду [6–8] зачастую не подходит как по крепости породы и техническим параметрам, так и по ограничению в денежных средствах. Предлагаемый способ дробления может быть применён с использованием холостого патрона, а также ружейного патрона с пулевым зарядом. Предложенные механические конструкции наиболее продуктивно использовать в районах среднеерусской возвышенности, всех холмистых местностях, тем более в горно-равнинных районах, где материковые скальные породы ближе всего подходят к поверхности и меньше всего имеют покрова мягких наносных пород. Так, в работе предложена серия принципиально новых конструкций устройств, легко изготавливаемых и используемых для осуществления процесса бурения.

Задачи исследования. Исследование механизмов срабатывания ружейных патронов с целью разработки устройств для дробления пород. Разработка серии устройств дробления

safety precautions - safety of preparatory operations at startings of devices, rifle using, safe depths of use of the given devices are given.

Keywords: drilling, drill hole, crushing of rock, rifle, cartridge, ecology, safety precautions

скальных пород при бурении скважин с применением ружейного патрона. Исследование динамики процессов дробления пород в процессе работы устройств дробления и условий безопасности работы с предлагаемыми устройствами.

Разработка конструкций. Предложено три вида устройства с различными способами механической инициации-накола капсюля патрона (рис. 1–3). Все три принципа срабатывания – механические инерционные ударные в разном конструктивном исполнении. Возможна дополнительная втулка «патронник» как вкладыш в изделие. На рис. 1 и 3 срабатывание патрона неуправляемое моментальное, где сброс в скважину и накол – одна операция. Если изделие полетело вниз, то само сработает, ударившись патроном о каменистое дно скважины.

Изделие на рис. 2 – устанавливаемое управляемого двухоперационного действия. Отдельно идёт установка, отдельно – накол капсюля. Изделие не сбрасывается, а медленно и аккуратно опускается. Изделие нужно поставить на дно, потом сбросить скользяще по верёвке вниз дополнительный груз на ударник накола патрона.

Устройство на рис.1 содержит: 1 – рым-болт; 2 – ударник-накольник; 3 – пружина сжатия; 4 – крепёжная наружная скоба; 5 – корпус изделия; 6 – ружейный патрон с пулевым зарядом; 7 – вкладыш. Рым-болт выполнен под трос или вытяжной шнур. Масса ударника-накольника 200 г. Наружная крепёжная скоба выполняет функцию ограничителя хода ударника на (М8-М12)х4 болта. Устройство применяется для ружейного патрона с пулевым зарядом или гладкоствольным «жаканом». Вкладыш представляет собой отрезок трубы 3/4", увеличивающего срок службы самого изделия. Его применение возможно, но не обязательное. Корпус изделия имеет массу 5–7 кг. Диаметр – относительный размер, определяется по месту и прочности на разрыв.

На данную разработку авторами получен патент [9].

На рис. 1 показано устройство, в котором капсюль накалывает ударник. При ударе о дно торцом изделия и его резком останове подпружиненный кинетический ударник по инерции продолжит движение в сторону капсюля, пока не наколёт его. Недостаток конструкции – критичность связи соотношений между собой жёсткости пружины, веса ударника и высоты сброса. Необходимо точнее сбалансировать величину кинетического удара: жёсткость пружины сжатия с весом ударника-накольника и скоростью удара изделия (высотой падения). Следует проверить касание ударника при холостом ударе без боевого патрона. Пружина может быть самостоятельного изготовления навивкой из подходящей проволоки. Нельзя допускать, чтобы в горизонтальном положении изделие было безопасное, а при ориентации вертикально в скважину оно могло бы сработать в руках из-за слабой пружины или большого веса ударника. Преимущество устройства заключается в том, что патрон скрыт внутри изделия, что обеспечивает безотказную работу, хорошую ремонтпригодность. Кончик ударника или весь ударник должен быть закалённым.

На рис. 2 показан патрон, в котором капсюль накалывает ударник через удар дополнительного груза. Изделие аналогично устройству на рис. 1, но совершенно не критично ни к жёсткости пружины, ни к высоте сброса, кроме веса сбрасываемого груза на ударник изделия. Пружина жёстче, чем во втором изделии, ударник лёгкий закалённый (вес ударника не играет роли), что обеспечивает большую без-

опасность. Вес сбрасываемого груза 0,5 – 0,8 кг. Изделие представляет собой шар диаметром $d = 60$ мм, с отверстием $d = 12-18$ мм, просверленным в середине. В отверстие пропущена верёвка, на которой спускают изделие, а потом по ней же груз, скользящий вниз. Для этого подходит отрезок полуметровой трубы $3/4$ (зависит от диаметра используемой верёвки или шнура). После установки изделия на дно следует снизить на 100 – 150 мм натяжение верёвки, отведя её в сторону к стенкам скважины, освобождая осевой центральный накольник, затем сбросить груз. Недостаток данной конструкции в том, что она состоит из двух частей, т. е. затрачивается время на медленное опускание верёвки. Если в этом варианте утяжелить ударник, ослабить пружину и сбросить изделие, то оно сработает точно так же, как первый вариант (см. рис. 1), не считая того, что свободно вынимаемый ударник можно потерять вместе с пружиной.

В устройстве, показанном на рис. 3, ударников нет. Капсюль накалывает корпус изделия, или используются дополнительные сменные накольники. Патрон торцом выступает вперёд за пределы изделия (5–10 мм) и первым ударяется о дно, на него сверху надвигается корпус. При достижении каменного дна скважины выступающим торцом патрона изделие всем весом само продолжает инерционно наезжать на патрон, пока не надавит на капсюль центральным выступом-накольником. Преимущество такой конструкции – предельная простота, надёжность, минимальные стоимость и время изготовления (токарные работы). Недостаток проявляется в том, что от хлопков ожидается изнашивание центрального выступа накольника. В этом слу-

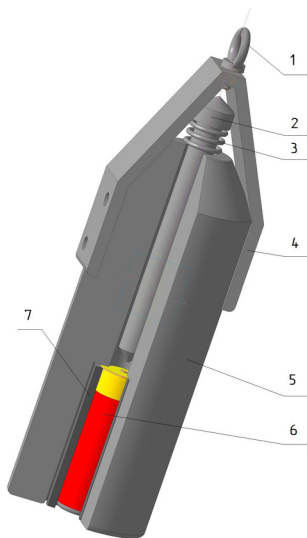


Рис. 1. Устройство дробления
Fig. 1. Crushing unit



Рис. 2. Патрон с наколом дополнительным грузом
Fig. 2. Cartridge with additional load

чае корпус заново протачивают на токарном станке изнутри со дна патронной полости, обновляя наконечный выступ до нормальных размеров и формы. Или же можно изготовить и использовать сменные наконечники на резьбе с большой площадью опоры, принимающей удар и сберегающей резьбу (рис. 4). Более предпочтительно выполнить рым-болт на резьбе, а не на сварке. Это обусловлено тем, что сварные швы (имеют в составе смесь разнородных металлов) плохо воспринимают ударную нагрузку, тем более мощные взрывные короткоимпульсные воздействия, а также вибрацию (хотя хорошо работают на сжатие или на разрыв).

В качестве недостатка третьей конструкции (см. рис. 3) можно отметить следующее: если выступающий патрон изделия попадает в дно воронки, до этого выбитой предыдущим зарядом, и не достаёт до дна, то изделие останавливается, патрон свободно выступает вперёд в пустоту, накола не будет. Следовательно, перед сбросом следует чуть присыпать скважину каменной крошкой, выровняв воронку, или патрон больше выдвинуть вперёд.

Анализ и применение устройств. Патрон в изделии стопорится подручным естественным материалом шириной в длину патрона.

Возможно применение вкладыша (рис. 5) из отрезка слесарной стальной трубы подходящего диаметра. Можно использовать отрезок по длине патрона, 1/2 'стальной трубы, подходящей к калибру патрона. Сработавший патрон непосредственно в изделии может «прихватить» (приварить) к стенкам из-за ударного расширения при срабатывании вследствие прочной адгезии и слипания поверхностей. Вкладыш выступает в роли «посредника» патронника и казённого как в обычном оружии, удерживающего гильзу от разрыва и разлёта. Гильза сработавшего в воздухе патрона, ничем не ограничиваемого, разрушится по всем направлениям. Вкладыш концентрирует, точнее и полнее ориентирует выброс вспышки и пули точно по оси, снижая боковой разброс и потерю энергии, точно так же как обычный ствол оружия сдерживает патрон, разгоняя пулю и ориентируя на мишень. Раздутый вкладыш не ожидается, как и особой «прихватки», при значительном отверстии калибра (слабый порох).

После проведенных работ все отработанные стальные части, обломки, извлекаются из скважины магнитом на верёвке. Обломки и остатки пластиковой гильзы извлекаются специальными лотками при бурении – желонками.

Удар наконечника по капсюлю может разрушить и раздавить сам патрон, донную капсюльную часть, особенно весом всего изде-

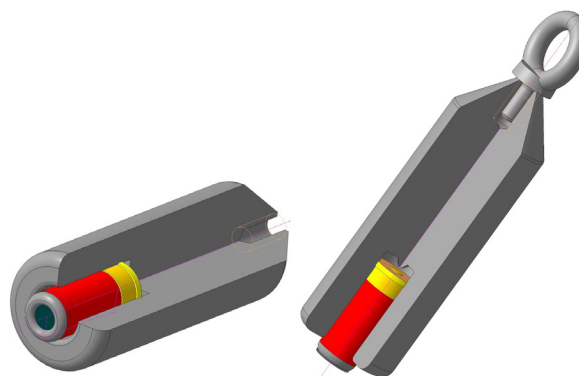


Рис. 3. Устройства с корпусом-ударником
Fig. 3. Devices with hammer housing

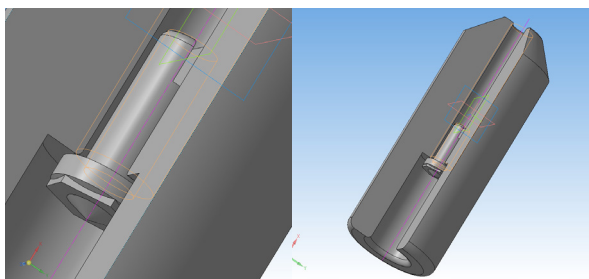


Рис. 4. Сменные ударники-втулки на резьбе
Fig. 4. Replaceable Threaded Strikers

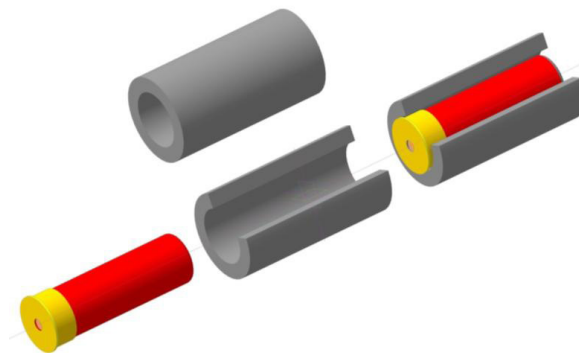


Рис. 5. Дополнительный вкладыш в изделие
Fig. 5. Additional insert in the product

лия (см. рис. 1). Нормальный ружейный накол капсюля – около 2 мм, что соответствует норме. При срабатывании патрона вылетает пуля на дробление и создаёт зону мощного высокотемпературного переизбыточного газового давления, разрывающего породу. При работе ожидаются разрушения гильзы патрона, что считается нормальным. Рабочая взрывная камера в виде замкнутого объёма, образованная расстоянием между дном скважины и торцом прилетевшего изделия, должна быть как можно меньше. При этом штатное полувзрывное горение пороха

перейдёт в более мощные полноценные взрывные характеристики с усиленным разрушением пород. Однако будет повышенный износ применяемых изделий, накольников.

Изготавливать изделия лучше всего в виде литой цилиндрической толстостенной формы (ствол) с тем же принципом инициации капсюля, а не трёх-четырёхрожковые с патроном внутри. Если патрон открыт на три-четыре стороны, то образуется боковой кольцевой выброс-расход энергии, что меньше всего нужно для обеспечения торцевого рабочего направления.

Заряд гильзы должен быть только пулевой, а не дробью. Кинетическое проникновение в глубину преграды цельной пули гораздо выше, чем дробин того же суммарного веса при одинаковой скорости. Кроме того, в облаке выброса дробины сталкиваются между собой, между ними продавливаются пороховые газы, переориентируют дробины, которые уже начинают работать на уничтожение друг друга, резко снижая общую рабочую кинетическую энергию начального импульса [10, 11].

В ружейном патроне пуля в основном обычная свинцовая, иногда бывает цилиндрическая стальная. Есть разница удара в скальную породу – сталью или свинцом, так как протекают разные физико-механические процессы разрушения материалов [10, 11]. Сталь работает по вектору силы и оси на максимальную глубину внедрения с минимальным образованием объёма бокового растрескивания породы. Свинец же в глубину не идёт – выбивает камеру с большим образованием объёма сетевого разлома и растрескивания породы. Стальная пуля форму ещё несколько сохраняет. Свинец при огромном давлении и большой температуре частично испаряется, становится жидким, как тяжёлая вода, при той же удельной плотности свинца. Свинцовый ударник начинает кинетически впрыскиваться в трещины, которые сам же образовал, расширяя их ещё больше и продолжая внедряться; проникает в микротрещины и затем, потеряв энергию, останавливается. В образовавшуюся сеть разрушений продолжают врываться пороховые газы, расширяя и растрескивая сеть ещё больше, и проникают дальше, пока полностью не израсходуется начальный рабочий кинетический импульс. Это позволяет выбрать то, что нужно – сталь или свинец, т. е. глубину или растрескивание, и на каком этапе проходки.

Есть ещё одна разница между применением стальной и свинцовой пули. Сталь – экологически чистый материал. Свинец – загрязняет скважины и породы свинцовыми металлическими брызгами, парами окиси свинца, свинцовым глетом. Далее идут химические реакции

остатков свинца с породами. Соли тяжёлых металлов свинца, меди отнесены к опасным для человека. Много обломков извлекается желонками вместе с породой, а то что останется, возможно удалить только длительной откачкой воды из скважины. Со временем ПДК концентрации свинца в почве и воде скважины снизится до нормы, затем и до нуля.

Диаметр изделия должен быть чуть меньше диаметра скважины, как поршень, создающий дополнительное подпорное давление во «взрывной камере», но не мешать свободному падению. Выступающие части – округлые.

Изделие по весу и инерции массы в момент срабатывания заряда и отдачи назад пороховыми газами не должно подскакивать внутри скважины, тем более вылетать наружу. Свободное падение массы при набранной предельной кинетической энергии, инерции массы, в момент срабатывания заряда работает как встречный мощный ударный подпор «рабочей зоны», превышающий энергию пороховой газовой отдачи. В этом отношении чем изделие тяжелее, тем лучше. Пороховые газы пойдут в почву стенок скважины, раздувая, раздвигая и уплотняя зону, дополнительно её растрескивая, что является нормой. Частично вторичные реакционные выбросы из рабочей зоны будут неизбежно прорываться вверх на выход между стенками изделия и скважины, что на больших глубинах проведения работ безопасно для человека. На рис. 6 показаны опасные величины по поражению человека на малых глубинах до слабых безопасных газовых выбросов на больших глубинах.

При проходке скважины применяется чередование видов работ. На один пиротехнический пробой породы нужно 5–15 ударов обычными долотами, проходя полопавшуюся растрескавшуюся часть, далее выбирается мелочь и крошка подборниками и желонками, пока работа не пойдёт вхолостую.

Объём одноразового пиротехнического дробления зависит от типа, твёрдости и плотности скальных пород, а также от калибра ружейного патрона, типа пулевого заряда, способа установки изделия и объёма рабочей «взрывной камеры» между дном скважины и торцом изделия, окружённого стенками скважины. Чем меньше объём, тем сильнее эффект.

Появление воды в скважине на боевое состояние патрона не повлияет. За слишком короткое время вода не успеет проникнуть в патрон и намочить порох, капсюль практически герметичен. Здесь можно предварительно смазать торец патрона с завальцованной пулей и капсюль вазелином, пластилином или жидкими маслами (машинным и т. п.). Нега-

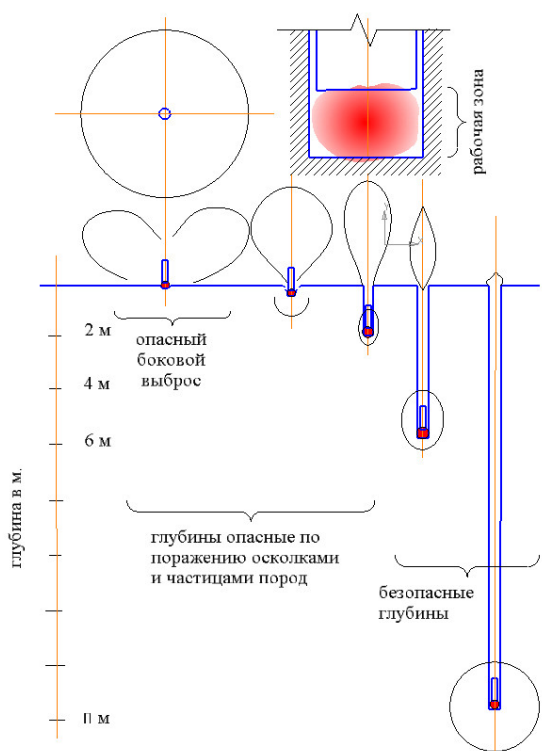


Рис. 6. Условия техники безопасности
Fig. 6. Safety conditions

тивным эффектом будет, если изделие наберёт большую скорость, при ударе о «твёрдую воду» патрон сдвинется с места и задним ходом сам себя наколет об ударник, ещё не успев достигнуть дна. Для человека, находящегося наверху, это безопасно, но дробления не произойдёт, а будет гидравлическое усиленное разрушение боковых стенок. Тогда необходима предварительная откачка воды. (Хотя, следует отметить: где вода, там и бурение заканчивается, и тогда гидравлические удары начинают работать на пользу: не на вертикальную проходку, а на образование боковой зоны дополнительной водоприёмной сети дробления и растрескивание водоносных пород).

Примерный состав горизонтов пластов и их мощность в своём районе можно обнаружить на стенках естественных природных оползней, откосов, оврагов, размылов, естественной растительности, особенно старых лесов, или информацию о состоянии того, что расположено на глубинах до 25 метров, можно получить в геологических региональных службах.

На меловых породах применение устройств скорее всего не имеет смысла. Порода мягкая, на удар не работает, не образует такого сетового растрескивания как породы твёрдые, хрупкие, колкие. Их проходят обычными долотами. Для взрывчатых веществ и порохов есть свойство: чем

твёрже преграда, тем они лучше работают. Для ориентировки: что ломом крошится – там применяется обычная проходка долотами; что надо долбить ломом (лом отскакивает, идут искры) – там применяется пиротехнический способ.

Обычные породы первых категорий чернозёмов – глины проходят обычными бурами различных типов, заводскими или самодельными. Проходят глину с известняковыми породами и вкраплением россыпи мелких известковых камней, которые ещё можно выбирать, подборами, желонками. При упоре в скальные породы, в крупные негабариты применяют тяжёлые закалённые болванки-долота разной конфигурации, которые на верёвке сбрасываются сверху, образуя тяжёлые мощные кинетические ударники с набираемой скоростью свободного падения (обрезки рельс и т. п.).

Рекомендации по технике безопасности. Для обеспечения условий по технике безопасности рекомендуется применять изделия, начиная с глубины не менее двух метров, во избежание поражения человека возможными вылетевшими осколками, форсом газового выхлопа с мелкой дисперсией пород (рис. 6).

При работе с патроном и изделием, снаряжением, изделия нельзя никогда направлять пулевой стороной на себя – только капсюльной. Изделие на малых глубинах, до полутора метров, не должно вылетать из скважины.

Выводы. Изделие рекомендовано к использованию в основном в гражданском секторе. Разработка изделия направлена на повышение результативности при проведении самостоятельных работ по бурению скважин под колодцы. Показаны различные варианты изготовления конструкций изделия с использованием ружейного патрона для дробления скальных пород в скважине. Даны рекомендации по самостоятельному изготовлению оснастки и элементов изделия. Исследованы физико-механические процессы поведения изделия при проведении работ по бурению. Исследованы процессы дробления при бурении скважины. Даны рекомендации по технике безопасности при использовании изделия и соблюдению экологической безопасности окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башкатов Д.Н., Коломиец А.М., Зайцев Б.И. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду. М.: ООО «РИЦ Ариадна», 2021. 664 с.
2. Хайн Норман Дж. Геология, разведка, бурение и добыча нефти. М.: Олимп-Бизнес, 2023. 746 с.
3. Yin G., Guangzhi Yin, Dalay Shang, Minghui Li. Permeability Evolution and Mesoscopic Cracking

Behaviors of Liquid // Powder Technology. Elsevier. 2019. N. 325. 120 p.

4. Chen S., Tang D., Tao S., Yang Y., Chen L. Current Status and Key Factors for Coalbed Methane Development with Multibranched Horizontal Wells in the Southern Qinsui Basin of China // Energy Sci Eng. 2019. 210 p.

5. Бизюков Н.В. Нефтегазовое дело: бурение скважин. Красноярск: СФУ, 2017. 130 с.

6. Boll P. Drilling wells for water. SKAT. 2001. 76 p.

7. Пороховой монтажный пистолет. Патент RU №2191104, U1 МПК F42B 5/145, опубл. 20.10.2002 г. / Е.М. Аксёнов, Н.М. Пушкин, Н.В. Упиров (РФ)

8. Скважина на воду: виды и способы обустройства на участке своими руками [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20230321/skvazhina-1859621530.html> (дата обращения: 15.07.2024).

9. Устройство дробления скальных пород с применением ружейного патрона при бурении колодезных скважин. Патент RU № 211405 U1, МПК F41H 1/02, опубл. 03.06.2022 г. / И.В.Захаров, С.Е. Алексенцева (РФ)

10. Алексенцева С.Е., Захаров И.В. Процессы кинетики, деформации и разрушения при высокоскоростном ударе и бронепробитии. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. 98 с.

11. Алексенцева С.Е., Захаров И.В. Экспериментальный комплекс организации и проведения контрольного отстрела огнестрельного оружия. Курск: Университетская книга, 2021. 100 с.

REFERENCES

1. Bashkatov D.N., Kolomiets A.M., Zaitsev B.I. *Spravochnik po bureniju i oborudovaniju skvazhin na vodu* [Handbook for Drilling and Equipping Water Wells]. Moscow, LLC RIC Ariadna, 2021. 664 p.

2. Hein Norman J. *Geologija, razvedka, burenie i dobycha nefti* [Geology, Exploration, Drilling and Oil Production]. Moscow, Olympe-business, 2023. 746 p.

3. Yin G., Guangzhi Yin, Dalay Shang, Minghui Li. Permeability Evolution and Mesoscopic Cracking Behaviors of Liquid. Powder Technology. Elsevier. 2019. N. 325. 120 p.

4. Chen S., Tang D., Tao S., Yang Y., Chen L. Current Status and Key Factors for Coalbed Methane Development with Multibranched Horizontal Wells in the Southern Qinsui Basin of China. Energy Sci Eng. 2019. 210 p.

5. Bizjukov N.V. *Neftegazovoe delo: burenie skvazhin* [Oil and gas drilling engineering through English]. Krasnoyarsk, SFU, 2017. 130 p.

6. Boll P. Drilling wells for water. SKAT. 2001. 76 p.

7. Aksyonov E.M., Pushkin N.M., Upirov N.V. *Porohovoj montazhnyj pistol* [Powder mounting gun]. Patent RF, no. 2191104, 2002.

8. Water well: types and methods of development on the site by hand. Available at: <https://ria.ru/20230321/skvazhina-1859621530.html> (accessed 15 July 2024).

9. Zakharov I.V., Aleksentseva S.E. *Ustrojstvo droblenija skal'nyh porod s primeneniem ruzhejnogo patrona pri bure-nii kolodeznych skvazhin* [Rock crushing with the use of a gun cartridge when drilling well holes]. Patent RF, no. 211405. 2022.

10. Aleksentseva S.E., Zakharov I.V. *Processy kinetiki, deformacii i razrushenija pri vysokoskorostnom udare i broneprobittii* [Processes of kinetics, deformation and destruction during high-speed impact and armor penetration]. Samara, Samara State Technical University, 2016. 98 p.

11. Aleksentseva S.E., Zakharov I.V. *Jekspierimental'nyj kompleks organizacii i provedenija kontrol'nogo otstrela ognestrel'nogo oruzhija* [Experimental complex for organizing and conducting control firing of firearms]. Kursk, University Book, 2021. 100 p.

Об авторах:

АЛЕКСЕНЦЕВА Светлана Евгеньевна

доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры технологии твердых химических веществ

Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: alekswave@yandex.ru

ALEKSENTSEVA Svetlana Ev.

Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor,

Professor of the Solid Chemical Technology Chair

Samara State Technical University

443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

E-mail: alekswave@yandex.ru

ЗАХАРОВ Игорь Владиславович

ведущий инженер кафедры технологии твердых химических веществ

Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ZAHAROV Igor V.

Lead Engineer of the Solid Chemical Technology Chair
Samara State Technical University

443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

Для цитирования: Алексенцева С.Е., Захаров И.В. Разработка метода бурения простых и артезианских скважин, колодезных устройств при прохождении сложных и скальных пластов породы путём дробления скальных пород с применением ружейного патрона // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 53–59. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.08.

For citation: Aleksentseva S.E., Zakharov I.V. Development of simple and artesian drilling method wells, well devices during passage complex and rocky rock formations by rock crushing with gun cartridge. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 53–59. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.08.

В. И. КИЧИГИН
А. А. ЮДИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАГЕНТНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА ИЗ ВТОРИЧНОГО ОТСТОЙНИКА ПРИ ПОМОЩИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGY OF REAGENT DECONTAMINATION
OF EXCESS ACTIVATED SLUDGE FROM A SECONDARY DUMP USING
EXPERIMENTAL STATISTICAL MODELS

Исследована технология изменения удельного сопротивления неуплотненного избыточного активного ила за счет обработки осадка шестью видами коагулянта и полиакриламидом (ПАА) дозами от 0 до 200 мг/дм³. Установлена степень влияния каждого реагента на степень обезвоживания ила. Получены математические модели зависимости изменения удельного сопротивления осадка от количества вводимых в осадок коагулянта и флокулянта. Математические модели представлены как в неявном, так и в явном виде (изолиниями). Доказано, что процесс максимального снижения удельного сопротивления неуплотненного избыточного активного ила целесообразнее вести коагулянтами: алюминий полиоксисульфат, хлорное железо дозой до 50 мг/дм³ и флокулянт ПАА дозой 50 мг/дм³.

Ключевые слова: удельное сопротивление ила, вторичный отстойник, математическая и графическая модели его влаготдачи, оптимальная доза реагентов

В России образуется более семи миллионов тонн осадка сточных вод в год с учетом сухого вещества [1]. Проблемы с обработкой осадка и дальнейшей его реализацией были всегда. В некоторых случаях осадок можно использовать в качестве топлива [2], удобрений в сельском хозяйстве [3, 4] (считается наиболее перспективным в мире), в качестве добавки в строительные материалы [5,6]. Обработка осадка является сложным процессом, и прежде чем его утилизировать, необходимо пройти несколько этапов обработки осадка, одним из которых является обезвоживание, оно контролируется коэффициентом удельного сопротивления $r \times 10^{-10}$ см/г. Определение данного показателя всегда трудно. Самым распространенным способом обезвоживания является предварительная обработка реагентами осадка с последующим механическим обезвоживанием [6–8].

A technology has been developed to change the resistivity of compacted excess activated sludge (EAS) by treating sludge with six types of coagulant and polyacrylamide (PAA) in doses from 0 to 200 mg/dm³. The degree of influence of each reagent on the degree of sediment dehydration has been established. Mathematical models of the dependence of the change in the resistivity of the sediment on the amount of coagulant and flocculant introduced into the sediment are obtained. Mathematical models are represented both implicitly and explicitly (by isolines). It has been proved that the process of maximum reduction of the resistivity of uncompacted excess activated sludge is more expedient to conduct coagulants: Aluminum polyoxysulfate or Ferric chloride with a dose of up to 50 mg/dm³ and flocculant PAA with a dose of 50 mg/dm³.

Keywords: the specific resistance of sludge, the secondary settling tank, the mathematical and graphical model of its moisture loss, the optimal dose of reagents

В статье представлены результаты исследования изменения удельного сопротивления неуплотненного избыточного активного ила (ИАИ) от доз шести видов коагулянтов (A_k) и одного флокулянта (A_{ϕ}). Целью этих исследований являлось изучение поведения удельного сопротивления активного ила от доз коагулянта и флокулянта, выбор наилучшего реагента для обезвоживания, а также получение математических моделей исследуемых процессов в виде уравнений $Y_i = f(X_1, X_2)$ в неявном виде и удобных для инженерных и технологических расчетов уравнений $r = f(A_k, A_{\phi})$ в явном виде или в виде изолиний.

Методика проведения исследований. Опыты проводились на установке [9, рис. 1] по методике, изложенной в работе [6, с. 15–19]. Исходным материалом служил неуплотненный избыточный активный ил городских очистных

канализационных сооружений (ГОКС) г. Самара. В качестве реагентов использовали шесть видов коагулянта (табл. 1) и флокулянт – полиакриламид (ПАА).

Опыты проводились при одинаковых условиях. Продолжительность контакта активного ила с реагентами равнялась 10 мин и обеспечивалась их перемешиванием на механической мешалке вместимостью 250 мл. Осадок профильтровывался под давлением 500 мм рт. ст. через двойной бумажный фильтр с синей лентой. Получаемые данные записывались через каждые 15-30 с (в зависимости от скорости фильтрации). Опыт заканчивался после появления трещин на осадке в воронке Бюхнера или прекращения поступления фильтрата в колбу Бунзена (см. соответственно поз. 2 и 4 в [9, рис. 1]).

Для сокращения продолжительности исследований использовался метод математического планирования экспериментов (планы первого порядка) [11-13]. Было проведено 12 серий опытов. Основные характеристики двух

планов экспериментов представлены в табл. 2 (планы № 1 и 2), а усредненные экспериментальные и расчётные данные – в табл. 3. Порядок проведения опытов в матрицах планирования рандомизировался по таблице случайных чисел. Результаты экспериментов обрабатывались методами математической статистики при уровне значимости $q = 0,05$ по методике, изложенной в работе [13, с. 136]. Для получения математических моделей процессов обезвоживания активного ила использовалась методика, приведенная в работе [13, с. 154-162]. Последовательность проверки воспроизводимости опытов, расчета коэффициентов регрессии, определения их значимости и адекватности полученных математических моделей рассмотрены в [10, с. 58].

Результаты исследований. В процессе обработки данных были получены коэффициенты уравнений математических моделей, описывающих процессы влагоотдачи в зависимости от вида вводимых реагентов, представленные в табл. 3. Проверка по критерию

Таблица 1. Доля Al_2O_3 % в коагулянте
Table 1. Proportion of Al_2O_3 % in coagulant

Коагулянт	Характеристики	Содержание Al_2O_3 , %
Сульфат алюминия	ТУ 2013.41-04- 41654713-2014, высший сорт	17,0
Хлорид железа «ФерАква-Аурат»	ТУ 2152-088-00205067-16	40,0 ($FeCl_3$)
Алюминий полиоксисульфат	ТУ 20.13.41-090-00205067-2017, технический очищенный	16,0
Полиоксихлориды алюминия «ГранПАКС»	ТУ 20.59.59-092-00205067-2018	30±3,0
Алюминий хлоргидрат «ГранЭКО»	ТУ 2163-086-00205067-15	45,0±51,0
«АкваАурат™-30»	ТУ 2163-069-00205067-2007, среднеосновный	30±3,0

Таблица 2. Основные характеристики плана экспериментов
Table 2. The main characteristics of the experiment plan

Характеристика	A_{κ} мг/дм ³	A_{ϕ} мг/дм ³	Характеристика	A_{κ} мг/дм ³	A_{ϕ} мг/дм ³
План эксперимента № 1					
Основной уровень	100	100	Верхний уровень	200	200
Интервал варьирования	100	100	Нижний уровень	0	0
Плана эксперимента № 2					
Основной уровень	150	150	Верхний уровень	150	150
Интервал варьирования	100	100	Нижний уровень	50	50

Кохрена показала, что *опыты воспроизводимы*, полученные коэффициенты уравнений регрессии *значимы* по критерию Стьюдента, а уравнений (1) – (12) в табл. 4 адекватны по критерию Фишера-Снедекора. Хорошая воспроизводимость представленных в табл. 4 расчетных формул (1) – (12) в натуральном виде показана в табл. 5 и 6.

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показал, что в области изменения концентрации вводимого в ИАИ флокулянта от 0 до 200 мг/дм³ удельное сопротивление осадка находилось в *прямо пропорциональной зависимости* от его дозы. Подобная зависимость с остаточной величиной r в этой области изменения дозы коагулянтов была только у FeCl_3 , ГранЭКО и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, а *обратно пропорциональной* – для коагулянтов: Аква-Аурат-30, алюминий полиоксисульфат и полиоксихлорид алюминий «ГранПАКС»

Влияние ПАА на процесс изменения удельного сопротивления неуплотненного ИАИ было больше, чем влияние коагулянтов для всех сочетаний коагулянтов с ПАА. Например, для сочетаний «Аквa-Аурат-30 / ПАА» примерно в 2,3 раза; для «полиоксисульфат Al / ПАА» – в 1,4 раза; для « FeCl_3 / ПАА» – в 12,1 раза; для «ГранПАКС / ПАА» – в 1,3 раза; для «ГранЭКО / ПАА» – в 6 раз; для « $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ / ПАА» – в 1,2 раза (см. табл. 3, строку $|b_2/b_1|$). Сравнение второй и третьей строк матрицы планирования № 1 показывает, что остаточная величина удельного сопротивления осадка (УСО) была меньше при соотношении $D_k / D_\phi = 200 / 0$, чем при соотношении $0 / 200$ для всех исследованных коагулянтов.

Опыты по плану экспериментов № 2 показали, что в диапазоне изменения независимых факторов D_k и D_ϕ от 50 до 150 мг/дм³ удельное сопротивление ИАИ уменьшалось с увеличением D_k и увеличивалось с ростом вводимой дозы ПАА (см. соответственно знаки при коэффициентах b_1 и b_1). Причем степень влияния флокулянта на изменение остаточной величины r в осадке была больше, чем коагулянта, в несколько раз (см. строку $|b_2/b_1|$ в матрице № 2). Сравнение значений второй и третьей строк матрицы планирования № 2 показывает, что и в диапазоне изменения независимых факторов D_k и D_ϕ остаточная величина УСО была меньше при соотношении $D_k / D_\phi = 150 / 50$, чем при соотношении $50 / 150$ для всех исследованных коагулянтов.

Значимость коэффициентов b_{12} при взаимодействующих факторах всех сочетаний «коагулянт + ПАА» указывает на то, что функция отклика исследуемых математических моделей $Y = f(D_k, D_\phi)$ адекватно описывается не плоскостью, а полуквадратичной формой (сферой),

у которой значение коэффициента b_0 не соответствует фактическому значению функции отклика в центре плана эксперимента. Анализ осредненных экспериментальных данных по четвертой строке табл. 3 (по плану № 2) показал, что минимальное значение удельного сопротивления ИАИ $(10,2 \div 13,7) \times 10^{-10}$ см/г имело место при обработке ИАИ полиакриламидом и коагулянтом дозой 50 мг/дм³ в экспериментах с использованием коагулянтов: «Аквa-Аурат-30», «Алюминий полиоксисульфат», « FeCl_3 » и «ГранЭКО». Повышение дозы флокулянта (строка 2 по плану № 2) увеличивало значение УСО для всех сочетаний исследованных коагулянтов с ПАА.

В четвертой графе табл. 4 приведены уравнения (1) – (12), описывающие математические модели исследуемых процессов, представленные в неявном виде. Для практических технологических расчетов эти уравнения были переведены в явный вид. По уравнениям (1) – (12) в явном виде были построены зависимости $r = f(D_k, D_\phi)$ в виде изолиний. Для иллюстрации здесь приведены графики только для коагулянтов: «Аквa-Аурат-30», «Алюминий полиоксисульфат», « FeCl_3 » и «ГранЭКО» (рис. 1 – 4) в области изменения концентрации вводимых в ИАИ коагулянтов и ПАА от 50 до 150 мг/дм³.

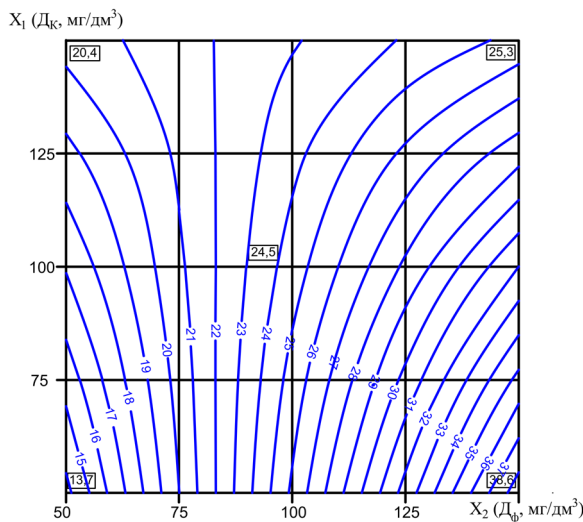


Рис. 1. Зависимость изменения удельного сопротивления исследуемого осадка $r \times 10^{-10}$, см/г, от доз реагентов: $D_k = 50-150$ мг/дм³ (Аквa-Аурат-30) и $D_\phi = 50-150$ мг/дм³ (ПАА)

Fig. 1. Dependence of the change in the resistivity of the sediment under study $r \times 10^{-10}$, cm/g, from reagent doses: $D_k = 50-150$ mg/dm³ (Aqua-Aurat-30) and $D_\phi = 50-150$ mg/dm³ (ПАА)

Таблица 3. Экспериментальные и расчетные значения удельного сопротивления осадка $r \times 10^{-10}$, см/г, в зависимости от дозы и типа коагулянта и флокулянта
Table 3. Experimental and calculated values of resistivity precipitation $r \times 10^{-10}$, sm/g, depending on the dose and type of coagulant and flocculanta

Доза реагентов, мг/дм ³		ПАА					
A_k	A_ϕ	Аква-Аурат-30	Al поли-окси-сульфат	FeCl ₃	ГранПАКС	Гран-ЭКО	Al ₂ (SO ₄) ₃
По плану эксперимента № 1							
200	200	64,4	52,5	83,4	51,9	116,3	3104,5
0	200	80,1	81,3	80,1	80,1	80,1	394,5
200	0	26,6	35,9	45,0	29,1	29,4	67,7
0	0	43,7	45,2	42,0	45,5	45,2	88,6
b_0		53,7	53,72	62,62	51,65	67,75	913,82
b_1		-8,20	-9,52	1,58	-11,15	5,1	672,28
b_2		18,58	13,18	19,12	14,35	30,45	835,68
b_{12}		0,35	-4,90	0,075	-2,95	13,0	682,72
		-2,3	-1,38	12,1	1,3	6,0	1,2
По плану эксперимента № 2							
150	150	25,3	37,9	64,9	47,1	51,5	665,9
50	150	38,6	79,1	89,7	42,6	69,0	2161,3
150	50	20,4	10,5	11,6	10,3	10,0	13,3
50	50	13,7	10,2	12,4	72,1	13,6	23,6
b_0		24,5	34,42	44,65	43,1	36,02	716,02
b_1		-1,65	-10,22	-6,4	-14,32	-5,28	-376,42
b_2		7,48	24,075	32,65	1,82	24,22	697,58
b_{12}		-5,0	-10,38	-6,0	16,58	-3,48	-371,28
		4,5	2,4	5,1	-0,13	4,6	1,8

Таблица 4. Характеристика процессов снижения удельного сопротивления избыточного активного ила реагентами
Table 4. Characteristics of the processes of reducing the resistivity of excess activated sludge by reagents

Коагулянт + ПАА	№ плана эксперимента	№ формулы	Математические модели процессов в неявном виде	Расчетная формула в явном виде
Аква-Аурат-30	1	1	$r=53,7-8,2 \cdot X_1+18,58 \cdot X_2$	$r=43,32-0,0819 \cdot A_k+0,0185 \cdot A_\phi$
	2	2	$r=24,5-1,65 \cdot X_1+7,48 \cdot X_2-5,0 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=-7,16+0,167 \cdot A_k+0,3496 \cdot A_\phi-0,002 \cdot A_k \cdot A_\phi$
Алюминий полиокси-сульфат	1	3	$r=53,72-9,52 \cdot X_1+13,18 \cdot X_2-4,9 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=45,16-0,0462 \cdot A_k+0,1808 \cdot A_\phi-0,00049 \cdot A_k \cdot A_\phi$
	2	4	$r=34,45-10,22 \cdot X_1+24,08 \cdot X_2-10,38 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=-34,78+0,2104 \cdot A_k+0,8968 \cdot A_\phi-0,004152 \cdot A_k \cdot A_\phi$
Хлорное железо	1	5	$r=62,62+1,58 \cdot X_1+19,12 \cdot X_2$	$r=41,92+0,0158 \cdot A_k+0,1912 \cdot A_\phi$
	2	6	$r=44,65-6,4 \cdot X_1+32,65 \cdot X_2-6,0 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=-31,85+0,112 \cdot A_k+0,893 \cdot A_\phi-0,00244 \cdot A_k \cdot A_\phi$
ГранПАКС	1	7	$r=51,65-11,15 \cdot X_1+14,35 \cdot X_2-2,95 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=45,5+0,082 \cdot A_k+0,173 \cdot A_\phi-0,000295 \cdot A_k \cdot A_\phi$
	2	8	$r=43,1-14,32 \cdot X_1+1,82 \cdot X_2+16,58 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=134,42-0,9496 \cdot A_k-0,6267 \cdot A_\phi+0,006632 \cdot A_k \cdot A_\phi$
ГранЭКО	1	9	$r=67,75+5,10 \cdot X_1+30,45 \cdot X_2+13,0 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=45,17-0,079 \cdot A_k+0,1748 \cdot A_\phi+0,0013 \cdot A_k \cdot A_\phi$
	2	10	$r=36,02-5,28 \cdot X_1+24,22 \cdot X_2-3,48 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=-15,78+0,0336 \cdot A_k+0,624 \cdot A_\phi-0,001392 \cdot A_k \cdot A_\phi$
Сульфат алюминия	1	11	$r=913,82+672,28 \cdot X_1+835,68 \cdot X_2+682,72 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=88,58-0,1044 \cdot A_k+1,53 \cdot A_\phi+0,06827 \cdot A_k \cdot A_\phi$
	2	12	$r=716,02-376,42 \cdot X_1+697,58 \cdot X_2-371,28 \cdot X_1 \cdot X_2$	$r=-1411,4+7,323 \cdot A_k+28,8 \cdot A_\phi-0,1485 \cdot A_k \cdot A_\phi$

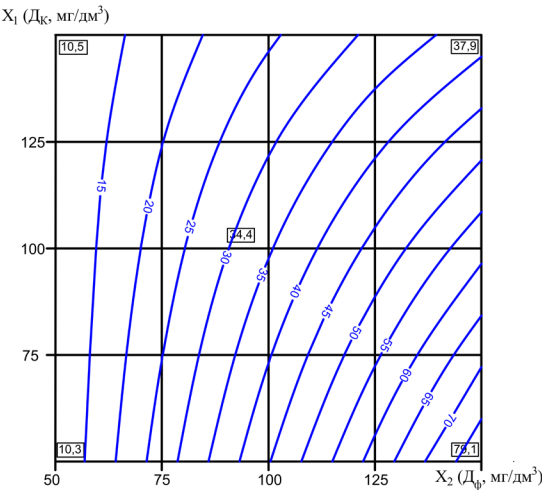


Рис. 2. Зависимость изменения удельного сопротивления исследуемого осадка $r \times 10^{-10}$, см/г, от $D_k = 50-150$ мг/дм³ (алюминий полиоксисульфат) и $D_f = 50-150$ мг/дм³ (ПАА)
Fig. 2. Dependence of the change in the resistivity of the sediment under study $r \times 10^{-10}$, cm/g, from $D_k = 50-150$ mg/dm³ (Aluminum polyoxysulfate) and $D_f = 50-150$ mg/dm³ (PAA)

Представленные графики подтверждают, что процесс максимального снижения удельного сопротивления неуплотненного избыточного активного ила, вероятно, целесообразнее вести коагулянтами: «Аква-Аурат-30», «Алюминий полиоксисульфат», «FeCl₃» и «ГранЭКО» дозой 50 мг/дм³ и флокулянт ПАА дозой 50 мг/дм³.

Параллельно с исследованием технологии реагентного обезвоживания неуплотненного избыточного активного ила фиксировалось и изменение величины pH в исходном ИАИ после обработки его соответствующими реагентами и в фильтрате ИАИ (табл. 5 и 6). Анализ этих данных показывает, что по планам эксперимента № 1 и № 2 значение показателя pH в центре плана (см. величину) уменьшалось в скоагулированном ИАИ и увеличивалось в его фильтрате за исключением случая, когда в качестве коагулянта использовался Аква-Аурат-30. На изменение величины pH большее влияние оказывала доза коагулянта, чем доза флокулянта при использовании Аква-Аурат-30, ГранПАКС, ГранЭКО и Al₂(SO₄)₃ (см. значения коэффициентов b_1 и b_2 по модулю в опытах по плану № 1), а в опытах по плану № 2 – при использовании Al₂(SO₄)₃ флокулянт оказывал большее влияние на pH. При использовании алюминий полиоксисульфата в соотношении с ПАА при дозах от 50 до 150 мг/дм³ оказывали равномерное влияние на pH, при дозах больше 150 мг/дм³ влияние флокулянта pH становилось больше. Было уста-

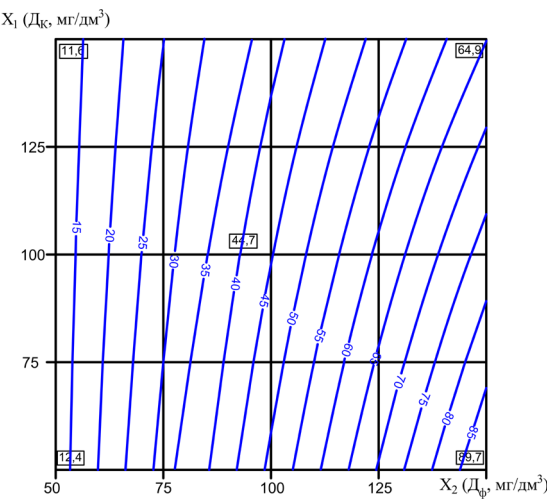


Рис. 3. Зависимости изменения удельного сопротивления исследуемого осадка $r \times 10^{-10}$, см/г, от $D_k = 50-150$ мг/дм³ (FeCl₃) и $D_f = 50-150$ мг/дм³ (ПАА)
Fig. 3. Dependence of the change in the resistivity of the sediment under study $r \times 10^{-10}$, cm/g, from $D_k = 50-150$ mg/dm³ (FeCl₃) and $D_f = 50-150$ mg/dm³ (PAA)

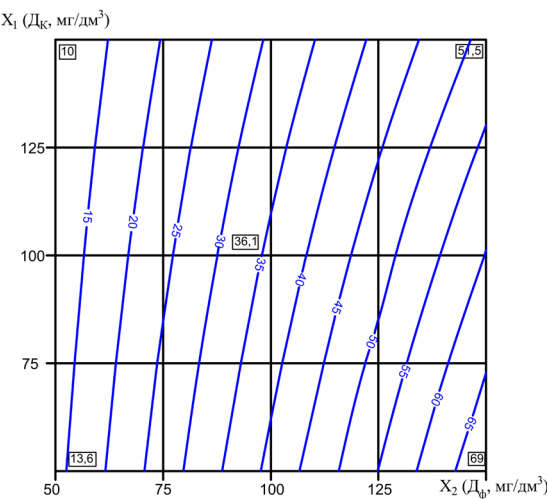


Рис. 4. Зависимости изменения удельного сопротивления исследуемого осадка $r \times 10^{-10}$, см/г, от $D_k = 50 - 150$ мг/дм³ (ГранЭКО) и $D_f = 50 - 150$ мг/дм³ (ПАА)
Fig. 4. Dependence of the change in the resistivity of the sediment under study $r \times 10^{-10}$, cm/g, from $D_k = 50-150$ mg/dm³ (GranECO) and $D_f = 50-150$ mg/dm³ (PAA)

новлено, что в исследованном диапазоне для практической технологии реагентного обезвоживания ИАИ доза вводимых реагентов не оказывает существенного влияния на величину pH.

Таблица 5. Влияние дозы реагентов на величину рН
в неуплотненном ИАИ, обработанном реагентами ИАИ и в фильтрате
Table 5. The effect of the reagent dose on the pH value
in uncompacted EAS treated with EAS reagents and in the filtrate

Дозы реагентов, мг/дм ³		Значения рН в исходном ИАИ после обработки ИАИ реагентами и в фильтрате ИАИ для сред, обработанных								
		Аква-Аурат-30 + ПАА			Алюминий полиоксисульфат + ПАА			Хлорное железо + ПАА		
Д _к	Д _ф	ИАИ	скоагули- рованный ИАИ	фильтрат ИАИ	ИАИ	скоагули- рованный ИАИ	фильтрат ИАИ	ИАИ	скоагули- рованный ИАИ	фильтрат ИАИ
По плану эксперимента № 1										
200	200	6,98	7,06	6,91	6,10	6,15	6,20	6,34	6,00	5,97
0	200	7,03	7,00	6,98	6,10	6,20	6,30	6,00	6,10	6,20
200	0	6,96	6,97	6,98	6,54	6,30	6,14	5,9	5,88	5,86
0	0	7,27	7,18	7,10	7,00	7,00	7,05	6,98	7,00	7,00
b ₀		7,06	7,05	6,99	6,43	6,41	6,42	6,30	6,245	6,26
b ₁		-0,09	-0,04	-0,05	-0,12	-0,19	-0,25	-0,18	-0,30	-0,34
b ₂		-0,06	-0,02	-0,05	-0,34	-0,24	-0,17	-0,14	-0,19	-0,17
b ₁₂		0,06	0,07	0,01	0,12	0,16	0,20	0,36	0,26	0,23
По плану эксперимента № 3										
150	150	7,10	7,07	6,95	6,16	6,27	6,37	5,93	5,85	5,95
50	150	6,89	6,92	6,95	6,25	6,31	6,36	5,88	5,72	6,00
150	50	6,90	7,00	6,97	6,25	6,30	6,34	6,00	5,95	5,94
50	50	6,86	6,91	6,92	6,70	6,50	6,70	5,75	5,76	5,94
b ₀		6,94	6,975	6,9475	6,34	6,34	6,44	5,89	5,82	5,96
b ₁		0,06	0,06	0,01	-0,14	-0,06	-0,09	0,08	0,08	-0,01
b ₂		0,06	0,02	0,00	-0,14	-0,06	-0,08	0,02	-0,04	0,02
b ₁₂		0,04	0,015	-0,01	0,09	0,04	0,09	-0,05	-0,02	-0,01

Таблица 6. Влияние дозы реагентов на величину pH в неуплотненном ИАИ, обработанном реагентами ИАИ и в фильтрате
Table 6. The effect of the reagent dose on the pH value in uncompacted EAS treated with EAS reagents and in the filtrate

Дозы реагентов, мг/дм ³		Значения pH в исходном ИАИ после обработки ИАИ реагентами и в фильтрате ИАИ для сред, обработанных								
		ГранПАКС + ПАА			ГранЭКО + ПАА			Сульфат алюминий + ПАА		
Δ _к	Δ _ф	ИАИ	скоагули- рованный ИАИ	фильтрат ИАИ	ИАИ	скоагули- рованный ИАИ	фильтрат ИАИ	ИАИ	скоагули- рованный ИАИ	фильтрат ИАИ
По плану эксперимента № 1										
200	200	6,17	6,15	6,21	6,00	6,07	6,14	6,93	6,80	7,00
0	200	6,2	6,15	6,20	6,30	6,00	6,20	6,83	7,00	7,18
200	0	6,17	6,34	6,27	5,95	5,96	6,08	6,96	6,85	7,23
0	0	6,18	6,20	6,29	6,10	6,10	6,15	6,90	6,88	7,27
b ₀		6,18	6,21	6,24	6,08	6,03	6,14	6,90	6,88	7,17
b ₁		-0,01	1,00	-0,00	-0,11	-0,018	-0,03	0,04	-0,06	-0,06
b ₂		0,01	-0,06	-0,04	0,06	0,00	0,03	-0,02	0,02	-0,08
b ₁₂		-0,01	-0,04	0,00	-0,04	0,05	0,00	0,01	-0,04	-0,035
По плану эксперимента № 3										
150	150	6,14	6,21	6,24	6,1	6,23	6,27	6,5	6,55	6,6
50	150	6,26	6,46	6,37	6,0	6,07	6,22	6,45	6,55	6,65
150	50	6,22	6,26	6,28	6,1	6,14	6,2	6,5	6,5	6,5
50	50	6,14	6,24	6,27	6,1	6,17	6,24	6,4	6,45	6,5
b ₀		6,19	6,29	6,29	6,07	6,15	6,23	6,46	6,51	6,56
b ₁		-0,01	-0,06	-0,03	0,02	0,03	0,00	0,04	0,01	-0,01
b ₂		0,01	0,04	0,02	-0,02	-0,00	0,01	0,01	0,04	0,06
b ₁₂		-0,05	-0,07	-0,04	0,02	0,05	0,02	-0,01	-0,01	-0,01

Выводы

1. Изучено изменение удельного сопротивления избыточного неуплотненного активного ила от доз коагулянта (D_k) и флокулянта (D_f). Получены математические модели процесса обезвоживания ИАИ в виде уравнения $r = f(D_k, D_f)$ в неявном виде или в виде изолиний в явном виде.

2. Было установлено, что обработка исследуемого осадка полиакриламидом дозой больше 50 мг/дм³ оказывает негативное влияние на степень обезвоживания ИАИ. Степень влияния ПАА на удельное сопротивление ИАИ было больше, чем влияние коагулянтов, в 1,2 – 12,1 раза, кроме варианта использования коагулянта ГранПАКС.

3. Минимальное значение удельного сопротивления неуплотненного ИАИ (10,2–13,7)×10⁻¹⁰ см/г имело место при его обработке реагентами дозой 50 мг/дм³ флокулянт ПАА и коагулянтами «Аква-Аурат-30», «Алюминий полиоксисульфат», «FeCl₃» и «ГранЭКО». В зоне доз реагентов от 50 до 150 мг/дм³ (план № 2) более перспективным оказалось применение в качестве коагулянтов: «Алюминий полиоксисульфат» и FeCl₃ с $r \approx (10,2-12,4) \times 10^{-10}$ см/г.

4. Установлено, что величина pH в ИАИ могла изменяться в пределах 5,9 – 7,27, после добавления реагентов происходило подкисление ИАИ до значения pH 5,88 – 7,18, а в фильтрате – до 5,86 – 7,10. Показано, что в исследованном диапазоне для практической технологии реагентного обезвоживания ИАИ доза вводимых реагентов не оказывает существенного влияния на величину pH.

5. Процесс максимального снижения удельного сопротивления неуплотненного избыточного активного ила целесообразнее вести коагулянтами: «Алюминий полиоксисульфат» и FeCl₃ дозой до 50 мг/дм³ совместно с флокулянт ПАА дозой 50 мг/дм³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РАН. Сибирские ученые нашли способ полезной утилизации осадков сточных вод [Электронный ресурс]. URL: https://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?_language=ru&id=3d297d0f-94e8-43bc-aae6-b825db336c9d (дата обращения: 06.06.2024).
2. Vambol V., Kowalczyk-Juško A., Józwiakowski K., Mazur A., Vambol S., Khan N. A. Investigation in Techniques for Using Sewage Sludge as an Energy Feedstock: Poland's Experience. *Ecological Questions*. 2023. N34(1). P. 2–12. DOI: 10.12775/EQ.2023.007.
3. Kominko H, Gorazda K, Wzorek Z. Effect of sewage sludge-based fertilizers on biomass growth and heavy metal accumulation in plants // *Environ Manage*. 2022; 305. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114417.
4. Кравцова М., Чариков Ю., Волков Д., Мельникова Д., Пустовитова Т., Кравцов М. Исследование осадка сточных вод для получения органоминерального удобрения // *Экология и промышленность России*. 2023. №27(4). С. 17–21. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-4-17-21.
5. Чулкова И.Л., Смирнова О.Е., Красова А.В. Использование осадков сточных вод в бетонной промышленности // *Российский журнал автомобильной и шоссейной промышленности*. 2021. № 18(5). С. 566–575. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-566-575>.
6. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод / СГАСУ. Самара, 2008. 204 с.
7. Рублевская О.Н., Краснопеев А.Л. Опыт внедрения современных технологий методов обработки осадка сточных вод // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2011. № 4. С. 65–69.
8. Намяк Д.Е., Зубко А.Л., Штонда Ю.И. Обезвоживание осадков на канализационных очистных сооружениях г. Симеиза // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2008. № 12. С. 40–43.
9. Кичигин В.И., Юдин А.А. Исследование зависимости удельного сопротивления осадка от его влажности и исходной концентрации бентонитового замутнителя // *Градостроительство и архитектура*. 2023. Т. 13, №2. С. 22–30. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.04.
10. Кичигин В.И., Юдин А.А. Экспериментально-статистические модели влагоотдачи обработанного реагентами уплотненного избыточного активного ила // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2023. № 11. С. 55–60. DOI: 10.35776/VST.2023.11.08.
11. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения, примеры и задачи). Киев: Вища школа, 1976. 183 с.
12. Саутин С.А. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л.: Химия, 1975. 48 с.
13. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: М.: Изд-во АСВ, 2003. 203 с.

REFERENCES

1. RAS. Siberian scientists have found a way to usefully dispose of sewage sludge. Available at: https://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?_language=ru&id=3d297d0f-94e8-43bc-aae6-b825db336c9d (accessed 06 June 2024).
2. Vambol V., Kowalczyk-Juško A., Józwiakowski K., Mazur A., Vambol S., Khan N. A. Investigation in Techniques for Using Sewage Sludge as an Energy Feedstock: Poland's Experience. *Ecological Questions*. 2023. N34(1). P. 2–12. DOI: 10.12775/EQ.2023.007.
3. Kominko H, Gorazda K, Wzorek Z. Effect of sewage sludge-based fertilizers on biomass growth and heavy metal accumulation in plants. *Environ Manage*. 2022. N. 305. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114417.
4. Kravtsova M., Charikov Yu., Volkov D., Melnikova D., Pustovitova T., Kravtsov M. Study of

sewage sludge for obtaining organomineral fertilizer. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2023, №27(4), pp. 17–21. (in Russian) DOI: 10.18412/1816-0395-2023-4-17-21

5. Chulkova I.L., Smirnova O.E., Krasova A.V. Use of sewage sludge in the concrete industry. *Rossiiskij zhurnal avtomobil'noj i shossejnoj promyshlennosti* [Russian Journal of Automobile and Road Industry], 2021, no. 18(5), pp. 566–575. (in Russian) DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-566-575>

6. Kichigin V.I., Palagin E.D. *Obrabotka i utilizacija osadkov prirodnyh i stochnykh vod* [Natural and wastewater sludge treatment and disposal]. Samara, SGASU, 2008. 204 p.

7. Rublevskaya O.N., Krasnopeev A.L. Experience in implementation of modern technologies and methods of sewage sludge treatment. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2011, no. 4, pp. 65–69. (in Russian)

8. Namyak D.E., Zubko A.L., Shtonda Yu.I. Dewatering of sediments at the sewage treatment plant in Simeiz. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2008, no. 12, pp. 40–43. (in Russian)

9. Kichigin V.I., Yudin A.A. Study of dependence of sediment resistivity on its humidity and initial concentration of bentonite turbidity. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 22–30. (in Russian) DOI: [10.17673/Vestnik.2023.02.04](https://doi.org/10.17673/Vestnik.2023.02.04)

10. Kichigin V.I., Yudin A.A. Experimental and statistical models of moisture recovery of compacted excess activated sludge treated with reagents. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2023, no. 11, pp. 55–60. (in Russian) DOI: [10.35776/VST.2023.11.08](https://doi.org/10.35776/VST.2023.11.08)

11. Bondar A.G., Statiukha G.A. *Planirovanie jeksperimenta v himicheskoj tehnologii (osnovnye polozenija, primery i zadachi)* [Planning of experiment in chemical technology (basic provisions, examples and tasks)]. Kiev, Vischa School, 1976. 183 p.

12. Sautin S.A. *Planirovanie jeksperimenta v himii i himicheskoj tehnologii* [Planning an experiment in chemistry and chemical technology]. Leningrad, Chemistry, 1975. 48 p.

13. Kichigin V.I. *Modelirovanie processov ochistki vody* [Modeling of water treatment processes]. Moscow, DIA Publishing House, 2003. 203 p.

Об авторах:

КИЧИГИН Виктор Иванович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел.: (846) 339-14-11
E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

KICHIGIN Viktor Iv.

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Water Supply and Sanitation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244,
tel.: (846) 339-14-11
E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

ЮДИН Александр Александрович

инженер кафедры водоснабжения
и водоотведения
Самарский государственный технический университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел.: (846) 339-14-11
E-mail: alex.udin1996@mail.ru

YUDIN Alexander Al.

Engineer of the Water Supply and Sanitation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244,
tel.: (846) 339-14-11
E-mail: alex.udin1996@mail.ru

Для цитирования: Кичигин В.И., Юдин А.А. Исследование технологии реагентного обезвреживания избыточного активного ила из вторичного отстойника при помощи экспериментально-статистических моделей // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 60–68. DOI: [10.17673/Vestnik.2024.04.09](https://doi.org/10.17673/Vestnik.2024.04.09).

For citation: Kichigin V.I., Yudin A.A. Investigation of the technology of reagent decontamination of excess activated sludge from a secondary dump using experimental statistical models. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 60–68. (in Russian) DOI: [10.17673/Vestnik.2024.04.09](https://doi.org/10.17673/Vestnik.2024.04.09).

О. А. ПРОДОУС
П. П. ЯКУБЧИК
Д. И. ШЛЫЧКОВ
Е. С. СМОЛИН

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ИЗНОШЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОДОПРОВОДОВ,
РАССЧИТАННЫХ ПО ФОРМУЛАМ РАЗНЫХ АВТОРОВ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS
OF WORN-OUT METAL WATER PIPES CALCULATED ACCORDING
TO THE FORMULAS OF DIFFERENT AUTHORS

Цель работы: выполнить сравнение результатов гидравлического расчета металлических водопроводных труб по трем известным зависимостям. **Методы:** Определены расчетные зависимости, используемые для выполнения гидравлического расчета металлических водопроводных труб. **Результаты и обсуждение:** Предложено производить гидравлический расчет изношенных металлических водопроводных труб с внутренними отложениями по уточненной формуле Ф.А. Шевелева, учитывающей толщину слоя отложений на потери напора в трубах и обладающей достаточной точностью. **Заключение:** Рекомендовано использовать для гидравлических расчетов труб уточненную формулу профессора Ф.А. Шевелева, учитывающую изменение их фактического внутреннего диаметра из-за образования изменяющегося во времени слоя внутренних отложений.

Ключевые слова: металлические водопроводные сети, внутренние отложения, гидравлический расчет труб

Purpose: To compare the results of the hydraulic calculation of metal water pipes according to three known dependencies. **Methods:** The calculated dependencies used to perform the hydraulic calculation of metal water pipes are determined. **Results:** It is proposed to perform a hydraulic calculation of worn metal water pipes with internal deposits according to the refined formula of F.A. Sheveleva, which takes into account the thickness of the sediment layer for pressure losses in pipes and has sufficient accuracy. **Conclusion:** It is recommended to use the refined formula of Professor F.A. Shevelev for hydraulic calculations of pipes, taking into account the change in their actual internal diameter due to the formation of a time-varying layer of internal deposits.

Keywords: metal water supply networks, internal deposits, hydraulic calculation of pipes

Введение

Известно, что в металлических водопроводных сетях, находящихся в эксплуатации, изготовленных преимущественно из стали и чугуна, образуется слой отложений на внутренней поверхности, как показано на рис. 1 [1, 2].

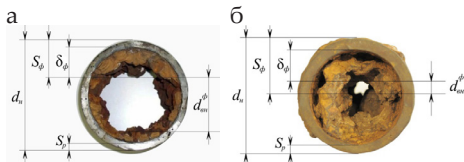


Рис. 1. Слой отложений на внутренней поверхности водопроводных труб: а – стальных; б – чугунных
Fig. 1. Layer of deposits on the inner surface of water pipes: a – steel; b – cast iron

Коэффициент гидравлического сопротивления λ , характеризующий процесс трения потока воды о внутреннюю поверхность трубы, входящий в формулу Дарси-Вейсбаха, имеет следующий вид:

$$i_\phi = \lambda \frac{V_\phi^2}{2g \cdot d_{вн}}, \text{ мм}, \tag{1}$$

где i_ϕ – фактический гидравлический уклон труб – потери напора h_ϕ на единицу длины L , мм/м;

λ – коэффициент гидравлического сопротивления труб;

V_ϕ – фактическая скорость движения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$d_{\text{вн}}^{\phi}$ – фактический внутренний диаметр труб, зависящий от толщины слоя внутренних отложений δ_{ϕ} (см. рис. 1), м.

Формула (1) показывает, что чем больше значение λ , тем больше величина фактического гидравлического уклона труб i_{ϕ} , зависящего от $d_{\text{вн}}^{\phi}$ и V_{ϕ} [3, 4].

Значения фактических гидравлических характеристик труб из разных материалов не являются постоянными и всегда изменяют свои значения в процессе их эксплуатации при наличии изменяющейся во времени фактической толщины слоя внутренних отложений δ_{ϕ} (см. рис. 1). Поэтому учеными из разных стран в разное время были разработаны расчетные зависимости для гидравлического расчета металлических водопроводных труб, отличающиеся своей точностью. Гидравлический расчет металлических водопроводных сетей по этим формулам дает разные результаты расчета, которые, в конечном счете, оказывают влияние на подбор установок для повышения давления (насосов), предназначенных для транспортирования воды потребителям [5, 6].

Методы

Авторами на конкретном примере выполнено сравнение точности гидравлического расчета стальных электросварных водопроводных труб диаметром $d_n = 0,325$ м по трем известным зависимостям:

- по формуле Ф.А. Шевелева, уточненной авторами данной статьи в 2021 г. [7, 8]:

$$i_{\phi} = 0,00107 \frac{V_{\phi}^2}{[(d_n - 2S_p) - 2\delta_{\phi}]^{1,3}}, \text{ мм/м}; \quad (2)$$

- по формуле А.Д. Альтшуля, имеющей вид:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta_{\Sigma}}{d_{\text{вн}}^{\phi}} + \frac{68}{R_{\epsilon_{\phi}}} \right)^{0,25}, \quad (3)$$

где Δ_{Σ} – коэффициент эквивалентной шероховатости; изменяется в диапазоне значений от $\Delta_{\Sigma} = 0,00015$ м до $\Delta_{\Sigma} = 0,002$ м [2];

$d_{\text{вн}}^{\phi}$ – фактический диаметр трубы с внутренними отложениями δ_{ϕ} , м;

Re_{ϕ} – фактическое число Рейнольдса, зависящее от температуры воды:

$$R_{\epsilon_{\phi}} = \frac{V_{\phi} \cdot d_{\text{вн}}^{\phi}}{\nu}, \quad (4)$$

здесь ν – коэффициент кинематической вязкости воды, м²/с. При $t = 10$ °С, $\nu = 1,31 \times 10^{-6}$ м²/с;

- по формуле Колбрука-Уайта, имеющей вид:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{K_{\Sigma}}{3,7 d_{\text{вн}}^{\phi}} + \frac{2,51}{R_{\epsilon} \sqrt{\lambda}} \right), \quad (5)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления труб;

K_{Σ} – коэффициент эквивалентной шероховатости внутренней поверхности труб, м;

$d_{\text{вн}}^{\phi}$ – внутренний фактический диаметр труб, м;

Re_{ϕ} – фактическое число Рейнольдса, определяемое по формуле (4).

Условия задачи

По стальному водопроводу из электросварных труб диаметром $d_n = 0,325$ м транспортируется расход воды потребителю в объеме $q = 90$ л/с (0,090 м³/с).

Фактическая толщина слоя внутренних отложений $\delta_{\phi} = 15$ мм (0,015 м).

Произвести гидравлический расчет труб для условий задачи по формулам (2), (3) и (5). Построить и проанализировать графики зависимости $1000i = f(\delta_{\phi})$, построенные по трем расчетным зависимостям.

Решение

Последовательность решения задачи для трех эмпирических зависимостей – (2), (3), (5) – предусматривает:

1. Определение значения фактического внутреннего диаметра труб по формулам (2), (3), (5) (см. рис. 1):

$$d_{\text{вн}}^{\phi} = (d_n - 2S_p) - 2\delta_{\phi}, \text{ м},$$

где S_p – толщина стенки трубы по ГОСТ [2], м;

$$d_{\text{вн}}^{\phi} = (0,325 - 2 \times 0,007) - 2 \times 0,015 = 0,311 - 0,03 = 0,281 \text{ м}.$$

2. Определение значения $d_{\text{вн}}^n$ для новой трубы без слоя внутренних отложений:

$$d_{\text{вн}}^n = d_n - 2S_p = 0,325 - 2 \times 0,007 = 0,311 \text{ м}.$$

3. Определение фактической скорости движения воды V_{ϕ}^n в новых и изношенных трубах $V_{\phi}^{\text{омл}}$ [9, 10]:

$$V_{\phi}^n = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot (d_{\text{вн}}^n)^2} = \frac{4 \cdot 0,090}{3,14 \cdot 0,311^2} = \frac{0,36}{0,3037} = 1,19 \text{ м/с};$$

$$V_{\phi}^{\text{омл}} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot (d_{\text{вн}}^{\phi})^2} = \frac{4 \cdot 0,090}{3,14 \cdot 0,281^2} = \frac{0,36}{0,2479} = 1,45 \text{ м/с}.$$

4. Определение значений i_ϕ для новых i_ϕ^n и изношенных труб $i_\phi^{омл}$ по формуле (2):

$$i_\phi^n = 0,001707 \frac{(V_\phi^n)^2}{(d_n - 2S_p)^{1,3}} = \frac{0,00107 \cdot 1,19^2}{(0,325 - 2 \cdot 0,007)^{1,3}} = \frac{0,001515}{0,311^{1,3}} = \frac{0,001515}{0,2191} = 0,006915 \text{ мм/м};$$

$$i_\phi^{омл} = 11,718 \text{ мм/м}.$$

Вычисление значений λ и i по формулам Шевелева (2), Альтшуля (3) и Колбрука-Уайта (5). Из формулы (1) Дарси-Вейсбаха:

$$\lambda(2) = \frac{i_\phi \cdot d_{вн}^\phi \cdot 2q}{V_\phi^2} = \frac{0,01172 \cdot 0,281}{1,45^2} = \frac{0,00646}{2,1025} = 0,003073;$$

$$\lambda(3) = 0,11 \left(\frac{K_\phi^{cp}}{d_{вн}^\phi} + \frac{68}{Re_\phi} \right)^{0,25};$$

$$K_\phi^{cp} = K_\phi^{мин} + \frac{K_\phi^{макс} - K_\phi^{мин}}{2} = 0,00015 + \frac{0,002 - 0,00015}{2} = 0,001075;$$

$$Re_\phi = \frac{V_\phi \cdot d_{вн}^\phi}{\nu} = \frac{1,45 \cdot 0,281}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 311\,031;$$

$$\lambda(3) = 0,11 \left(\frac{0,001075}{0,281} + \frac{68}{311\,031} \right)^{0,25} = (0,003826 + 0,0002186)^{0,25} = 0,0040446^{0,25} = 0,025218;$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda(5)}} = -2 \lg \left(\frac{K_\phi}{3,7 \cdot d_{вн}^\phi} + \frac{2,51}{Re_\phi \cdot \sqrt{\lambda}} \right) = -2 \lg(0,0010339 + \frac{2,51}{311\,031 \cdot \sqrt{\lambda}}) = 0,028697.$$

Расхождение значений λ , вычисленных по формулам (2), (3) и (5), составляет:

$\lambda(2) = 0,03553 > \lambda(3) = 0,025218$ на 29,12 % или в 1,41 раза;

$\lambda(2) = 0,03553 > \lambda(5) = 0,028697$ на 19,35 % или в 1,24 раза.

Результаты расчетов значений λ и i по формулам Ф.А. Шевелева (2), А.Д. Альтшуля (3) и Колбрука-Уайта (5) для условий приведенного примера представлены в табл. 1–3 [11–13].

По формуле (2) – в табл. 1; по формуле (3) – в табл. 2; по формуле (5) – в табл. 3.

Таблица 1. Значение величины λ , i по уточненной О.А. Продоусом и П.П. Якубчиком формуле Ф.А. Шевелева (2)
Table 1. Value of λ value, i according to the updated by O.A. Prodous and P.P. Yakubchik formula F.A. Shevelev (2)

Заданный расход $q, \text{л/с}$	Толщина слоя отложений $\delta_\phi, \text{мм}$	Фактический внутренний диаметр труб $d_{вн}^\phi, \text{м}$	Фактическая скорость в трубе $V_\phi, \text{м/с}$	Re_ϕ	λ	$i_\phi^*, \text{мм/м}$	$1000 i_\phi, \text{мм/м}$
$q = 90 \text{ л/с} = 0,090 \text{ м}^3/\text{с}$	0	0,311	1,19	282 511	0,02980	0,006917	6,92
	0,005	0,301	1,27	291 809	0,03145	0,008589	8,59
	0,010	0,291	1,35	299 885	0,03335	0,010646	10,65
	0,015	0,281	1,45	311 031	0,03558	0,013569	13,57
	0,020	0,271	1,56	322 718	0,03823	0,017496	17,50
	0,025	0,261	1,68	334 718	0,04141	0,022826	22,83
	0,030	0,251	1,82	348 718	0,04533	0,030492	30,49

Таблица 2. Значения величины λ, i по формуле А.Д. Альтшуля (3)
Table 2. Values of λ, i according to the formula of A.D. Altshul (3)

Заданный расход $q, \text{л/с}$	Толщина слоя отложений $\delta_{\phi}, \text{мм}$	Фактический внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}}^{\phi}, \text{м}$	Фактическая скорость в трубе $V_{\phi}, \text{м/с}$	Re_{ϕ}	λ	$i_{\phi}^*, \text{мм/м}$	$1000 i_{\phi}, \text{мм/м}$
$q = 90 \text{ л/с} = 0,090 \text{ м}^3/\text{с}$	0	0,311	1,19	282 511	0,02712	0,006294	6,29
	0,005	0,301	1,27	291 809	0,02732	0,007461	7,46
	0,010	0,291	1,35	299 885	0,02753	0,008788	8,79
	0,015	0,281	1,45	311 031	0,02774	0,010579	10,58
	0,020	0,271	1,56	322 718	0,02797	0,012802	12,80
	0,025	0,261	1,68	334 718	0,02820	0,015543	15,54
	0,030	0,251	1,82	348 718	0,02846	0,019143	19,14

Таблица 3. Значения величины λ, i по формуле Колбрука-Уайта (5)
Table 3. λ values, i by Colbrook-White formula (5)

Заданный расход $q, \text{л/с}$	Толщина слоя отложений $\delta_{\phi}, \text{мм}$	Фактический внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}}^{\phi}, \text{м}$	Фактическая скорость в трубе $V_{\phi}, \text{м/с}$	Re_{ϕ}	λ	$i_{\phi}^*, \text{мм/м}$	$1000 i_{\phi}, \text{мм/м}$
$q = 90 \text{ л/с} = 0,090 \text{ м}^3/\text{с}$	0	0,311	1,19	282 511	0,02930	0,006799	6,79
	0,005	0,301	1,27	291 809	0,02791	0,00762	7,62
	0,010	0,291	1,35	299 885	0,02816	0,00899	8,99
	0,015	0,281	1,45	311 031	0,02842	0,01084	10,84
	0,020	0,271	1,56	322 718	0,028697	0,01314	13,14
	0,025	0,261	1,68	334 718	0,028991	0,01598	15,98
	0,030	0,251	1,82	348 718	0,029301	0,01971	19,71

* $i_{\phi} = \lambda \frac{V_{\phi}^2}{2g d_{\text{вн}}^{\phi}}$ – формула Дарси-Вейсбаха

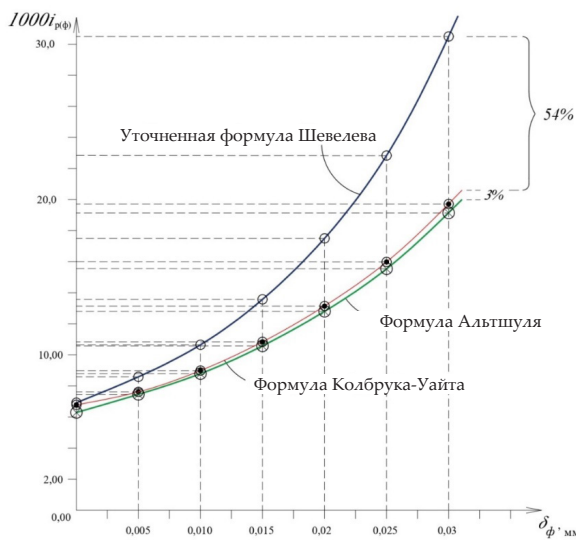


Рис. 2. Графики зависимости $1000 i_{p(ф)} = f(\delta_ф)$ по формулам разных авторов
Fig. 2. Plots of $1000 i_{p(ф)} = f(\delta_ф)$ by formulas of different authors

Заключение

Анализ значений гидравлических характеристик труб, представленных в табл. 1–3, и графиков зависимостей $1000 i = f(\delta_ф)$ на рис. 2, позволяет сделать следующие выводы:

- только в уточненной формуле (1) профессора Ф.А. Шевелева учитывается влияние фактической толщины слоя внутренних отложений $\delta_ф$, влияющей на величину удельных потерь напора $1000 i_ф$ по длине [14, 15];
- результаты расчетов по формулам (3) и (5) использовать при гидравлических расчетах труб с внутренними отложениями нельзя, так как это может привести к некорректным результатам подбора установок для повышения давления;
- из-за неучета влияния толщины слоя внутренних отложений в металлических трубах расхождение значений $1000 i_ф$ по формулам (2), (3) и (5) составляет для условий рассмотренного примера не менее 54 % (см. рис. 2);
- достаточной практической точностью при гидравлических расчетах обладает формула (2) профессора Ф. А. Шевелева, уточненная авторами данной статьи в 2021 г., по которой составлены и опубликованы для практического применения «Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями» [1].

На основе вышеприведенного примера сравнительный анализ характеристик гидравлического потенциала изношенных металлических водопроводов обосновывает применение

на практике уточненной формулы (2) профессора Ф.А. Шевелева, учитывающей гидравлическое влияние внутренних отложений на величину фактических потерь напора в металлических трубах систем водоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Продоус О.А., Шипилов А.А., Якубчик П.П. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями: справочное пособие. 1-е изд. М: Изд-во ООО «Перо», СПб. – М., 2021. 238 с.
2. ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1:2003). Группа Т86. Межгосударственный стандарт. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Общие требования. М., 2007.
3. Продоус О.А., Якубчик П.П., Балашов С.С. Количественная оценка эффективности работы металлических сетей водоснабжения // Сборник докладов участников XVIII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева, 16–17 марта 2023 г.). М.: Изд-во МИСИ – НИУ МГСУ, 2023. С. 64–70.
4. Продоус О.А. Методика оценки продолжительности использования металлических трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2021. №1 (157). С. 4–10.
5. Продоус О.А., Якубчик П.П., Терехов Л.Д. Анализ значений характеристик гидравлического потенциала новых стальных водопроводных труб в справочных пособиях Ф.А. Шевелева // Инженерные системы АВОК– Северо-Запад. 2021. № 1. С. 40–44.
6. Продоус О.А., Шипилов А.А., Терехов Л.Д., Якубчик П.П. Анализ погрешностей при гидравлическом расчете металлических трубопроводов водоснабжения с использованием справочных пособий Ф.А. Шевелева // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2021. №2 (158). С. 50–55.
7. Продоус О.А. Уточненный вид расчетной зависимости для гидравлического расчета изношенных металлических водопроводных труб с внутренними отложениями // Яковлевские чтения: сб. НИУ МГСУ. М., 2021. С. 178–193.
8. Продоус О. А., Якубчик П.П., Шипилов А.А. Прогнозирование падения рабочего давления в изношенном металлическом водоводе с отложениями при частичной замене труб на полиэтиленовые // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. 2021. № 2. С. 32–36.
9. Новиков М.Г., Продоус О.А. Предотвращение вторичного загрязнения воды в централизованных системах водоснабжения при ее транспортировке потребителям // Водные ресурсы и водопользование. Нур-Султан, 2021. № 12 (215). С. 17–20.
10. Продоус О.А., Якубчик П.П. Новый подход к гидравлическому расчету металлических трубо-

проводов водоснабжения с отложениями на их внутренних стенках // Инженерные системы АВОК Северо-Запад. 2022. № 1. С. 28–30.

11. Продоус О.А., Якубчик П.П., Шлычков Д.И. Зависимость энергопотребления насосных агрегатов напорных коллекторов водоотведения от толщины слоя осадка на внутренней поверхности труб // Сантехника, отопление, кондиционирование (С.О.К.). 2022. № 05 (245). С. 28–30.

12. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Якубчик П.П., Пархоменко С.В. Влияние толщины слоя внутренних отложений в трубопроводах систем водоснабжения и водоотведения на продолжительность периода их остаточной эксплуатации // Вестник МГСУ, 2022. Т. 17, Вып. 6. С. 738–746.

13. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Систематизация гидравлического расчета металлических сетей водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями на стенках труб // Строительство: наука и образование. М.: НИУ МГСУ, 2022. Т. 12, Вып. 3. С. 115–124.

14. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Влияние толщины слоя отложений в водопроводных сетях и сетях водоотведения на характеристики их гидравлического потенциала // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24, Вып. 6. С. 129–138.

15. Продоус О.А., Якубчик П.П., Балашов С.С. Предельно допустимая толщина слоя внутренних отложений в металлических водопроводах для прекращения их дальнейшей эксплуатации // Инженерные системы АВОК Северо-Запад. 2023. № 3. С. 46–50.

REFERENCES

1. Prodous O.A., Shipilov A.A., Yakubchik P.P. *Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub iz stali i serogo chuguna s vnutrennimi otlozheniyami: spravochnoe posobie. 1-e izd.* [Tables for hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits: reference manual. 1st ed.]. Moscow, St. Petersburg, Publishing House "Pero" LLC, 2021. 238 p.

2. State Standart 8.586.1-2005 (ISO 5167-1: 2003). Group T86. Interstate standard. Measurement of flow rate and quantity of liquids and gases using standard orifice devices. General requirements. Moscow, 2007. (In Russian)

3. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Balashov S.S. Quantitative evaluation of the efficiency of the operation of metal water supply networks. *Sbornik dokladov uchastnikov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj pamjati akademika RAN S.V. Jakovleva, 16–17 marta 2023 g.* [Collection of reports of participants of the XVIII International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovlev, March 16–17, 2023]. Moscow, IISS Publishing House - NRU MGSU, 2023, pp. 64–70. (In Russian).

4. Prodous O.A. Methodology for Estimating the Duration of Use of Metal Pipelines of Water Supply and

Sewerage Systems. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* [Water treatment. Water treatment. Water supply], 2021, no. 1(157), pp. 4–10. (in Russian)

5. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Terekhov L.D. Analysis of hydraulic potential characteristics of new steel water pipes in reference manuals by F.A. Shevelev. *Inzhenernye sistemy AVOK– Severo-Zapad* [Engineering systems AVOK-North-West], 2021, no. 1, pp. 40–44. (in Russian)

6. Prodous O.A., Shipilov A.A., Terekhov L.D., Yakubchik P.P. Analysis of defects in the hydraulic calculation of metal water supply pipelines using reference manuals by F.A. Shevelev. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* [Water treatment. Water treatment. Water supply], 2021, no. 2(158), pp. 50–55. (in Russian)

7. Prodous O.A. Updated type of design dependence for hydraulic calculation of worn metal water pipes with internal deposits. *Jakovlevskie chtenija: sb. NIU MGSU* [Yakovlevsky readings: Sat. NRU MGSU]. Moscow, 2021, pp. 178–193. (In Russian).

8. Prodous O. A., Yakubchik P.P., Shipilov A.A. Prediction of the working pressure drop in a worn metal water conduit with deposits during partial replacement of pipes with polyethylene. *Inzhenernye sistemy AVOK– Severo-Zapad* [Engineering systems AVOK-North-West], 2021, no. 2, pp. 32–36. (in Russian)

9. Novikov M.G., Prodous O.A. Prevention of secondary water pollution in centralized water supply systems during its transportation to consumers. *Vodnye resursy i vodopol'zovanie* [Water resources and water use], Nur-Sultan, 2021, no. 12(215), pp. 17–20. (in Russian)

10. Prodous O.A., Yakubchik P.P. New approach to hydraulic calculation of metal water supply pipelines with deposits on their inner walls. *Inzhenernye sistemy AVOK– Severo-Zapad* [Engineering systems AVOK-North-West], 2022, no. 1, pp. 28–30. (in Russian)

11. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Shlychikov D.I. Dependence of power consumption of pump units of pressure water discharge headers on the thickness of the sediment layer on the inner surface of pipes. *Sanitehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Plumbing, Heating, Air Conditioning (S.O.K.)], 2022, no. 05(245), pp. 28–30. (in Russian)

12. Prodous O.A., Shlychikov D.I., Yakubchik P.P., Parkhomenko S.V. Effect of the thickness of the layer of internal deposits in pipelines of water supply and sewerage systems on the duration of their residual operation. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2022, vol. 17, iss. 6, pp. 738–746. (in Russian)

13. Prodous O.A., Shlychikov D.I. Systematization of hydraulic calculation of metal water supply and sewerage networks with internal deposits on pipe walls. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education], Moscow, NRU MGSU, 2022, vol. 12, iss. 3, pp. 115–124. (in Russian)

14. Prodous O.A., Shlychikov D.I. Influence of sediment layer thickness in water supply and water disposal networks on characteristics of their hydraulic potential. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroi-*

tel'nogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2022, vol. 24, iss. 6, pp. 129–138. (in Russian)

15 Prodous O.A., Yakubchik P.P., Balashov S.S. The maximum permissible thickness of the layer of internal deposits in metal water pipelines to stop their further operation. *Inzhenernye sistemy AVOK– Severo-Zapad* [Engineering systems AVOK-North-West], 2023, no. 3, pp. 46–50. (in Russian)

Об авторах:

ПРОДОУС Олег Александрович

доктор технических наук, профессор,
ООО «Компания ИНКО»
190005, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр.,
37/1, лит. А, пом.1-Н
E-mail: pro@enco.su

ЯКУБЧИК Петр Петрович

кандидат технических наук, профессор кафедры
водоснабжения и водоотведения
Петербургский государственный университет
путей сообщения
Императора Александра I
190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9
E-mail: Pjakub@mail.ru

ШЛЫЧКОВ Дмитрий Иванович

кандидат технических наук, доцент кафедры
водоснабжения и водоотведения
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., 26
E-mail: stok-n@mail.ru

СМОЛИН Егор Станиславович

инженер
ЗАО «ЛенТехПроект»
191119, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Звенигородская, 24
E-mail: egorsmolin@mail.ru

PRODOUS Oleg Al.

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
INCO Company LLC
190005, Russia, St. Petersburg, Moskovsky pr., 37/1, lit. A,
room 1-H
E-mail: pro@enco.su

YAKUBCHIK Petr P.

PhD of Engineering Sciences, Professor of the Water
Supply and Sanitation Chair
Petersburg State University of Railways Emperor
Alexander I
190031, Russia, St. Petersburg, Moskovsky pr., 9
E-mail: Pjakub@mail.ru

SHLYCHKOV Dmitry Iv.

PhD of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Water Supply
and Sanitation Chair
National Research Moscow State University
of Civil Engineering
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye st., 26
E-mail: stok-n@mail.ru

SMOLIN Egor S.

Engineer
LenTechProekt CJSC
191119, Russia, St. Petersburg, Zvenigorodskaya st., 24
E-mail: egorsmolin@mail.ru

Для цитирования: Продоус О.А., Якубчик П.П., Шлычков Д.И., Смолин Е.С. Сравнительный анализ гидравлических характеристик изношенных металлических водопроводов, рассчитанных по формулам разных авторов // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 69–75. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.10.

For citation: Prodous O.A., Yakubchik P.P., Shlychkov D.I., Smolin E.S. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 69–75. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.10.

А. М. САРГСЯН
А. Ю. МАКАРОВ

РЕКОНСТРУКЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В МЕЛИОРАТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

RECONSTRUCTION OF PUMPING STATIONS IN THE RECLAMATION SECTOR

В связи с ростом населения планеты вопрос организации питания населения становится все более актуальным. Решить этот вопрос в большей степени может рациональное использование сельскохозяйственных земель, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур, необходимых для питания человека и домашнего скота. Меры государственной поддержки позволяют улучшить состояние сельскохозяйственных земель. При этом системы орошения являются основополагающими для развития сельского хозяйства. В статье предложены обоснованные направления стратегического характера по модернизации насосных станций, что позволяет увеличить объемы проводимых мелиоративных мероприятий в агропромышленном комплексе Российской Федерации в целом.

Ключевые слова: станция мелиорации, насосная станция, сельское хозяйство, орошение

In connection with the growth of the world's population, the issue of catering for the population is becoming more and more urgent. To a greater extent, this issue can be solved by the rational use of agricultural land used to grow crops necessary for human and livestock nutrition. Irrigation systems are fundamental to agricultural development. State support measures make it possible to improve their condition. The article proposes reasonable strategic directions for the modernization of pumping stations, which makes it possible to increase the volume of reclamation activities carried out in the agro-industrial complex of the Russian Federation as a whole.

Keywords: reclamation station, pumping station, agriculture, irrigation

Мелиорация земель является ведущим способом высокоэффективного и рационального использования земельных ресурсов. Она направлена на увеличение продуктивности в работе сельскохозяйственных угодий, что обуславливается необходимыми инфраструктурными проектами для создания благоприятных условий жизнедеятельности. Изменения, вносимые в различные программы за многие годы в Самарской области, повлекли за собой существенное уменьшение и отставание в увеличении орошаемых земель, большая часть из которых остается в неудовлетворительном состоянии [1–4].

Засуха 1998 года негативно сказалась на урожае сельскохозяйственных культур в Самарской области. В 2002 году началась реконструкция уникальной оросительной системы на 42,5 тыс. га орошаемых земель, 28 насосных станций, 102,5 км каналов и 25 единиц гидротехнических сооружений. На восстановление оросительной системы в Самарской области с начала строительства из федерального бюджета выделено 416,9 млн. рублей [5].

Восстановлению систем мелиоративно-го хозяйства начиная с 2014 года послужили

утвержденные программы поддержки, такие как государственная федеральная целевая и региональная. В 2018 году принята подпрограмма по развитию мелиоративного комплекса в рамках государственной региональной программы поддержки сельского хозяйства [6, 7]. С 2019 года в Самарской области действует региональная составляющая федерального проекта «Экспорт продукции АПК», включающая мероприятия в области мелиорации сельскохозяйственных земель [8].

В 2022 году Минсельхозом России было отобрано, в том числе, два инвестиционных проекта для строительства систем орошения на территории Самарской области на площади 3740 га с общим объемом инвестиций 1,3 млрд. рублей. В рамках федерального проекта «Экспорт продукции АПК» НП «Международная кооперация и экспорт» на обозначенные цели направлено более 500 млн рублей [9].

С целью предоставления государственной поддержки в 2023 году для реализации проектов по гидромелиорации на территории Самарской области, в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в обо-

рот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731, Минсельхозом России отобрано 4 инвестиционных проекта по направлению гидромелиорации на площади около 2400 га с объемом субсидии за счет средств федерального бюджета более 148 млн. рублей [10].

Рассмотрим, к примеру, мелиоративный комплекс Саратовской области. В настоящее время общая площадь орошаемых полей Саратовской области составляет 257,3 тыс. га. Всем комплексом, включая его эксплуатацию, заведует Управление «Саратовмелиоводхоз». В состав Управления входит 10 филиалов. На балансе Управления имеется 268 стационарных насосных станций, 970 км магистральных и распределительных каналов, 60 крупных водохранилищ с проектным объемом 577 млн. м³ воды (рис. 1) [11].

В задачу оросительных систем входит также отвод с орошаемого массива дренажных, сбросных и грунтовых вод [12–14].

Реализация мероприятий по реконструкции насосных станций мелиоративного хозяйства направлена на оптимизацию процесса работы оросительной системы в целом. Кроме того, указанные мероприятия направлены на повышение технического состояния действующих систем и их водообеспеченности с помощью изменения конструкций и основных параметров сети, замены существующих сооружений новыми, включения автоматизации управления водным режимом; на охрану окружающей среды и создание комфортных условий для жизни и производственной деятельности человека [15,16].

Реконструкция мелиоративного комплекса позволит увеличить производительность мелиоративных земель и, как следствие, производство сельскохозяйственной продукции, уменьшить



Рис. 1. Магистральный канал Комсомольской оросительной системы (Саратовская область)
Fig. 1. Main channel of the Komsomol irrigation system (Saratov region)

е себестоимость, улучшить условия труда и повысить производительность в результате внедрения ресурсосберегающих технологий и современных методов организации труда.

С 2021 года вопросами мелиоративного хозяйства, в том числе по оказанию содействия в реконструкции мелиоративных систем в Самарской, Пензенской и Ульяновской областях, в Республике Мордовия, занимается Управление «Саратовмелиоводхоз».

Рассмотрим пример капитального ремонта насосных станций оросительной системы НСП «Заря Поволжья», расположенных в Безенчукском районе Самарской области, с перспективой возможного увеличения их мощностей (рис. 2, 3).

В состав капитального ремонта обозначенных сооружений входит:

- замена водозаборных трубопроводов с рыбозаградителем;
- капитальный ремонт оборудования в здании насосной станции;
- замена трубопровода аварийного дренажа;
- замена трубопровода системы всасывания вакуумной системы.



Рис. 2. Насосные агрегаты станции мелиорации
НСП «Заря Поволжья» до реконструкции
Fig. 2. Pump units of the reclamation station
NSP Zarya Povolzh'ye before reconstruction

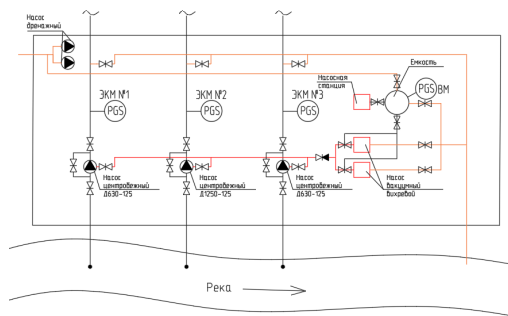


Рис. 3. План-схема реконструированной станции
мелиорации НСП «Заря Поволжья»
Fig. 3. Plan-diagram of the reconstructed reclamation
station NSP “Zarya Povolzh’ye”

Ключевые решения компоновки технологической линии станции мелиорации приняты на основании требований СП 81.13330.2017 «Мелиоративные системы и сооружения».

В качестве основного и вспомогательного насосно-силового оборудования при реконструкции станции мелиорации применяются:

- Основные агрегаты – насосы центробежные горизонтальные 1Д-630-125 (существующие) с электродвигателями (заменяемые) А4-85/37К-4 УЗ (400 кВт, 10000 В, 1500 об/мин). Количество – 2 шт.

- Основной агрегат – насос центробежный горизонтальный 1Д-1250-63 (заменяемый) с электродвигателями (заменяемый) А4-85/37К-4 УЗ (630 кВт, 10000 В, 1500 об/мин). Количество – 1 шт.

- Дренажные насосы – насосы «Гном» (новые) 2ВС-1,6 м, $Q = 2-4$ л/с, $H = 55-20$ м, $n = 1450$ об/мин. Количество – 2 шт.

- Моноблочный водокольцевой вакуумный насос (заменяемый) RVS3/M $Q = 40$ м³/ч. Количество – 2 шт.

- Насосная станция WiloMultiCargo FMC 304 (новая). Количество – 1 шт.

Проектом предусмотрена замена арматуры и технологических трубопроводов основных и вспомогательных систем насосных станций, причем три задвижки с электроприводами и три обратных клапана в здании насосной существующие и не требуют замены. Материал трубопроводов: трубы стальные электросварные по ГОСТ 10704-91 с внутренним и наружным антикоррозионным покрытием.

Результатом проведения реконструкции станции мелиорации будет повышение надежности ее работы и, как следствие, повышение энергоэффективности мелиоративной системы.

Рассмотрим пример реконструкции насосной станции «НС-42п» Приволжской оросительной системы (Саратовская область).

Согласно проведенному обследованию насосной станции, водозаборное сооружение, напорные трубопроводы, магистральная линия насосной станции имеют изношенное состояние, наблюдается коррозия металлическая часть труб и просадка сборного и монолитного железобетона, индивидуальная аванкамера под насосную станцию «НС-42п» отсутствует, что способствует всасыванию мусора и сорной растительности в рабочую камеру насосов (рис. 4, 5).

Проектом предусмотрено:

- замена изношенных трубопроводов на новые;
- монтаж аванкамеры с сороудерживающей решеткой;
- замена напорных трубопроводов;



Рис. 4. Насосные агрегаты станции НС-42п Приволжской оросительной системы до реконструкции

Fig. 4. Pumping units of NS-42p station of Volga irrigation system before reconstruction



Рис. 5. Водозаборное сооружение насосной станции НС-42п до реконструкции

Fig. 5. Water intake structure of pump station NS-42p before reconstruction

- замена насосных агрегатов №1, 2, выработавших свой моторесурс;
- замена запорной арматуры (задвижек, обратных клапанов, конусных переходов);
- капитальный ремонт дренажной системы насосной станции со сливом на пол;
- восстановление вакуумной системы;
- замена старого электро- и гидросилового оборудования, осветительных приборов с учетом категорий помещений с обеспечением нормируемой освещенности и кабельных изделий, подключение вновь установленного оборудования к контуру заземления;

- ремонт бытового блока для обеспечения нормальной работы дежурного персонала насосной станции;
- ремонт здания насосной станции, трансформаторной;
- демонтаж сухих камер, гидроаккумуляторов, вместе с их фундаментами, в связи с отсутствием технологической необходимости;
- замена сороулавливающей сетки, установка аванкамеры;
- благоустройство территории;
- комплекс мероприятий по оснащению насосной станции оборудованием автоматизации, коммерческого учета и охранной сигнализацией.

Проектом принята технологическая схема с применением горизонтальных центробежных насосов.

Забор воды осуществляется из мелиорационного канала им. Кузнецова, в котором запроектирована приёмная аванкамера.

Результатом проведения реконструкции станции мелиорации будет повышение надежности ее работы и снижение электрозатрат мелиоративной системы.

В качестве примера реконструкции насосных станций большой производительности рассмотрены насосные станции: «НС-Абашево», находящаяся в Хворостянском районе Самарской области; «НС-Хрящевка», находящаяся в Ставропольском районе Самарской области. Эти насосные станции относятся к категории станций большой производительности, так как их производительность составляет более чем 18000 м³/ч.

После проведения обследования на рассмотренных насосных станциях выяснилось, что насосные агрегаты, напорные трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, магистральная линия насосных станций имеют изношенное состояние. Также обнаружена коррозия металлическая часть труб, образовавшаяся, в том числе, из-за отсутствия аванкамеры, что приводит к попаданию в рабочую камеру насосов различного мусора и сорной растительности.

Работы по капитальному ремонту объектов мелиоративного хозяйства включают в себя:

- замену участков труб на новые в связи с износом;
- замену насосных агрегатов, выработавших свой ресурс;
- замену запорной – регулирующей – арматуры (задвижек, обратных клапанов);
- замену старого электрического оборудования, осветительных приборов и кабельных изделий;
- ремонт бытового блока для обеспечения работы персонала;

- ремонт трансформаторной подстанции;
- замену сороулавливающих сеток и установку аванкамер;
- благоустройство территории;
- комплекс мероприятий по оснащению насосной станции оборудованием автоматизации, коммерческого учета и охранной сигнализацией.

Результатом проведения реконструкции на станциях мелиорации «НС-Абашево» и «НС-Хрящевка» будет оптимизация мелиоративной системы, в частности экономия энергозатрат.

Выводы.

1. Проведение реконструкции мелиоративных систем, с учетом существующих и перспективных потребностей населения, позволяет оптимизировать процесс работы всего комплекса сооружений.

2. Применение современного насосного оборудования, водозаборных сооружений и всего оросительного комплекса трубопроводов на станциях мелиорации приводит к увеличению производительности по поливной воде и, как следствие, увеличению производства сельскохозяйственной продукции.

3. Обоснованием внедрения ресурсосберегающих технологий и современных методов организации труда при реконструкции мелиоративных систем является экономическая эффективность при решении поставленных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современное состояние и инновационные пути развития мелиорации и орошаемого земледелия // Материалы международной научно-практической конференции специалистов, ученых и аспирантов, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне (г. Махачкала, 24-25 сентябрь 2020 г.). Махачкала, 2020. 457 с.
2. Кизяев Б.М., Мартынова Н.Б. Реализация научных проектов в сфере развития мелиоративного комплекса России // Природообустройство. 2015. № 5. С. 13–17.
3. Бадаев Л.И., Донской В.М. Техническая эксплуатация гидромелиоративных систем: справочник. М.: Колос, 1992. 271 с.
4. О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» (с изменениями на 20 сентября 2017 года) на основании постановления Правительства Российской Федерации от 12.10.2013 № 922 (утратило силу с 01.01.2018 на основании постановления Правительства Российской Федерации от 13.12.2017 № 1544). URL: <http://pravo.gov.ru/> (дата обращения: 24.04.2024).

5. Гвоздев С. Необходима как воздух. Самарская область нуждается в восстановлении оросительной системы // Волжская коммуна. 2010. № 349. С. 4.

6. Об утверждении государственной программы Самарской области «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в Самарской области на период до 2020 года» (с изменениями на 31 мая 2017 года) на основании постановления Правительства Самарской области от 13.11.2013 № 613. URL: <http://docs.cntd.ru/document/464005951> (дата обращения: 24.04.2024).

7. Сидоров А.А., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г. Национальное и региональное состояние и тенденции в восстановлении мелиорации земель // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. Т. 23, № 5. С. 104–112.

8. Правительство Самарской области. URL: <https://www.samregion.ru> (дата обращения: 24.04.2024).

9. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации: Протокол заседания Комиссии по организации и проведению отбора проектов мелиорации № 20-0-1/13 от 17.03.2023 г. URL: <https://mcx.gov.ru/> (дата обращения: 24.04.2024).

10. ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». URL: <http://sarvodhos.ru/novosti> (дата обращения: 24.04.2024).

11. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография: в 2 ч. Ч. 2. Новочеркасск: Геликон, 2013. 307 с.

12. Мелиорация. Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/agriculture/text/2202740> (дата обращения: 24.04.2024).

13. Пашков П.В. Повышение надежности эксплуатации насосных станций оросительных систем на основе совершенствования конструктивно-технологических параметров насосного оборудования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 24 с.

14. Беличенко Ю.П., Швецов М.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. М.: Россельхозиздат, 1980. 224 с.

15. Турапин С.С., Ольгаренко Г.В. Методические рекомендации по правилам эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. 88 с.

16. Шепелев А.Е., Штанько А.С. Требования к основным положениям нормативных документов в области эксплуатации мелиоративных насосных станций // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 1 (5). С. 166–170.

REFERENCES

1. The current state and innovative ways of development of land reclamation and irrigated agriculture. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii specialistov, uchenyh i aspirantov, posvojashhennoj 75-letiju*

Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne (g. Makhachkala, 24-25 sentjabr' 2020 g.) [Materials of the international scientific and practical conference of specialists, scientists and graduate students dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War (Makhachkala, September 24-25, 2020)]. Makhachkala, 2020, 457 p. (In Russian).

2. Kizyaev B.M., Martynova N.B. Implementation of scientific projects in the field of development of the reclamation complex of Russia. *Prirodoobustrojstvo* [Environmental Engineering], 2015, no. 5, pp. 13–17. (in Russian)

3. Badaev L.I., Donskoy V.M. *Tekhnicheskaja jekspluatacija gidromeliorativnyh sistem: spravocnik* [Technical operation of irrigation and drainage systems: reference book]. Moscow, Kolos, 1992. 271 p.

4. On the federal target program “Development of land reclamation for agricultural purposes of Russia for 2014-2020” (as amended on September 20, 2017) on the basis of Decree of the Government of the Russian Federation of 12.10.2013 No. 922 (expired from 01.01.2018 on the basis of Decree of the Government of the Russian Federation of 13.12.2017 № 1544). Available at: <http://pravo.gov.ru/> (accessed 24 April 2024)

5. Gvozdev S. It is necessary like air. Samara region needs to restore the irrigation system. *Volzhskaja kommuna* [Volga Commune], 2010, no. 349, pp. 34. (in Russian)

6. On the approval of the state program of the Samara region “Development of land reclamation of agricultural land in the Samara region for the period up to 2020” (as amended on May 31, 2017) on the basis of Decree of the Government of the Samara Region dated 13.11.2013 No. 613. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/464005951> (accessed 24 April 2024)

7. Sidorov A.A., Kudinova G.E., Rosenberg A.G. National and regional state and trends in land reclamation restoration. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2021, vol. 23, no. 5, pp. 104–112. (in Russian)

8. Government of the Samara region. Available at: <https://www.samregion.ru> (accessed 24 April 2024)

9. Ministry of Agriculture of the Russian Federation: Minutes of the Meeting of the Commission for the Organization and Conduct of the Selection of Land Reclamation Projects No. 20-0-1/13 of 17.03.2023. Available at: <https://mcx.gov.ru/> (accessed 24 April 2024)

10. FSBI “Management” Saratovmeliiovodkhoz”. Available at: <http://sarvodhos.ru/novosti> (accessed 24 April 2024)

11. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokolenija k pokoleniju: monografija: v 2 ch. Ch. 2* [Irrigation systems of Russia: from generation to generation: monograph: in 2 hours. 2]. Novocherkassk, Gelikon, 2013. 307 p.

12. Reclamation. Great Russian Encyclopedia. Available at: <https://bigenc.ru/agriculture/text/2202740> (accessed 24 April 2024)

13. Pashkov P.V. *Povyshenie nadezhnosti jekspluatatsii nasosnyh stancij orositel'nyh sistem na osnove sovershenstvovaniya konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov nasosnogo*

oborudovaniya. Cand, Diss. [Improving the reliability of the operation of pumping stations of irrigation systems based on improving the design and technological parameters of pumping equipment. Cand. Diss.]. Moscow, 2019. 24 p.

14. Belichenko Yu.P., Shvetsov M.M. *Racional'noe ispol'zovanie i ohrana vodnykh resursov* [Rational use and protection of water resources]. Moscow, Rosselkhozizdat, 1980. 224 p.

15. Turapin S.S., Olgarenko G.V. *Metodicheskie rekomendacii po pravilam jekspluatacii meliorativnykh sistem i otidel'no raspolozhennykh gidrotehnicheskikh sooruzhenij* [Guidelines for the Operation of Reclamation Systems and Separately Located Hydraulic Structures]. Kolomna, IP Vorobyov O.M., 2015. 88 p.

16. Shepelev A.E., Shtanko A.S. Requirements for the main provisions of regulatory documents in the field of operation of reclamation pumping stations. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii* [Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems], 2012, no. 1(5), pp. 166–170. (in Russian)

Об авторах:

САРГСЯН Ашот Мкртичевич

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

SARGSYAN Ashot M.

PhD in Engineering Sciences,
Associate Professor of the Water Supply and
Wastewater Disposal Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: ashotu@mail.ru

МАКАРОВ Андрей Юрьевич

начальник участка монтажа и ремонта
технологического оборудования
ООО «Самарские коммунальные системы»
443056, Россия, г. Самара, ул. Луначарского, 56
E-mail: makarooff116@yandex.ru

MAKAROV Andrey Yu.

Head of Process Equipment Installation
and Repair Section
LLC Samara Utility Systems
443056, Russia, Samara, Lunacharskogo st., 56
E-mail: makarooff116@yandex.ru

Для цитирования: Саргсян А.М., Макаров А.Ю. Реконструкция насосных станций в мелиоративном хозяйстве // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 76–81. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.11.

For citation: Sargsyan A.M., Makarov A.Yu. Reconstruction of pumping stations in the reclamation sector. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 76–81. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.11.

С. Ю. ТЕПЛЫХ
Е. Е. КОТОВСКАЯ
И. В. КОРОЛЬ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОПРЕСНЕНИЯ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАБОРАТОРНОГО МОДУЛЯ ОБРАТНОГО ОСМОСА – ROUK

DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS
OF THE BLACK SEA DESALINATION PROCESS USING
THE LABORATORY REVERSE OSMOSIS MODULE – ROUK

Представлена методика адаптации лабораторного модуля ROUK для проведения экспериментальных исследований по опреснению вод Черного моря. В работе освещены вопросы постановки основных задач исследования, формирования цели и изучения технологического оснащения готового лабораторного модуля с моделированием искусственной морской воды с последующим изучением и определением необходимых параметров технологического процесса обратного осмоса по давлению и расходу опресняемой воды, а также соотношению получаемых пермеатов и концентратов при различных исходных составах опресняемой воды с достижением требуемых качественных показателей.

Ключевые слова: опреснение, обратный осмос, мембрана, пермеат, концентрат, поршневого насос, теплообменник, солесодержание

The method of adaptation of the ROUK laboratory module for conducting experimental studies on the desalination of the waters of the Black Sea is presented. The paper highlights the issues of setting the main research objectives, forming a goal and studying the technological equipment of a ready-made laboratory module with artificial seawater modeling, followed by studying and determining the necessary parameters of the reverse osmosis technological process in terms of pressure and flow of desalinated water, as well as the ratio of the obtained permeates and concentrates with different initial compositions of desalinated water to achieve the required quality indicators.

Keywords: desalination, reverse osmosis, membrane, permeate, concentrate, piston pump, heat exchanger, salt content

Введение

Для южных регионов Российской Федерации одной из важнейших составляющих инфраструктурного развития является обеспечение водными ресурсами. В связи с прекращением поступления пресной воды по руслу Северо-Крымского канала было выполнено перераспределение вод центральных районов Республики Крым в маловодные районы Керченского полуострова [1–3]. Такие города, как Феодосия и Керчь, полностью питаемые из наливных водохранилищ, заполнение которых зависит от водообеспеченности центральных районов Республики Крым, испытывают дефицит водных ресурсов, что послужило стартом к поиску и рассмотрению возможности получения альтернативных источников питания, в частности возможности строительства опреснительных станций.

Станции опреснения морской воды построены и активно эксплуатируются в водо-

дефицитных государствах, таких как Израиль, Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Испания, Кувейт, Катар, Алжир, Китай, Ливия, США, Оман [4]. Технологии опреснения получили широкое распространение и подразделяются по способу получения пресной воды на следующие методы: обратного осмоса (RO) (61,5 % от суммарного количества всех опреснительных станций); многоступенчатое мгновенное выпаривание MSF (25,9 %), многоколонная дистилляция MED (8,4 %) и электродиализ ED (3,2 %) [4]. Подробнее рассмотрим технологию опреснения при помощи обратного осмоса (RO).

Принцип действия данного метода состоит в пропуске опресняемой воды под давлением, большим осмотического, через полупроницаемые мембраны [5]. В ходе данного процесса на выходе получается два потока жидкости: опресненная вода – пермеат и соленая вода – концентрат. Установка обратного осмоса включает в себя насос для подачи воды на мембранный

блок, сам блок с устанавливаемыми мембранами и трубопроводы подачи опресняемой воды и отвода опресненной.

С вхождением Республики Крым в состав Российской Федерации и устремлении бюджетных средств в развитие инфраструктурных проектов, охватывающих различные секторы экономики, в том числе рекреационные комплексы, возникли вопросы с освоением прибрежных территорий, находящихся на значительном расстоянии от источников пресной воды, например Ленинский район Республики Крым. Это послужило поводом для поиска альтернативных источников водоснабжения, в частности опреснение морских вод методом обратного осмоса, с определением различных технологических параметров. Работы выполнялись как на производственной установке – опреснительном блоке AJ030W45 с OR2 (Китай), так и на лабораторном модуле ROUC производства компании Edibon (Испания). Первая часть исследований была направлена на определение параметров опреснения (работа с имитационными моделями морской воды Черного и Азовского морей), а вторая часть – на определение параметров снижения солесодержания в воде из подземных источников (артезианских скважин) Черноморского, Раздольненского, Краснопереконского, Джанкойского районов Республики Крым. Вода из централизованных водопроводов перечисленных районов не удовлетворяет требованиям по таким показателям, как: общее солесодержание, жесткость общая, содержание хлоридов и сульфатов [6, 7]. Настоящая работа посвящена вопросам опреснения морских вод.

Цель и задачи исследования – получение параметров процесса опреснения морской воды методом обратного осмоса для последующего проектирования сооружений опреснения вод Черного моря.

Основные задачи исследования. Для эффективного выполнения основных задач исследования был определен план реализации, направленный на получение экспериментальных данных, состоящий из следующих пунктов:

- моделирование состава искусственной морской воды;
- подготовка к пуску лабораторного модуля ROUC;
- выполнение предварительных исследований с целью определения окрестностей наилучших экспериментальных параметров;
- составление плана серии двухфакторных экспериментов и их проведение с последующей обработкой.

Экспериментальная часть работы реализовывалась на установке обратного осмоса и ультрафильтрации ROUC производства компании Edibon, специализирующейся на разработке учебного оборудования [8] (рис. 1).

Установка предназначена для демонстрации процесса обратного осмоса и ультрафильтрации и состоит из трехпоршневого насоса, двух трубчатых мембран, соединенных последовательно и помещенных в мембранный модуль, резервуара для сбора пермеата, резервуара исходной воды с поступлением концентрата, теплообменника. Габаритные размеры установки: 1000×800×800 мм.

Технологическая схема процесса обратного осмоса, воспроизводимая на лабораторном модуле ROUC, представлена на рис. 2.

Электродвигатель подающего поршневого насоса оборудован частотным преобразователем, позволяющим регулировать расход потока в зависимости от требуемого эффекта очистки. Насос подает поток к двум трубчатым мембранам. Раствор продолжает двигаться во внутренней части трубки, пермеат поступает от внутренней части трубки в направлении внешней, в результате на выходе получаем концентрат.



Рис. 1. Общий вид установки обратного осмоса ROUC
Fig. 1. General view of the ROUC reverse osmosis plant

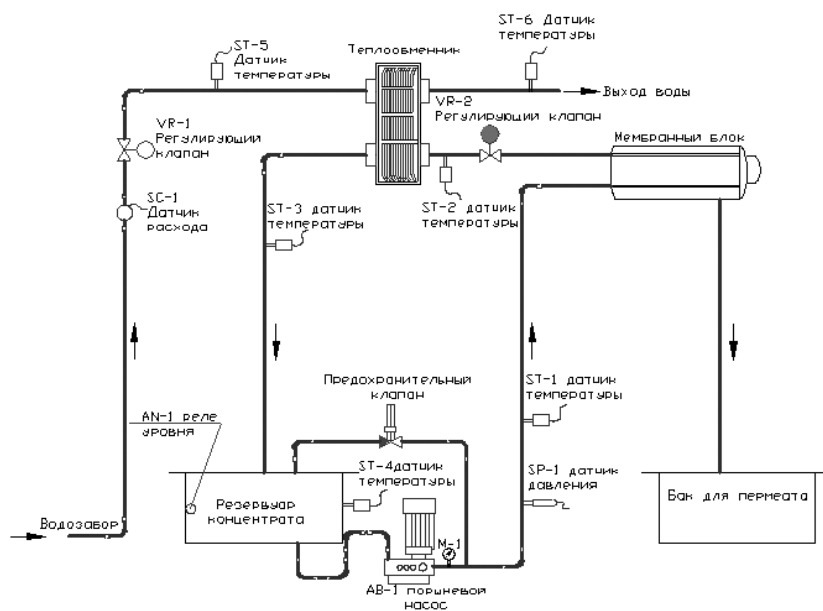


Рис. 2. Технологическая схема процесса работы обратноосмотической установки

Fig. 2. Technological scheme of the reverse osmosis plant operation process

Установка ROUC осуществляет процесс фильтрации путем перекрестного потока, при этом исключая появление примесей, что снижает пропускную способность системы. Пермеат хранится в резервуаре как окончательный продукт. Концентрат возвращается в первоначальный резервуар, для того чтобы быть использованным снова, но в связи с повышением температуры он проходит через теплообменник и поступает в емкость исходной воды.

Регулирование давления мембранного блока осуществляется с помощью красного регулирующего клапана.

Для проведения практики разделения с помощью обратного осмоса и ультрафильтрации необходимо знать две переменные потока:

- химический состав обрабатываемой жидкости;

- характеристики мембраны, чтобы понимать какую из них следует использовать в процессе: точка отсечки, определяемая как допустимая концентрация солевого состава обрабатываемой воды, и тип потока, в данном случае – перекрестный поток, что также зависит от размеров отверстий мембраны и требований, предъявляемых к пермеату. Процесс заключается в увеличении давления в зависимости от потока пермеата.

Установка ROUC включает в себя:

- мембранный модуль: две трубчатые мембраны, соединенные последовательно диаметром 12,5 мм. Площадь мембраны – 0,000122 м², внутренний объем – 75 мл; максимальное давление – 55 бар.

- трехпоршневой насос, максимальный расход $Q_{\max} = 38$ л/мин; максимальное давление $P_{\max} = 150$ бар, максимальное рабочее давление $P_{\max} = 55$ бар. Насос оборудован предохранительным клапаном для защиты всего устройства;

- два регулирующих клапана для управления потоком воды и стоком;

- пластинчатый теплообменник для концентрата;

- 6 датчиков температуры, типа «J»;

- датчик давления (0-100 бар);

- датчик потока (температура воды на входе), диапазон: 0,25-6,5 л/мин;

- датчик уровня в расходном резервуаре;

- расходный резервуар из нержавеющей стали (емкость 15 л);

- сборный резервуар из нержавеющей стали для пермеата (15 л).

Пример вывода данных, снятых датчиками, на контрольный блок устройства, представлен на рис. 3.

Таким образом, установка позволяет ознакомиться не только с технологическим процессом опреснения, но и с основными принципами действия датчиков.

Для выполнения основных задач исследования в первую очередь необходимо было определить качественные показатели морской воды в местах возможного применения реальных установок опреснения.

Средняя соленость воды Мирового океана составляет примерно 35 г/кг, в Черном море она варьируется: на поверхности 17-18 г/кг; в северо-западной части 8-13 г/кг; а у дна 22-25 г/кг, и зависит от сезона года, глубины и географи-

ческих координат. Так, в устьях рек соленость понижена за счет поступления значительных пресных вод от рек Дунай, Днестр, Буг, Днепр – северо-западная часть Черного моря, рек Кавказского побережья, вод Азовского моря, поступающие через Керченский пролив [9].

В контрольных створах по побережью Крыма от Севастополя до Керчи осущест-

вляется забор проб воды для последующего анализа, результаты определения содержания в пробах взвешенных веществ, хлоридов, сульфатов и сухого остатка представлены в табл. 2. Качественный состав морских вод позволит подобрать предварительную схему очистки перед подачей опресняемой воды на мембрану [10].

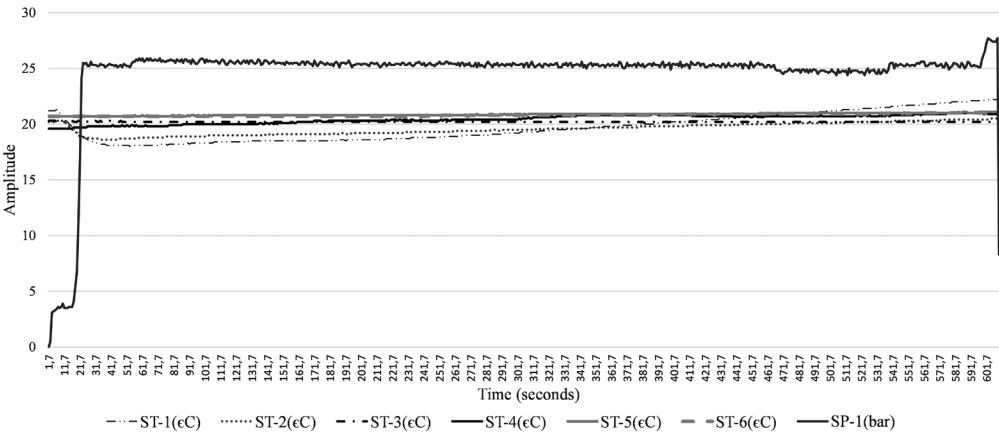


Рис. 3. Вывод показателей датчиков установки обратного осмоса ROUC
Fig. 3. Output of indicators of the sensors of the ROUC reverse osmosis plant

Таблица 1. Технологические параметры поставляемой мембраны
Table 1. Technological parameters of the supplied membrane

Тип мембраны	Ограничение по концентрации	Процесс	Максимальное давление, бар
RO1	99 % раствор NaCl	OI/RO 45	45

Таблица 2. Результаты исследования проб морской воды Черноморского побережья Республики Крым
Table 2. The results of the study of seawater samples of the Black Sea coast of the Republic of Crimea

Точка отбора проб	Взвешенные вещества, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Сухой остаток, мг/л
Г. Феодосия, пгт Курортное, на глубине 10 м	6,7	10862,8	721,5	11600,4
Г. Севастополь, пгт Балаклава	18,6	10223,8	1407,3	-
Г. Феодосия, пгт Коктебель	2,8	10543,2	1415,6	-
Г. Севастополь, Голубая бухта	15,3	10588,2	1415,5	-
Г. Феодосия, поселок Курортное	2,2	10588,92	1200,7	-
Г. Керчь, Камыш-Бурунская ТЭЦ	7,8	10513,1	1435,8	17535
Пгт Партенит, санаторий «Крым»	2,2	10680,2	1235,4	20936
Г. Керчь, Керченский рыбный порт	9,00	8497	1090	16536
Пгт Кореиз, Санаторий Мисхор	1,8	6138,5	834,6	-

В табл. 3 представлены подробные данные по качественному составу воды Черного моря.

Для моделирования состава морской воды воспользовались солями в пропорциях, указанных в табл. 3, а для подготовки навесок солей для приготовления различных концентраций подготовили расчет, размещенный в табл. 4. Для моделирования в лабораторных условиях состава морской воды в Черном море были использованы следующие соли:

- NaCl (хлористый натрий, поваренная соль). Cl⁻ – составляет 60,6 % или 606 мг на 1 г соли, соответственно Na⁺ – составляет 39,4 % или 394 мг на 1 г соли.

- CaCl₂ (хлористый кальций). Cl⁻ – составляет 64 % или 640 мг на 1 г соли, соответственно Ca²⁺ – составляет 36 % или 360 мг на 1 г соли.

- MgSO₄·7H₂O (сернокислый магний семиводный) Mg²⁺ – составляет 9,75 % или 97,5 мг на 1 г соли, SO₄²⁻ – составляет 39 % или 390 мг на 1 г соли.

- MgCl·6H₂O (хлористый магний шестиводный), Cl⁻ – составляет 35 % или 350 мг на 1 г соли, Mg²⁺ – составляет 11,8 % или 118 мг на 1 г соли.

Подготовка модельного раствора морской воды осуществлялась в следующей последовательности:

- в 1 л воды растворить 3,08-3,7 г MgSO₄·7H₂O, что вносит в состав искусственной морской

воды 1201-1443 мг/л сульфатов и 300-360 мг/л ионов магния;

- для доведения величины концентрации магния до требуемой (740-900 мг/л) необходимо растворить 3,93-4,45 г MgCl₂·6H₂O, что в итоге соответствует 763-885 мг/л ионов магния, также получаем еще 1375-1557 мг/л хлорид-ионов;

- для содержания ионов кальция добавим 0,6-0,7 г CaCl₂, что позволит получить 216-252 мг/л ионов кальция и добавить к уже имеющимся хлоридам 384-448 мг/л хлорид-ионов, итого получаем 1759-2005 мг/л хлоридов-ионов, и для создания полноценного варианта морской воды не хватает 8741-8995 мг/л хлорид-ионов, что достигается введением в модельный раствор 14,4-14,8 г NaCl, и получаем общее количество хлорид-ионов 10485-10972 мг/л и ионов натрия 5674-5831 мг/л;

- общая минерализация в искусственной воде составит 18339-19384 мг/л, что примерно соответствует морской воде Черного моря.

Для приготовления 1 л морской воды в лабораторных условиях необходимо растворить в 1 л воды: 3,08-3,70 г MgSO₄·7H₂O (эквивалент 1,50-1,80 г MgSO₄); 3,93-4,45 г MgCl₂·6H₂O (эквивалент 1,83-2,08 г MgCl₂); 0,60-0,70 г CaCl₂; 15,00-15,50 г NaCl. Результаты моделирования различных концентраций морской воды исходя из имеющихся солей представлены в табл. 4.

Таблица 3. Данные качественного состава воды Черного моря
Table 3. Data on the qualitative composition of the Black Sea water

Соли	Содержание солей в воде Черного моря	
	мг/л	% от общей массы
Хлориды Cl ⁻	10500-11000	66-65
Сульфаты SO ₄ ²⁻	1200-1400	8-8,3
Ионы кальция Ca ²⁺	220-250	1,4-1,5
Ионы магния Mg ²⁺	740-900	5-5,3
Гидрокарбонаты HCO ₃ ⁻	213-214	1,3-1,2
Ионы натрия Na ⁺	2500-2850	16,4-16,6
Ионы калия K ⁺	300-350	1,9-2,1
Итого:	15673-16964	66-65

Таблица 4. Навески солей для моделирования различных концентраций солености морской воды
Table 4. Salt samples for modeling different concentrations of salinity of seawater

Соли	Расчетный состав солей в растворе, г/л					
	8	10	12	14	16	20
Сернокислый магний семиводный MgSO ₄ ·7H ₂ O	1,52	1,9	2,29	2,66	3,03	3,81
Хлористый магний шестиводный MgCl ₂ ·6H ₂ O	1,82	2,29	2,76	3,2	3,65	4,58
Хлористый кальций CaCl ₂	0,29	0,36	0,43	0,5	0,58	0,72
Хлористый натрий NaCl	6,47	8,0	9,61	11,16	12,71	15,97

Для определения эффективности опреснения воды, после проведения эксперимента по опреснению искусственной морской воды пропуском ее через мембранный блок установки обратного осмоса, из емкости сбора пермеата отбирали 50 мл полученного фильтрата (пермеата) с помощью пипеток в предварительно взвешенную емкость. После этого проводилось выпаривание исследуемого раствора на водяной бане [11], определялась масса полученной емкости с оставшимися твердыми веществами. Взвешивание пустой емкости, а также емкости после процесса выпаривания производилось на электронных весах. Зная значения массы емкости в чистом виде и получив значения с содержанием твердых частиц, путем простого вычитания одного значения из другого определили содержание примесей в 50 мл отобранной пробы пермеата; путем умножения полученного значения на 20 определяли концентрацию примесей на один литр пермеата, что позволило определить эффективность процесса опреснения. В табл. 5 представлены результаты первичной серии экспериментов по опреснению искусственной морской воды.

Графики эффективности процесса опреснения в зависимости от расхода при различных исходных концентрациях соледождения представлены на рис. 4, а эффективности процесса опреснения в зависимости от давления при различных исходных концентрациях соледождения – на рис. 4, б.

Анализ полученных графиков показал, что с увеличением рабочего давления снижается эффективность опреснения, а с повышением исходного соледождения уменьшается объем пермеата и соответственно растет объем концентрата и его соледождение.

После определения предварительных параметров осуществили переход к двухфакторному планированию эксперимента [12]. Условия проведения эксперимента приведены в табл. 6.

Матрица планирования полного двухфакторного эксперимента, полученные опытные и расчетные данные приведены в табл. 7

По полученным аналитическим выражениям были построены номограммы определения эффекта очистки в зависимости от варьируемого соледождения и изменяемого объема подаваемой воды на опреснение (рис. 5, а), а также график зависимости эффективности очистки от варьируемого соледождения и изменяемого рабочего давления (рис. 5, б).

Полученные технологические параметры процесса опреснения имитационных моделей вод Черного моря позволяют перейти к разработке технологической схемы опреснения реальных вод Черного моря с выявленными параметрами рабочего давления и выявленными соотношениями объемов пермеата и концентрата. Объемы пермеата и необходимое рабочее давление накладывают определенное ограничение на применение опреснительных установок, которые не позволяют получить расходы, необходимые для водоснабжения значительных рекреационных комплексов. Тем не менее небольшие кемпинги, с незначительным потреблением воды, возможно обеспечить опресняемой водой. Еще одним фактором, сдерживающим применение установок опреснения, являются не только значительные величины потребляемой электроэнергии, но и значительные объемы сбрасываемых концентратов [13, 14].

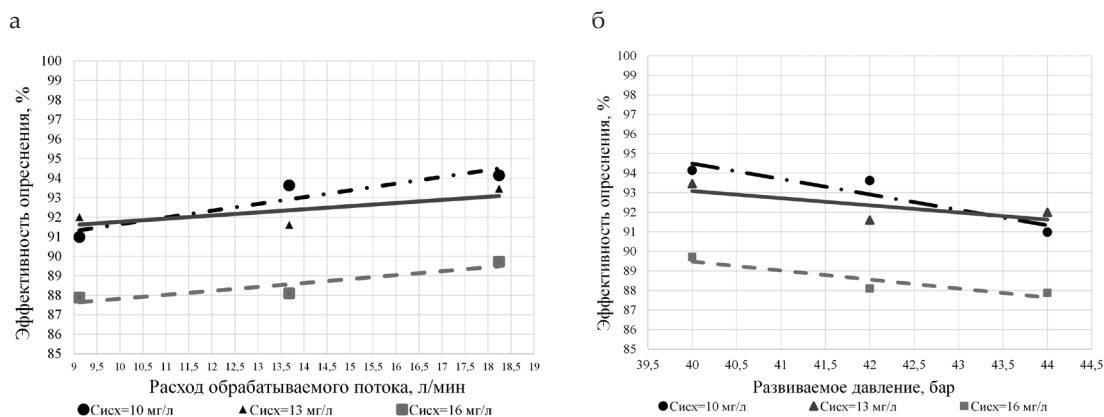


Рис. 4. Графики зависимости эффективности опреснения:

а – от расхода подаваемого потока для трех значений концентраций исходного соледождения;

б – от подаваемого давления для трех значений концентраций исходного соледождения

Fig. 4. Graphs of the dependence of the desalination efficiency:

а – on the flow rate of the supplied stream for three values of the initial salinity concentrations;

б – on the supplied pressure for three values of the initial salinity concentrations

Таблица 5. Результаты первичной серии экспериментов
Table 5. Results of the initial series of experiments

№ опыта	Объем модельного раствора V, л	Исходное солесодержание в модельном растворе $C_{исх}$, г/л	Q, %	Давление подаваемого потока на мембрану P, МПа	Временной период действия установки t , мин	Объем полученного пермеата $V_{перм}$, мл	Солесодержание в полученном пермеате C, г на 50 мл отобранной пробы	Солесодержание в полученном пермеате C, г на 1000 мл	Эффективность опреснения Э, %
1	10	10	24	44	10	170	0,0451	0,902	90,98
2	10	10	36	42	10	195	0,0319	0,638	93,62
3	10	10	48	40	10	210	0,0293	0,586	94,14
4	10	13	24	44	10	150	0,0520	1,04	92,00
5	10	13	36	42	10	180	0,0546	1,092	91,60
6	10	13	48	40	10	190	0,0425	0,85	93,46
7	10	16	24	44	10	120	0,0970	1,94	87,88
8	10	16	36	42	10	135	0,0952	1,904	88,10
9	10	16	48	40	10	140	0,0823	1,646	89,71

Таблица 6. Основные характеристики плана эксперимента
Table 6. Results of the initial series of experiments

Показатель	Первая серия экспериментов		Вторая серия экспериментов	
Характеристика	X_1	X_2	X_1	X_2
Основной уровень	13	13,68	13	42
Интервал варьирования	3	4,56	3	2
Верхний уровень	16	18,24	16	44
Нижний уровень	10	9,12	10	40

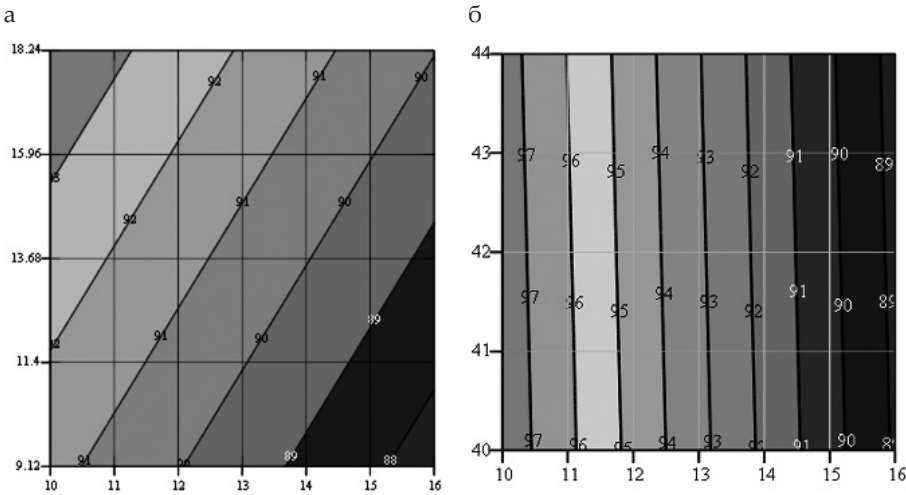


Рис. 5. Контурные графики зависимости эффективности опреснения:
а – при переменных концентрациях солесодержания и переменных значениях расхода подаваемой воды;
б – при переменных концентрациях солесодержания и переменных значениях давления
Fig. 5. Contour graphs of the dependence of desalination efficiency:
а – at variable concentrations of salinity and variable values of the flow rate of supplied water;
б – at variable concentrations of salinity and variable pressure values

Таблица 7. Матрица планирования, опытные и расчетные данные
Table 7. Planning matrix, experimental and calculated data

№ опыта	X_0	План		Соле­содержание C, г/л	Подаваемый расход Q, %	Опытные значения эффекта очистки, %			Расчетные значения	
		X_1	X_2			Y_1	Y_2	Y	S_i^2	Y^p
Первая серия экспериментов										
1	1	-1	-1	10	9,12	90,38	91,58	90,98	0,72	91,3125
2	1	1	-1	16	9,12	87,18	88,58	87,88	0,98	87,5475
3	1	-1	1	10	18,24	93,44	94,84	94,14	0,98	93,8075
4	1	1	1	16	18,24	89,21	90,21	89,71	0,5	90,0425
Вторая серия экспериментов										
	X_0	X_1	X_2	Соле­содержание C, г/л	Расчетное давление, МПа	Y_1	Y_2	Y	S_i^2	Y^p
1	1	-1	-1	10	40	96,19	97,53	96,86	0,905858	97,56
2	1	1	-1	16	40	90,49	88,93	89,71	1,2168	88,795
3	1	-1	1	10	44	98,93	97,59	98,26	0,8978	97,56
4	1	1	1	16	44	87,19	88,57	87,88	0,9522	88,795

Таблица 8. Сводные результаты серии экспериментов
Table 8. Summary results of a series of experiments

Показатель	Значение показателей для серии опытов	
	№1	№2
Расчетное значение критерия Кохрена G_p	0,308	0,306
Табличное значение критерия Кохрена $G_{табл}$	0,9065	0,9065
Ошибка опыта S_0^2	0,8	0,99
Расчетные значения коэффициентов регрессии b_i :		
b_0	90,6775	93,1775
b_1	-1,8825	-4,3825
b_2	1,2475	-0,1075
Дисперсия коэффициентов S_{bi}^2	0,2	0,248
Доверительный интервал $S_{bi} \cdot t$	1,24	1385
Функция отклика (математическая модель)	$Y = 90,68 - 1,88X_1 + 1,25X_2$	$Y = 93,1775 - 4,3825X_1 - 0,1075X_2$
Расчетные значения функции отклика Y_i :		
Y_1^p	91,3125	97,6675
Y_2^p	87,5475	88,9025
Y_3^p	93,8075	97,4525
Y_4^p	90,0425	88,6875
Дисперсия адекватности $S_{ад}^2$	0,8844	2,60823
Расчетное значение критерия Фишера F_p	1,1	2,62
Табличное значение критерия Фишера F_t	7,71	6,94
Уравнение регрессии	$y = 90,6775 - 1,8825 \times ((x_1 - 13) / 3) + 1,2475 \times ((x_2 - 13,68) / 4,56) = 95,0925 - 0,6275x_1 + 0,2736x_2$	

Выводы. 1. Рассмотрены технологические возможности лабораторного модуля ROUK от компании Edibon.

2. Представлена методика приготовления искусственной морской воды, имитирующей состав воды Черного моря.

3. Показаны результаты предварительных экспериментов по определению технологических параметров: рабочего давления, соле-содержания, подаваемой воды на опреснительную установку, объемов и концентраций пермеата и концентрата.

4. Выполнен переход к двухфакторному планированию с проведением экспериментов и обработкой экспериментальных данных с получением аналитических выражений и построением поверхностей отклика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Котовская Е.Е., Теплых С.Ю. Определение эффективности очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений на примере г. Симферополя // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 35–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.7.

2. Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Горшкалев П.А., Гайдайчук М.Г. Разработка модульных комплексов очистки воды Северо-Крымского канала для полива сельскохозяйственных культур // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, №1. С. 34–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.05.

3. Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Горшкалев П.А. Совершенствование технологии очистки питьевой воды на водопроводных очистных сооружениях Чернореченского водохранилища в паводковый период // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, №3. С. 49–54. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06.

4. Николенко И. В., Котовская Е.Е., Король И.В. Пути повышения энергетической эффективности при опреснении морской воды по технологии обратного осмоса // Экономика строительства и природопользования. 2017. № 3(64). С. 80–87.

5. Боронина Л.В. Теоретические вопросы обратного осмоса и адсорбции при очистке многокомпонентных растворов // Градостроительство и архитектура. 2013. №2 (10). С. 54–60.

6. Николенко И. В., Котовская Е.Е., Луд Н.В. Анализ влияния качественного состава питьевых вод в Республике Крым на здоровье населения // Строительство и техногенная безопасность. 2022. Вып. 27(79). С. 125–143.

7. Захаров Р. Ю., Волкова Н.Е., Подовалова С.В. Оценка качества подземных вод Черноморского района // Экономика строительства и природопользования. 2022. № 1–2(82–83). С. 158–167.

8. Устройство обратного осмоса / ультрафильтрация [Электронный ресурс]. URL: <https://advtechno.ru/food-water/food-basic/rouc/> (дата обращения: 31.08.2024).

9. Справочное издание. Проект «Моря СССР» Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Техническая книга, 1991. 426 с.

10. Получение воды питьевого качества для населенных пунктов Черноморского побережья / В. В. Бирюк, М. Ю. Анисимов, П. А. Горшкалев, Теплых С.Ю., Шершакова А.А. // Вестник Международной академии холода. 2019. №4. С. 26–31. DOI 10.17586/1606-4313-2019-18-4-26-31.

11. Кульский Л.А., Горановский И.Т., Когановский Л.М., Шевченко М.А. Справочник по методам анализа и очистки воды. Киев: Наукова думка, 1980. 1205 с.

12. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды. М.: Изд-во АСВ, 2003. 230 с.

13. Николенко И. В., Котовская Е.Е., Фурасов А.В. Экологические проблемы опреснения обратным осмосом // Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды: сб. ст. Уфа, 2018. С. 143–156.

14. Первов А. Г., Андрианов А.П., Головесов В.А. Современные решения по опреснению морской и подземной воды: сокращение энергозатрат и утилизация концентратов // Строительство и техногенная безопасность. 2019. Вып. 15(67). С. 169–187.

REFERENCES

1. Strelkov A. K., Kotovskaya E.E., Teplykh S.Yu. Determination of the effectiveness of water purification from surface sources of centralized water supply from organic pollutants on the example of Simferopol. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 3(28). pp. 35–45. (in Russian) DOI 10.17673/Vestnik.2017.03.7

2. Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Gorshkalev P.A., Gaydaychuk M.G. Development of Modular Cleaning Complexes Water of the North Crimea Canal for Watering Agricultural Crops. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 34–45. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.05

3. Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Gorshkalev P.A. Improving the technology of drinking water purification at the water treatment facilities of the Chernorechensk reservoir during the flood period. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2024. vol.14, no. 3, pp.49–54. (in Russian) DOI: DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06

4. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Korol I.V. Ways to increase energy efficiency in the desalination of seawater using reverse osmosis technology. *Economica stroitel'stvo i prirodoopol'zovanie: sb. nauch. trudov. Simferopol': ASiA*» [Economics of construction and environmental management: Sat. scientific works. Simferopol: ASiA], 2017, iss. 3(64), pp. 80–87. (In Russian).

5. Boronina L.V. Surface sources of centralized Drinking water supply: their purification from biocontamination and purification efficiency determination (with the city of Simferopol taken as an example). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, vol. 3, no. 2, pp. 54–60. (in Russian)

6. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Lud N.V. Analysis of the influence of the qualitative composition of drinking water in the Republic of Crimea on public health. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and technogenic safety], 2022, no. 27(79), pp. 125–143. (in Russian)

7. Zakharov R.Yu., Volkova N.Ye., Podovalova S.V. Assessment of the quality of groundwater in the Chernomorsky region. *Economica stroitel'stvo i prirodozovnanie: sb. nauch. trudov. Simferopol': ASiA* [Economics of construction and environmental management: Scientific works. Simferopol: ASiA], 2022, iss. 1–2, pp. 82–83. (In Russian).

8. Reverse Osmosis/ Ultrafiltration device. Available at: <https://adv-techno.ru/food-water/food-basic/rouc/> (accessed 24 July 2024).

9. *Spravochnoe izdanie. Proekt «Morja SSSR» Gidrometeorologija i gidrokhimija morej SSSR. Tom IV. Chernoe more. Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie uslovija* [Reference edition. Project “Seas of the USSR” Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Volume IV. Black Sea. No. 1. Hydrometeorological conditions]. Leningrad, Technical Book, 1991. 426 p.

10. Biryuk V.V., Anisimov M.Yu., Gorshkalev P.A., Teplykh S.Yu., Shershakova A.A. Obtaining drinking water for settlements of the Black Sea coast. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda* [Bulletin of the International Academy of Cold], 2019, no. 4, pp. 26–31. (in Russian) DOI 10.17586/1606-4313-2019-18-4-26-31

11. Kul'sky L.A., Goranovsky I.T., Koganovsky L.M., Shevchenko M.A. *Spravochnik po svoystvam metodam analiza i ochistki vody v 2-h chastjah* [Handbook of properties of methods of analysis and purification of water in 2 parts]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1980. 1205 p.

12. Kichigin V.I. *Modelirovanie processov ochistki vody* [Modeling of water treatment processes]. Moscow, ASV, 2003. 230 p.

13. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Furasov A.V. Environmental problems of reverse osmosis desalination. *Vodosnabzhenie, vodoootvedenie i sistemy zashchity okruzhajushhej sredy: sbornik statei* [Water supply, water disposal and environmental protection systems: collection of articles]. Ufa, 2018, pp. 143–156. (In Russian).

14. Pervov A.G., Andrianov A.P., Golovesov V.A. Modern solutions for desalination of seawater and groundwater: reduction of energy consumption and utilization of concentrates. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and technogenic safety], 2019, no. 15(67), pp.169–187. (in Russian)

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

КОТОВСКАЯ Елена Евгеньевна

старший преподаватель кафедры инженерных систем в строительстве Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295050, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 181 E-mail: elevkot@gmail.com

KOTOVSKAYA Elena Ev.

Senior Lecturer of the Engineering Systems in Construction Chair Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky 295050, Russia, Simferopol, Kievskaya st., 181 E-mail: elevkot@gmail.com

КОРОЛЬ Илья Владимирович

инженер по водоснабжению отдела обследований и изысканий ООО «РТГК-ЦЕНТР» 295050, Россия, г. Симферополь, ул. Никонорова, 11 E-mail: elijah.etc@mail.ru

KOROL Ilya V.

Engineer of the Water Supply, Survey and Survey Division LLC RTGK-CENTER 295050, Russia, Simferopol, Nikonorova st., 11 E-mail: elijah.etc@mail.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Король И.В. Определение технологических параметров процесса опреснения вод Черного моря с использованием лабораторного модуля обратного осмоса – ROUK // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 82–91. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.12.

For citation: Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Korol I.V. Determination of technological parameters of the Black sea desalination process using the laboratory reverse osmosis module – ROUK *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 82–91. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.12.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ



УДК 691.5

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.13

М. С. БАЛАБАНОВ
А. С. ЛЕОНЕНКО

ВЛИЯНИЕ ЖИДКОГО ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

INFLUENCE OF LIQUID WASTE FROM PROCESSING WOOD-SHAVINGS BOARDS ON THE WATER REQUIREMENT OF CEMENT TASTE PASTE

Статья посвящена рассмотрению возможности применения отходов переработки древесно-стружечных плит (ДСП), и применения этих отходов в строительной промышленности, в частности при приготовлении бетонных смесей. В качестве используемого отхода рассматривается жидкость, остающаяся после мокрого помола шнековыми мельницами. В процессе замачивания древесных плит происходит вымывание/насыщение воды веществами, их составляющими, т. е. формальдегидом, который является компонентом связующей смолы, и лигнином, который является основным компонентом древесины. И то и другое вещество используется как основа для производства пластифицирующих добавок, поэтому их наличие в водной вытяжке будет способствовать изменению реологических свойств цементного теста. Для подтверждения этого предположения проводились исследования цементного теста при помощи прибора Вика с пестиком на различных видах цемента. После чего строились графики изменения подвижности и оценивался пластифицирующий эффект.

Ключевые слова: древесно-стружечные плиты, цементное тесто, мокрый помол, прибор Вика, нормальная густота, лигнин, формальдегид, переработка, отходы, пластификатор

This article is devoted to considering the possibility of using waste from processing particle boards, and the use of these wastes in the construction industry, in particular in the preparation of concrete mixtures. The liquid remaining after wet grinding, screw mills, and chipboards is considered as the waste used. In the process of soaking wood boards, water is washed out/saturated with their constituent substances, that is, formaldehyde, which is a component of the binder resin, and lignin, which is the main component of wood. Both substances are used as the basis for the production of plasticizing additives, so their presence in the aqueous extract will contribute to a change in the rheological properties of the cement. To confirm this assumption, studies of cement paste were carried out using a Vicat device with a pestle on various types of cement. After that, graphs of changes in mobility were plotted and the plasticizing effect was assessed.

Key words: Particle boards, cement paste, wet grinding, Vicat device, normal density, lignin, formaldehyde, recycling, waste, plasticizer

Приготовление бетонов на данный момент невозможно представить без применения различных добавок, которые влияют как на реологические характеристики бетонной смеси, так и на физико-механические свойства затвердевших бетонов. Перечень подобных добавок ве-

лик: противоморозные, воздухововлекающие, гидрофобизирующие, добавки ускорители и замедлители твердения, стабилизирующие, пластифицирующие и др. Одними из важнейших в этом списке являются пластифицирующие добавки, которые влияют не только на

подвижность бетонной смеси и расход цемента, снижение трудозатрат при укладке, но и на качество готового, затвердевшего бетона [1–5].

Основой для производства современных пластификаторов являются лигносульфонаты и поликарбоксилаты. Первые являются отходом при производстве целлюлозно-бумажной промышленности, а вторые получают полимеризацией различных химических соединений, содержащих карбоксильные группы ($-\text{COOH}$).

В то же время каждый день на мусорных площадках и свалках появляются всё новые и новые отходы мебели, мебельные щиты и просто ненужные листы древесно-стружечных плит (ДСП).

Наиболее часто используемым методом их утилизации является захоронение на открытых мусорных полигонах, где древесно-стружечные плиты разлагаются под действием внешних факторов: дождь, снег, солнечный свет, холод, при этом выделяя вредные вещества – формальдегиды, являющиеся основой связующего вещества, которые, попадая в почву, отравляют её. Переработке подвергается только брак производства: использованные древесно-стружечные плиты перерабатывают путем сухого помола с последующим прессованием в брикеты и сжиганием, при котором так же как и при утилизации на полигонах, происходит выделение вредных веществ. Наиболее эффективным, на наш взгляд, является мокрый помол в шнековых мельницах (рис. 1), с предварительным сухим дроблением до размера $5,0 \times 5,0$ см [6].

Но этот способ получения стружки из ДСП имеет один важный недостаток: при мокром помоле древесно-стружечные плиты не-

обходимо выдерживать в воде, для того чтобы снизить адгезию и частично разложить смолы, связывающие опилки. При этом часть вредных веществ, содержащихся в вяжущем, переходит в воду, которая также является отходом. Принимая во внимание тот факт, что большую часть древесины составляет лигнин, который является основой таких пластификаторов, как лигносульфонаты, а формальдегид, растворенный в воде, используется при производстве поликарбоксилатов, можно предположить, что полученный при мокром помоле раствор либо является пластификатором, либо основой для их производства [7].

Для оценки пластифицирующего эффекта отхода переработки древесно-стружечных плит было выбрано три вида цемента:

- ЦЕМ 0 42,5 Вольского завода АО «ВОЛГА ЦЕМЕНТ»;
- ЦЕМ I 42,5 ООО «Сенгилеевский цементный завод»;
- ЦЕМ II/A-II 42,5Н (с известняком до 20 %) ООО «Цементум Вольск».

В качестве жидкости затворения использовалось три вида жидких отходов, полученных при переработке ДСП:

- при 3-суточной выдержке ДСП в воде;
- при 7-суточной выдержке ДСП в воде;
- при 14-суточной выдержке ДСП в воде.

При подготовке (выдержке) дробленых древесно-стружечных плит к мокрому помолу выбрано соотношение ДСП / вода – 1/4. Причем для исследований брались древесно-стружечные плиты с разной степенью эмиссии формальдегида E1 при содержании его от 4 до 8 мг/100 г плиты и эмиссией от 0,08 до 0,124 мг/м³ воздуха, E2 при

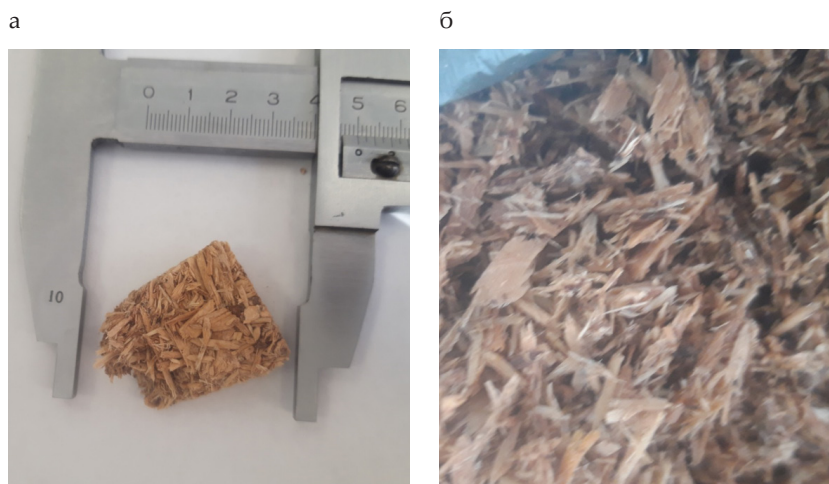


Рис. 1. Этапы переработки ДСП:
а – дробление до крупности 50×50 мм; б – результат помола в шнековой мельнице

Fig. 1. Stages of chipboard processing:
а – crushing to the size of 50×50 mm; б – result of grinding in a screw mill

содержании формальдегида от 8 до 20 мг/100 г плиты и эмиссией от 0,124 до 0,5 мг/м³ воздуха (ГОСТ 10632-2014 «Плиты древесно-стружечные»).

После необходимого времени выдержки проводились испытания по определению нормальной густоты цементного теста, при этом фиксировались промежуточные значения погружения пестика прибора Вика и определялось изменение его реологических характеристик для каждого из видов цемента и для жидкостей затворения, полученных из ДСП с эмиссией E1 (рис. 2–4) и E2 (рис. 5–7).

Проводя анализ представленных выше графиков, можно сказать, что применение в качестве жидкости затворения отходов переработки ДСП мокрым помолом для цементов марки ЦЕМ II 45,2Н малоэффективно, некоторый результат наблюдается только для жидкостей после выдержки древесно-стружечных плит в воде в течение 14 суток. В остальных случаях применения жидкости затворения (при выдержке 3 и 7 суток) изменения пластичности цементного теста нет. Предполагаемой причиной отсутствия эффекта может быть наличие в данном цементе добавок, нейтрализующих действие веществ, которые увеличивают пластичность цементного теста, и лишь в случае когда их концентрация в жидкости затворения возрастает, можно наблюдать небольшой ожидаемый эффект (см. рис. 2 и 5). Кроме того, стоит отметить, что при применении жидкости для затворения, полученной из ДСП с маркой эмиссии формальдегида E2, этот эффект более заметен (см. рис. 5).

Рассматривая влияние исследуемой жидкости затворения на пластичность теста, изготовленного на цементе ЦЕМ I 45,2, необходимо

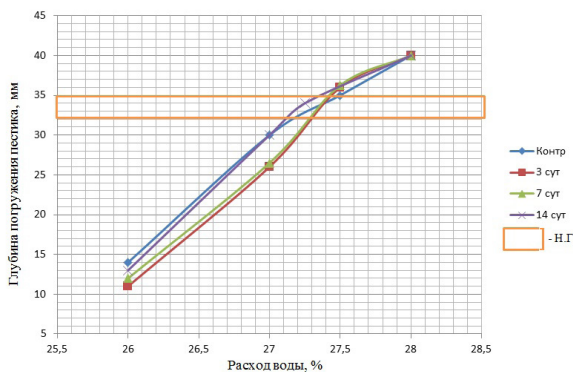


Рис. 2. Изменение подвижности цементного теста на основе ЦЕМ II 45,2Н и жидкости затворения, полученной при вымачивании ДСП с E1 в течение 3, 7 и 14 суток

Fig. 2. Change in the Mobility of Cement Paste Based on CEM II 45,2N and Hardening Fluid Obtained by Soaking Chipboard with Ye1 for 3, 7 and 14 Days

отметить, что наиболее эффективными в области пластифицирующего эффекта выглядят результаты, полученные при выдержке ДСП

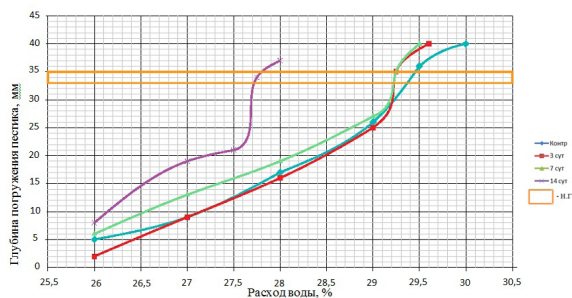


Рис. 3. Изменение подвижности цементного теста на основе ЦЕМ I 45,2 и жидкости затворения, полученной при вымачивании ДСП с E1 в течение 3, 7 и 14 суток

Fig. 3. Change in the Mobility of Cement Paste Based on CEM I 45,2 and Hardening Fluid Obtained by Soaking Chipboard with Ye1 for 3, 7 and 14 Days

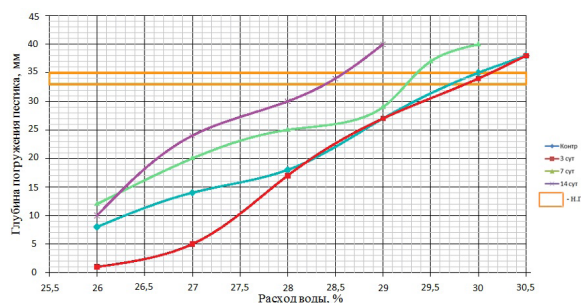


Рис. 4. Изменение подвижности цементного теста на основе ЦЕМ 0 45,2 и жидкости затворения, полученной при вымачивании ДСП с E1 в течение 3, 7 и 14 суток

Fig. 4. Change in the mobility of cement based on CEM 0 45,2 and hardening fluid obtained by soaking chipboard with Ye1 for 3, 7 and 14 days

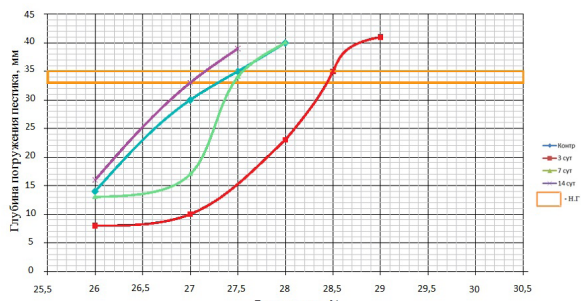


Рис. 5. Изменение подвижности цементного теста на основе ЦЕМ 2 45,2Н и жидкости затворения, полученной при вымачивании ДСП с E2 в течение 3, 7 и 14 суток

Fig. 5. Change in the mobility of cement paste based on CEM 2 45,2N and hardening fluid obtained when soaking chipboard with Ye2 for 3, 7 and 14 days

в воде в течение 14 суток при использовании плит с маркой эмиссии E1 (см. рис. 3), и 3, 7 и 14 суток при использовании плит с маркой эмиссии E2 (см. рис. 6). Анализируя графики, можно предположить, что при затворении жидкостями данного вида вяжущего эффект становится заметным при достижении определенной концентрации и кривые круто идут вверх. Видимо, наличие добавок в самом цементе каким-то образом, до достижения определенной концентрации, сдерживает/нейтрализует вещества, содержащиеся в жидкости затворения, положительно влияющие на изменение пластичности цементного теста. Отсюда и резкий скачок, который виден на графиках, показывающих пластичность цементного теста.

Оценивая графики изменения пластичности теста, полученные на основе использования цемента ЦЕМ 0 45,2, можно сказать, что наилучший эффект наблюдается для жидкостей затворения: полученных из ДСП марки

по эмиссии E1, выдержанной в течение 7 и 14 суток (см. рис. 4), и полученных из ДСП марки по эмиссии E2, выдержанной в течение 3, 7 и 14 суток (см. рис. 7). Причем наилучший эффект наблюдается для жидкости из ДСП с маркой E2, разница в полученных результатах минимальна для всех жидкостей вне зависимости от времени выдержки. Количества жидкости затворения для достижения нормальной густоты требуется на 2–2,5 % меньше, чем при использовании обычной воды. В то же время применение жидкости из ДСП E1, выдержанных 7 и 14 суток, позволило снизить расход жидкости затворения на 0,5–1,5 %.

Оценивая общий вид и поведение построенных кривых, необходимо отметить, что наибольший пластифицирующий эффект наблюдается с бездобавочным цементом, а присутствие минеральных активных добавок в цементе снижает эффективность действия предполагаемого пластификатора.

Выводы. 1. Применение жидкостей, полученных в результате вымачивания древесно-стружечных плит в качестве воды затворения, возможно и оправданно, так как при ее применении снижается количество требуемой жидкости для достижения цементным тестом нормальной густоты для всех видов цементов, хотя и в разной степени.

2. Наибольший эффект наблюдался при использовании жидкости, полученной при выдержке ДСП в течение 14 суток.

3. Необходимо:

а) провести химический или вещественный анализ данных жидкостей, чтобы более четко представлять механизм их взаимодействия с цементом;

б) оценить действие на растворы и бетоны, что позволит понять, каким образом жидкость взаимодействует с заполнителями и какой эффект будет достигнут;

в) оценить возможность модификации при минимальных затратах для усиления пластифицирующего эффекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Л.А. Алимов, Воронин В.В. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: АСВ, 2016. 172 с.
2. Изотов В.С., Сомолова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Казан. гос. арх.-строит. ун-т, 2006. 244 с.
3. Тараканов О.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. Химические добавки в растворы и бетоны. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. 168 с.
4. Низина Т.А., Коровкин Д.И., Балыков А.С., Володин В.В. Анализ изменения упруго-прочностных

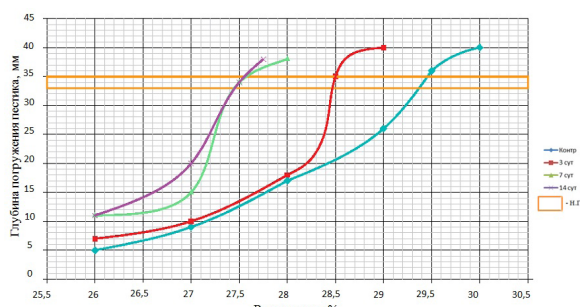


Рис. 6. Изменение подвижности цементного теста на основе ЦЕМ 1 45,2 и жидкости затворения, полученной при вымачивании ДСП с E2 в течение 3, 7 и 14 суток

Fig. 6. Change in the mobility of cement based on CEM 1 45,2 and hardening fluid obtained by soaking chipboard with Ye2 for 3, 7 and 14 days

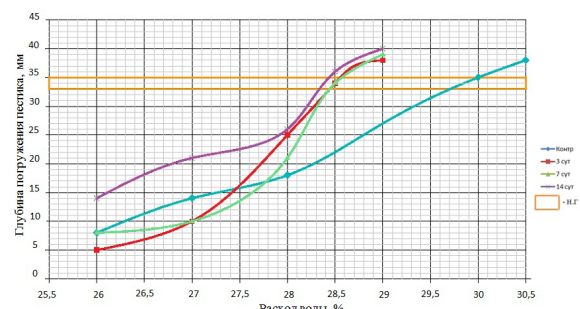


Рис. 7. Изменение подвижности цементного теста на основе ЦЕМ 0 45,2 и жидкости затворения, полученной при вымачивании ДСП с E2 в течение 3, 7 и 14 суток

Fig. 7. Change in the mobility of cement based on CEM 0 45,2 and hardening fluid obtained by soaking chipboard with Ye2 for 3, 7 and 14 days

характеристик модифицированных и немодифицированных мелкозернистых бетонов в зависимости от их влажностного состояния и температуры испытания // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №1. С.71–78. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.12.

5. Шейнфельд А.В., Каприелов С.С., Чилин И.А. Влияние температуры на параметры структуры и свойства цементных систем с органоминеральными модификаторами // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7. №1. С.58–63. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.10.

6. Балабанов М.С., Демидов Р.В., Чикноворян А.Г. Оптимальные способы дробления ДСП для вторичной переработки // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: сб. статей / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара, 2023. С.740–749.

7. Теоретические основы получения древесно-гипсовых композитов с заданными эксплуатационными свойствами/ А.А. Лукаш, Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, К.А. Литвинчев, О.Н. Чернышев; Брянск. гос. инж.-технол. ун-т, Уральск. гос. лесотех. ун-т. Курск: Университетская книга, 2023. 109 с.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M., L.A. Alimov, Voronin V.V. *Tehnologiya betona, stroitel'nyh izdelij i konstrukcij* [Technology of concrete, building products and structures]. Moscow, ASV, 2016. 172 p.

2. Izotov V.S., Somolova Ju.A. *Himicheskie dobavki dlja modifikacii betona* [Chemical additives for concrete modification]. Moscow, Kazan. state. arch. construction un-t, Paleotype, 2006. 244 p.

3. Tarakanov O.V., Erofeev V.T., Smirnov V.F. *Himicheskie dobavki v rastvory i betony* [Chemical additives in solutions and concretes]. Moscow, Vologda, Infra-Engineering, 2023. 168 p.

4. Nizina T.A., Korovkin D.I., Balykov A.S., Volodin V.V. Analysis of changes in the elastic-strength characteristics of modified and unmodified fine-grained concretes depending on their wet state and test temperature. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 71–78. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.12

5. Sheinfeld A.V., Kaprielov S.S., Chilin I.A. Influence of temperature on the structural parameters and properties of cement systems with organomineral modifiers. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 1, pp. 58–63. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.10

6. Balabanov M.S., Demidov R.V., Chiknovoryan A.G. Optimal methods for crushing chipboard for recycling. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tehnologii: sb. statej / pod red. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction and building technologies: Sat. articles/ed. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova]. Samara, 2023, pp. 740–749. (In Russian).

7. Lukash A.A., Lukutsova N.P., Pykin A.A., Litvinchev K.A., Chernyshev O.N. *Teoreticheskie osnovy polucheniya drevesnogipsovykh kompozitov s zadannymi jeks-pluatsionnymi svojstvami* [Theoretical foundations for obtaining wood gypsum composites with given exposure properties]. Bryansk. state engineering. un-t, Uralsk. state. forestry. un-t. Kursk: University Book, 2023. 109 p.

Об авторах:

БАЛАБАНОВ Михаил Сергеевич

старший преподаватель кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: bms-796@rambler.ru

BALABANOV Mikhail S.

Senior Lecturer of the Construction Materials, Products and Structures Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: bms-796@rambler.ru

ЛЕОНЕНКО Александра Сергеевна

кандидат технических наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: leonenko_as@mail.ru

LEONENKO Alexandra S.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Metal and Wooden Structures Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: leonenko_as@mail.ru

Для цитирования: Балабанов М.С., Леоненко А.С. Влияние жидкого отхода переработки древесно-стружечных плит на водопотребность цементного теста // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 92–96. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.13.

For citation: Balabanov M.S., Leonenko A.S. Influence of liquid waste from processing wood-shavings boards on the water requirement of cement taste paste. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 92–96. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.13.

Н. Г. ЧУМАЧЕНКО
В. В. ТЮРНИКОВ

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЛЕГКОПЛАВКОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

DEVELOPMENT OF COMPOSITION OF LOW-MELTING ADDITIVE
FOR REDUCTION OF CERAMIC MATERIALS FIRING TEMPERATURE

Приведены результаты обоснования и экспериментальных исследований, направленных на снижение температуры обжига керамических материалов за счет применения комплексной легкоплавкой добавки. Установлен состав, обеспечивающий образование легкоплавкой эвтектики. Определены компоненты для формирования легкоплавкого расплава. Установлено, что для снижения температуры образования легкоплавкого расплава на основе глинистого сырья необходима комплексная добавка, содержащая оксиды FeO, Na₂O, SiO₂ и органику в нужном соотношении. Разработан состав комплексной легкоплавкой добавки, содержащей: пиритные огарки, силикат-глыбу, кремнегель и уголь. Проведена апробация разработанной комплексной добавки, обеспечивающей повышение прочности керамического черепка при снижении температуры обжига.

Ключевые слова: глинистое сырье, добавка, комплексная добавка, диаграммы состояния, снижение температуры обжига, керамические материалы, спекание

The results of substantiation and experimental researches aimed at reduction of temperature of burning of ceramic materials due to application of complex fusible additive are presented. Composition providing formation of low-melting eutectic is established. Components for formation of fusible melt are determined. It was found that in order to reduce the temperature of formation of a fusible melt based on clay raw materials, a complex additive containing FeO, Na₂O, SiO₂ oxides and organics in the required ratio is needed. A composition of a complex low-melting additive containing: pyrite cinders, silicate blocks, silica gel and coal has been developed. The developed complex additive was tested to increase the strength of the ceramic tile while reducing the firing temperature.

Keywords: clay raw material, additive, complex additive, state diagrams, reduction of firing temperature, ceramic materials, sintering

Производство керамических материалов и изделий, таких как керамический кирпич, керамическая плитка, керамическая черепица, базируется на использовании глинистого алюмосиликатного сырья.

С учетом, с одной стороны, снижения кондиционности глин [1] и расширения требований к керамическим материалам, а с другой – наличие разнообразных природных материалов и техногенных отходов, производство керамических материалов и изделий ориентируется на применение многокомпонентных шихт [2, 3].

Исследовано влияние различных добавок на свойства глиняной массы [4], на процессы, протекающие при высокотемпературном обжиге [5]. Актуальным является применение плавней [6, 7] и комплексных модифицирующих добавок [8] для улучшения спекания.

Формирование прочного керамического черепка происходит за счет жидкостного спекания. Степень спекания зависит от количества образующегося при обжиге расплава.

Прогнозировать динамику образования расплава в гомогенных многокомпонентных алюмосиликатных системах позволяет расчетный метод [9, 10], базирующийся на известных тройных диаграммах состояния [11].

По химическому составу глинистого сырья можно определить начало образования расплава и его количество. Самый легкоплавкий расплав в алюмосиликатных системах образуется в системе SiO₂ – Al₂O₃ – K₂O при температуре 710 °C (рис. 1). При отсутствии щелочных компонентов расплав может образоваться при температуре выше 1073 °C.

В химическом составе большинства легкоплавких глин присутствует незначительное коли-

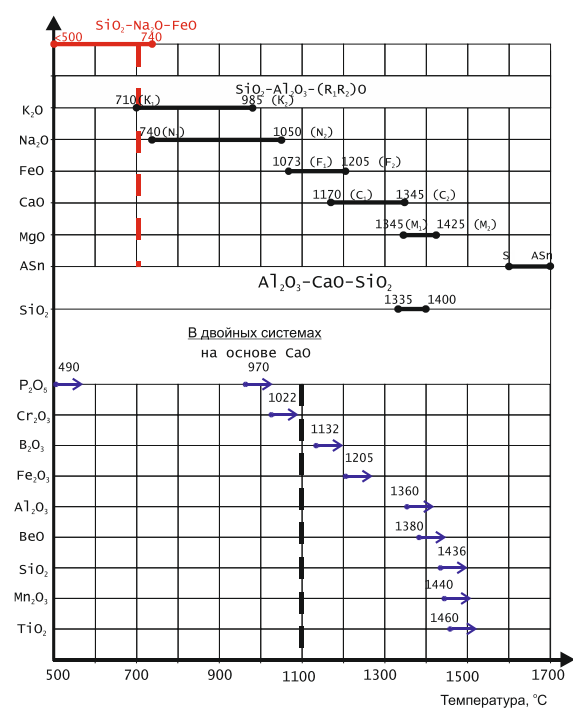


Рис. 1. Температуры и последовательность образования легкоплавких эвтектик
Fig. 1. Temperatures and sequence of formation of low-melting eutectics

чество K_2O и Na_2O , что не обеспечивает нужной степени спекания.

Для повышения прочности керамических материалов за счет жидкостного спекания при низких температурах применена известная информация по составам двойных и тройных легкоплавких эвтектик изученных систем из оксидов, входящих в состав глинистого сырья [11].

Если в алюмосиликатном глинистом сырье первичный расплав может образоваться при $710^{\circ}C$, то в системе $FeO - Na_2O - SiO_2$ эвтектический расплав может образоваться при температуре менее $500^{\circ}C$ (см. рис. 1) [11].

В легкоплавких глинах алюмосиликатная основа. Оксид Na_2O может присутствовать в глинах, вероятнее всего, из полевого шпата. Железистый оксид в основном присутствует в виде

оксида железа Fe_2O_3 , а не FeO . То есть в легкоплавких глинах могут присутствовать эти оксиды, но в другом соотношении и на другой основе. Данные обстоятельства объясняют тот факт, что самый легкоплавкий расплав в легкоплавких глинах без корректировки состава может образоваться только при температурах выше $710^{\circ}C$.

Очевидно, что понизить температуру образования легкоплавкого расплава можно только корректировкой состава и не одним компонентом, а комплексной добавкой, содержащей все перечисленные оксиды в нужном соотношении как в самой легкоплавкой эвтектике в системе $FeO - Na_2O - SiO_2$.

В составе комплексной добавки в качестве железосодержащего компонента использованы пиритные огарки, в качестве щелочно-силикатного применена силикат-глыба, роль кремнеземистой добавки выполнял кремнегель, уголь обеспечивал восстановительную среду для окиси железа.

Химические составы глинистого сырья и пиритных огарок приведены в табл. 1.

Используя сведения по химическому составу, процентное содержание пиритных огарок и силикат-глыбы определялось расчетом для получения в системе $SiO_2 - FeO - Na_2O$ эвтектического расплава при температуре менее $500^{\circ}C$.

По литературным данным химический состав кремнегеля должен колебаться от $6SiO_2 \times H_2O$ до $9SiO_2 \times H_2O$ (или в процентном соотношении от 85,7 % SiO_2 и 14,3 % H_2O до 90 % SiO_2 и 10 % H_2O соответственно). Для уточнения и обоснования состава кремнегеля было составлено 5 шихт добавок с учетом изменения SiO_2 в указанных пределах. Все составы обжигались в тиглях в восстановительной среде, которая создавалась слоем угля, при температурах 500, 600 и $700^{\circ}C$. Оценка оптимальности добавки проводилась по степени спекания за счет определения твердости. Значения твердости по шкале Мооса обожженных составов приведены в табл. 2. Все составы частично спеклись только при температуре $700^{\circ}C$.

Наибольшую твердость имел состав № 2. Описанный эксперимент позволил откорректировать состав комплексной легкоплавкой добавки (табл. 3).

Таблица 1. Химический состав материалов
Table 1. Chemical composition of materials

Материал	SiO ₂ своб.	SiO ₂ общ.	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	ППП	Орг. в-ва
Локосовский суглинок	43,00	72,04	12,32	5,00	-	1,59	1,92	3,58	0,34	3,28	0,73
Пиритные огарки	-	20,35	-	-	65,96	4,18	1,68	0,65	-	4,61	2,57

Таблица 2. Влияние состава кремнегеля и температуры обжига на твердость
Table 2. Effect of silica gel composition and firing temperature on hardness

Номер состава	Расчетный химический состав кремнегеля	Температура обжига, °С	Твердость по шкале Мооса
1	94 % SiO ₂ , 6 % H ₂ O	500	-
		600	-
		700	4
2	6SiO ₂ × H ₂ O или 85,7 % SiO ₂ , 14,3 % H ₂ O	500	-
		600	-
		700	4,5
3	7SiO ₂ × H ₂ O или 87,5 % SiO ₂ , 12,5 % H ₂ O	500	-
		600	-
		700	4
4	8SiO ₂ × H ₂ O или 88,89 % SiO ₂ , 11,11 % H ₂ O	500	-
		600	-
		700	4
5	9SiO ₂ × H ₂ O или 90 % SiO ₂ , 10 % H ₂ O	500	-
		600	-
		700	3

Таблица 3. Содержание компонентов в комплексной легкоплавкой добавке
Table 3. Content of components in the complex fusible additive

Компонент комплексной добавки	Содержание компонента, мас. %
Кремнегель	24,59
Силикат-глыба	35,87
Пиритные огарки	38,86
Уголь	0,68

На основании методики [9] было рассчитано количество и температура образования расплава из шихт на основе докосовского суглинка с легкоплавкой добавкой в количестве 6; 10,5; 14,5; 18,5; 35 %. Химический состав докосовского суглинка приведен в табл. 1. Динамика образования расплава для указанных шихт представлена на рис. 2.

Как следует из рис. 2, при достаточной степени гомогенизации в суглинке необходимое количество расплава (более 35 %) может образоваться при температуре более 950 °С. При введении легкоплавкой добавки кривая динамики образования расплава для исследуемых составов смещается в область низких температур. При этом чем больше в составе комплексной добавки, тем больше смещение. Интервал спекания более 100 °С характерен для всех составов, кроме № 6. По этой причине этот состав был исключен для дальнейших исследований. Влияние количества легкоплавкой добавки и температуры обжига на степень спекания

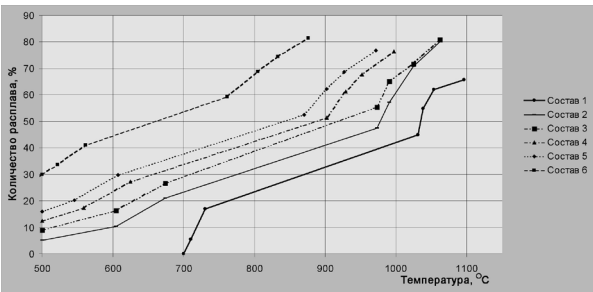


Рис.2. Динамика образования расплавов в составах на основе докосовского суглинка
Состав 1 – сугилка 100 %
Состав 2 – добавки 6%, сугилка 94 %
Состав 3 – добавки 10,5 %, сугилка 89,5 %
Состав 4 – добавки 14,5 %, сугилка 85,5 %
Состав 5 – добавки 18,5 %, сугилка 81,5 %
Состав 6 – добавки 35 %, сугилка 65 %

Fig. 2. Dynamics of melt formation in compositions based on Lokosovsky loam
Composition of 1 % loam 100%
Composition 2 – additive 6%, loam 94%
Composition 3 – additive 10.5%, loam 89.5%
Composition 4 – additive 14.5%, loam 85.5%
Composition 5 – additives 18.5%, loam 81.5%
Composition 6 – additive 35%, loam 65%

было изучено на составах с содержанием легкоплавкой добавки 6; 10,5; 14,5 и 18,5 %.

Для наиболее полного изучения прочностных свойств материала было проведено математическое планирование и статистическая обработка результатов эксперимента.

На основании статистической обработки результатов планирования эксперимента было получено полное квадратичное уравнение регрессии с доверительной вероятностью 0,9. По уравнению определены зависимости изменения прочности от количества добавки и температуры обжига. На рис. 1 видно, что наибольшая прочность характерна для состава, содержащего 10,5 % легкоплавкой добавки при температуре обжига 900 °С. Прочность всех исследуемых составов, обожженных при более низких температурах (700 и 800 °С), значительно ниже. Полученные зависимости можно объяснить количеством образующегося расплава. При введении добавки менее 10,5 % количество эвтектического расплава мало для вовлечения в расплав остатков исходных фаз и для образования прочного каркаса. При увеличении количества добавки более 10,5 % при обжиге образуется слишком много стеклофазы, которая, не успев закристаллизироваться при обжиге, создает непрочную связку.

Проведенный эксперимент позволил выявить оптимальное количество легкоплавкой добавки для докосовского суглинки в количестве 10,5 %.

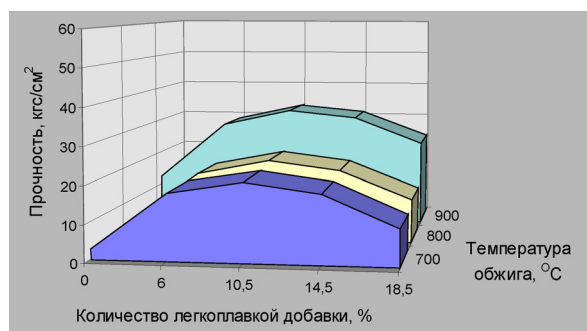


Рис. 3. Влияние количества легкоплавкой добавки и температуры обжига на прочность при сжатии
Fig. 3. Effect of amount of fusible additive and firing temperature compressive strength

Выводы. 1. В результате изучения известных двойных и тройных фазовых диаграмм состояния, включающих все возможные сочетания окислов, которые могут присутствовать в глинах, определена эвтектика, обеспечивающая получение расплава эвтектического состава с температурой плавления менее 500 °С в системе $\text{FeO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$.

2. Установлено, что снизить температуру образования легкоплавкого расплава на основе глинистого сырья можно только корректировкой состава не одним компонентом, а комплексной добавкой, содержащей оксиды FeO (Fe_2O_3), Na_2O , SiO_2 и органику в нужном соотношении.

3. Разработан состав комплексной легкоплавкой добавки, содержащей: силикат-глыбу, кремнегель, пиритные огарки и уголь.

4. Экспериментально установлено оптимальное количество легкоплавкой добавки для докосовского суглинки, обеспечивающее повышение прочности керамического черепка при снижении температуры обжига.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чумаченко Н.Г., Горин В.М., Тюрников В.В., Упорова М.Г. Перспективы производства керамзитового гравия в Самарской области // Строительные материалы. 2022. № 5. С. 34–39. DOI: 10.31659/0585-430X-2022-802-5-34-39.
2. Салахов А.М. Модификация стеновой керамики добавками промышленных отходов и нерудных ископаемых: дис. ... к.т.н. М., 2002. 181 с.
3. Петров В.П., Токарева С.А. Пористые заполнители из отходов промышленности // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 46–53.
4. Макриджанис Я. Влияние особых добавок, используемых в керамической промышленности, на глиняную массу // Строительные материалы. 2018. № 12. С. 10–11.
5. Влияние минерализующих добавок на процессы, протекающие при синтезе корундовой керамики / Р.Ю. Попов, Ф.И. Пантелеенко, А.Н. Шиманская, Е.М. Дятлова, К.Б. Подболотов // Труды БГТУ. 2021. Серия 2. № 2. С. 72–79.
6. Шишакина О.А., Паламарчук А.А. Применение плавней в производстве керамических материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 11. С. 105–109.
7. Исследование спекания облицовочных керамических масс на основе нефелинового шлама / Р.Г. Еромасов, Э.М. Никифорова, Т.В. Ступко, Н.А. Бабицкий, М.Н. Васильева, Н.С. Симонова // Фундаментальные исследования. 2013. № 8 (ч. 4). С. 832–837.
8. Патент РФ № 2518614. Комплексная модифицирующая добавка для производства строительных керамических изделий из малопластичных глин / Клевакин В.А. Опубликовано: 10.06.2014.
9. Чумаченко Н.Г. Метод расчета количества и состава расплава, образующегося в керамических массах при обжиге, с использованием известных диаграмм состояния алюмосиликатных систем // Материалы XXII Российско-польско-словацкого семинара «Теоретические основы строительства». Procedia Engineering. 2014. Т. 91. С. 381–385.
10. Chumachenko N.G., Turnikov V.V., Kuzmin V. Using the calculation method for low-melting clay assessment // MATEC Web of Conferences XXVII R-S-P Seminar. Theoretical Foundation of Civil Engineering. Rostov-on-Don. 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201819604014.
11. Диаграммы состояния силикатных систем: справочник. Вып. 3. Тройные системы / Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский, В.В. Лапин и др. Л.: Наука, Ленинград. отд., 1972. 488 с.
12. Диаграммы состояния силикатных систем: справочник. Вып. 1. Двойные системы / Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский, В.В. Лапин, Н.Н. Курцева. Л.: Наука, 1969. 822 с.

REFERENCES

1. Chumachenko N.G., Gorin V.M., Tyurnikov V.V., Uporova M.G. Prospects for the production of expanded clay gravel in the Samara region. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2022, no. 5, pp. 34–39. (in Russian) DOI: 10.31659/0585-430X-2022-802-5-34-39
2. Salakhov A.M. *Modifikacija stenovoj keramiki dobavkami promyshlennykh othodov i nerudnykh iskopaemykh*. Cand. Diss. [Modification of wall ceramics with additives of industrial waste and non-metallic minerals. Cand. Diss.]. Moscow, 2002. 181 p.
3. Petrov V.P., Tokareva S.A. Porous aggregates from industrial waste. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2011, no. 12, pp. 46–53. (in Russian)
4. Makrijanis J. Influence of special additives used in the ceramic industry on clay mass. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2018, no. 12, pp. 10–11. (in Russian)
5. Popov R.Yu., Panteleenko F.I., Shimanskaya A.N., Dyatlova E.M., Podbolotov K.B. Influence of mineralizing additives on processes occurring during synthesis of corundum ceramics. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2021, iss. 2, no. 2, pp. 72–79. (In Russian).
6. Shishakina O.A., Palamarchuk A.A. Use of smelters in the production of ceramic materials. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Research], 2019, no. 11, pp. 105–109. (in Russian)
7. Eromasov R.G., Nikiforova E.M., Stupko T.V., Babitsky N.A., Vasilyeva M.N., Simonova N.S. Investigation of sintering of facing ceramic masses based on nepheline sludge. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic researches], 2013, no. 8, iss. 4, pp. 832–837. (in Russian)
8. Klevakin V.A. *Kompleksnaya modifizirujushhaya dobavka dlja proizvodstva stroitel'nykh keramicheskikh izdelij iz maloplastichnykh glin* [Complex modifying additive for production of construction ceramic products from low-plastic clays]. Patent RF, no. 2518614, 2014.
9. Chumachenko N.G. Method for calculating the amount and composition of melt formed in ceramic masses during firing using known state diagrams of aluminosilicate systems. *Materialy XXII Rossijsko-pol'sko-slovackogo seminaru «Teoreticheskie osnovy stroitel'stva»*. *Procedia Engineering* [Materials of the XXII Russian-Polish-Slovak seminar "Theoretical Foundations of Construction." *Procedia Engineering*]. 2014, vol. 91, pp. 381–385. (In Russian).
10. Chumachenko N.G., Turnikov V.V., Kuzmin V. Using the calculation method for low-melting clay assessment. MATEC Web of Conferences XXVII R-S-P Seminar. Theoretical Foundation of Civil Engineering. Rostov-on-Don. 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201819604014
11. Toropov N.A., Barzakovsky V.P., Lapin V.V. *Diagrammy sostojanija silikatnykh sistem: spravochnik. Vyp. 3. Trojnye sistemy* [Silicate System Status Charts: A Reference. No. 3. Triple systems]. Leningrad, Science, 1972. 822 p.
12. Toropov N.A., Barzakovsky V.P., Lapin V.V., Kurtseva N.N. *Diagrammy sostojanija silikatnykh sistem: spravochnik. Vyp. 1. Dvojnye sistemy* [Silicate System Status Charts: A Reference. No. 1. Dual systems]. Leningrad, Science, 1969. 822 p.

Об авторах:

ЧУМАЧЕНКО Наталья Генриховна

доктор технических наук, профессор кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: uvarovang@mail.ru

ТЮРНИКОВ Владимир Викторович

кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: sm-115@mail.ru

CHUMACHENKO Natalia G.

Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Production of Building Materials, Products and Designs Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: uvarovang@mail.ru

TYURNIKOV Vladimir V.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Production of Building Materials, Products and Designs Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: sm-115@mail.ru

Для цитирования: Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В. Разработка состава легкоплавкой добавки для снижения температуры обжига керамических материалов // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 97–101. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.14.

For citation: Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V. Development of composition of low-melting additive for reduction of ceramic materials firing temperature. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 97–101. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.14.



С. Г. АБРАМЯН
Н. А. ФОМЕНКО
О. В. ОГАНЕСЯН

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНОЙ СВАИ С УШИРИТЕЛЕМ

IMPROVING OPEN BORE PILING AND UNDER-REAMING TECHNOLOGY

На основе анализа ряда отечественных и зарубежных научных публикаций подчеркивается актуальность повышения эксплуатационной надежности строящихся и реконструируемых зданий и сооружений посредством упрочнения грунтов оснований на основе устройства буронабивных свай с уширением. Выявляются основные направления в достижении эффективности применения буронабивных свай с уширением и их преимущества. Предлагается усовершенствованная технология устройства буронабивной сваи в зонах слабых грунтов с применением извлекаемых обсадных труб. Бетонирование сваи производится методом вертикально перемещаемой трубы. Рассматриваются конструктивные и технологические особенности предлагаемой сваи. Уширение сваи выполняется с помощью части арматурного каркаса, которая должна быть расположена в зоне слабых грунтов. Данная часть каркаса выполнена из предварительно прогнутых в сторону обсадной трубы арматурных стержней. До бетонирования данная часть арматурного каркаса под воздействием вдавливающей нагрузки принимает необходимую пространственную форму. Отмечается, что за основу усовершенствованной буронабивной сваи принята ранее разработанная и запатентованная авторами свая. Подчеркивается, что совершенствование конструкции и технологии устройства буронабивной сваи позволяет снизить металлоемкость и затраты труда.

Ключевые слова: обсадная труба, арматурный каркас, вдавливание, диск-хомут, уширение, бетонная труба

Based on the analysis of a number of domestic and foreign scientific publications, a case is made emphasizing the relevance of improving operational reliability of buildings and facilities during their construction and reconstruction through soil reinforcement by open bore piling and under-reaming. The key approaches to achieve the efficient use of enlarged-base open bore piles are identified and their advantages are discussed. The authors suggest the improved open bore piling technology for weak-soil areas featuring retrievable casing pipes and a tremie pipe-based concreting process. The pile design and piling process-related specifics are explored. The under-reaming effect is accomplished by the part of the reinforcing cage that is placed in weak soils. This cage part is made of reinforcing bars previously bent in toward the casing pipe. Before concreting, this part of reinforcing cage is shaped accordingly by applying squeeze load. The improved open bore pile is mentioned to be based on the pile design developed and patented by the authors. It is underlined that the improvement of the open bore pile design and piling technology helps reduce the metal intensity and labor cost of the process.

Keywords: casing pipe, reinforcing cage, squeezing, clamping disc, under-reaming, tremie pipe

Актуальность исследования связана с повышением эксплуатационной надежности строительных систем путем усиления грунтов оснований на стадиях строительства и реконструкции. Анализ научных публикаций показывает, что одним из распространенных методов упрочнения слабых грунтов основания является устройство буронабивных, буроинъекционных и анкерных свай [1–3]. Эффективность обеспечения уширения (в том числе контролируемого) буронабивных и буроинъекционных свай в зонах слабых грунтов изучена авторами публикаций [4–6]. Некоторая детализация указанных публикаций показывает, что преимущество таких свай заключается главным образом в более высокой несущей способности по грунту основания; кроме того, немаловажно и то, что на их изготовление требуется гораздо меньшее количество бетона. Обзор отечественной и зарубежной патентной литературы позволяет говорить об использовании на современном этапе особо эффективных конструкций различных приспособлений для устройства уширений в забое скважин. Отметим, что в российских нормативных документах отсутствует расчет несущей способности подобных свай по грунту основания, в связи с чем проведено его выполнение [4]. В [5] изложены основные теоретические положения, касающиеся формообразования уширений на конце свай посредством применения различных технологий, и выделены этапы развития технологии формирования свай с уширениями в российской и мировой строительной практике. В исследовании [6] приводятся данные о том, что несущая способность свай с уширениями в полтора-два раза превышает аналогичный показатель у свай, которые произведены по стандартным технологиям.

В научных публикациях зарубежных авторов по исследуемой теме подчеркивается: устройство монолитной железобетонной свай с уширенным наконечником из цементного раствора позволяет повысить несущую способность свай и эксплуатационную надежность строительной системы, так как исключается осадка буронабивной свай [7]; путем статических испытаний авторами исследования [8] установлено, что «использование буронабивной свай с уширением в нижней части позволяет снизить осадку фундамента в среднем на 43 %»; обоснована целесообразность применения буронабивных свай при возведении высотных зданий, так как повышается несущая способность фундамента [9].

Предлагаются инновационные подходы к уменьшению расхода стали на основе новых конструктивных решений по армированию каркаса свай [10]; рекомендуется применять

взамен стальных обсадных труб стеклопластиковую оболочку, «надежно защищающую сваю от воздействия внешней среды и воспринимающую механические нагрузки, повышая долговечность конструкции» [11].

Важность применения буронабивных свай при возведении зданий и сооружений в стесненных городских условиях рассматривается в публикациях [12, 13]. Отметим также целесообразность применения секующих буронабивных свай при реконструкции объектов недвижимости.

Различные прогрессивные конструктивные и технологические решения по устройству буронабивных и буроинъекционных свай, разработанные на основе анализа патентных источников авторами данной статьи (Абрамян С.Г., Оганесян О.В.), приведены в [14], где подчеркивается, что «применение свай с контролируемым уширением в основании и у боковых поверхностей скважины при усилении слабых грунтов является экономически эффективным в силу их прочности и надежности».

В предлагаемой технологии устройства буронабивной свай предполагается использование обсадной трубы, которая по мере бетонирования свай извлекается.

На рис. 1 представлены конструктивные особенности предлагаемой (усовершенствованной) буронабивной свай.

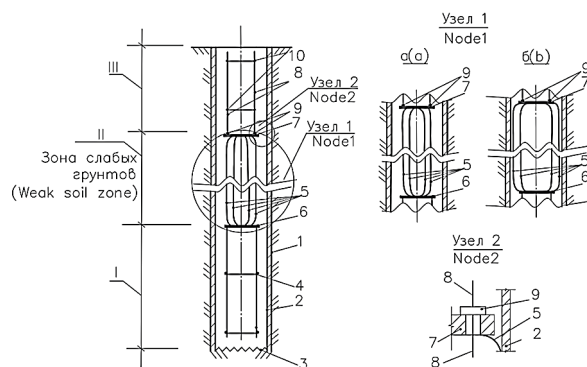


Рис. 1. Конструктивные особенности буронабивной свай:

1 – контур свай; 2 – обсадная труба; 3 – резцы; 4 – арматурный каркас; 5 – арматурные стержни средней части каркаса; 6, 7 – диски-хомуты; 8 – арматурные стержни верхней части каркаса; 9 – упорные шайбы; 10 – поперечные арматурные стержни (хомуты) каркаса (разработано авторами)

Fig. 1. Open bore pile design features:

1 – pile contour; 2 – casing pipe; 3 – cutters; 4 – reinforcing cage; 5 – middle-part reinforcing bars; 6, 7 – clamping discs; 8 – upper-part reinforcing bars; 9 – thrust washers; 10 – reinforcing cage crossbars (clamps) (developed by the authors)

Обсадная труба 2 погружается в скважину необходимой глубины отдельными секциями по мере разработки буровой установкой необходимых параметров грунта и его извлечения. Контур скважины обозначен цифрой 1. Для быстрого погружения в грунт в нижней части 3 обсадной трубы предусмотрены резцы. После в освобожденное от грунта внутреннее пространство обсадной трубы устанавливается арматурный каркас 4 таким образом, чтобы обеспечить защитный слой стержней арматуры в пяте сваи. Арматурный каркас состоит из трех условных (I–III) секций, до погружения в обсадную трубу он полностью собирается на строительной площадке. Средняя (II) секция позволяет выполнить уширение сваи в зоне слабых грунтов. Она выполнена из предварительно прогнутых в сторону обсадной трубы арматурных стержней 5, которые неподвижно соединены снизу и сверху с дисками-хомутами 6 и 7 (см. узел 1а на рис. 1). В отверстия диска-хомута 6 с нижней стороны входит верхняя часть арматурных стержней условной первой секции каркаса, а с верхней стороны – арматурные стержни нижней части второй (средней) секции. Верхняя часть арматурных стержней данной секции (II) входит в отверстия нижней части диска-хомута 7. Арматурные стержни 8 верхней (III) секции каркаса неподвижно закреплены с диском-хомутом 7 упорными шайбами 9 (узел 2 на рис. 1), ограничивающими его проседания, так как верхняя секция в дальнейшем будет использоваться для технологического решения вдавливания средней части каркаса, т. е. для уширения сваи в зоне слабых грунтов. Устойчивость арматурных стержней по высоте обеспечивается хомутами 10, шаг которых применяется в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Для достижения необходимой прочности сваи в зоне слабых грунтов количество арматурных стержней средней секции может быть увеличено, что определяется расчетным путем с учетом характеристик грунтов и передаваемой нагрузки на сваю. При этом может применяться меньший диаметр стержней, что при уширении позволит обеспечить дополнительный прогиб арматурных стержней в сторону обсадной трубы путем вдавливания толкателем, т. е. верхней секцией арматурного каркаса. Однако суммарная площадь их сечения должна быть больше суммарной площади стержней нижней части арматурного каркаса.

Рассмотрим технологическую последовательность устройства буронабивной сваи (рис. 2 и 3).

Бетонирование производят методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Коли-

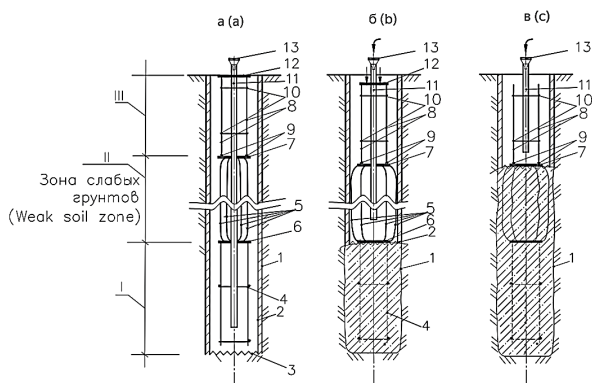


Рис. 2. Технологическая последовательность устройства буронабивной сваи:

а – установленные в обсадную трубу арматурный каркас, бетонолитная труба и рабочая платформа, воспринимающая и передающая вдавливающую нагрузку; б – схема подачи бетонной смеси и частично забетонированная (нижняя секция) буронабивная свая; в – схема подачи бетонной смеси в верхнюю секцию и забетонированные I и II секции сваи: 1 – контур сваи; 2 – обсадная труба; 3 – резцы; 4 – арматурный каркас; 5 – арматурные стержни средней части каркаса; 6, 7 – диски-хомуты; 8 – арматурные стержни верхней части каркаса; 9 – упорные шайбы; 10 – поперечные арматурные стержни (хомуты) каркаса; 11 – бетонолитная труба; 12 – рабочая платформа для восприятия и передачи нагрузки; 13 – воронка бетонолитной трубы (разработано авторами)

Fig. 2. Open bore pile flow sheet:

а – casing-held reinforcing cage, tremie pipe and work platform receiving and transmitting squeeze load; б – concrete mixture flowchart and partially concreted (bottom section) open bore pile; в – concrete mixture flowchart for the top section and concreted pile sections I and II: 1 – pile contour; 2 – casing pipe; 3 – cutters; 4 – reinforcing cage; 5 – middle-part reinforcing bars; 6, 7 – clamping discs; 8 – upper-part reinforcing bars; 9 – thrust washers; 10 – reinforcing cage crossbars (clamps); 11 – tremie pipe; 12 – work platform to receive and transmit load; 13 – tremie funnel (developed by the authors)

чество и длина секций бетонолитной трубы 11 (рис. 2) зависят от глубины сваи. На рис. 2, а представлены установленные в обсадную трубу арматурный каркас и бетонолитная труба. Сверху арматурного каркаса (последняя секция) установлена рабочая металлическая платформа 12, поверхность которой с тыльной стороны перфорирована для вдавливания верхней и средней секций арматурного каркаса, при этом уширяется только средняя часть, так как продольные арматурные стержни верхней части жестко закреплены упорными шайбами 9 к диску-хомуту 7. Вдавливание происходит за счет передачи нагрузки на рабочую платформу 12 с помощью любого устройства для вдавлива-

ния строительных конструкций или аналогичного устройства, рассмотренного в патенте [15]. Как видно на рис. 2, б, за счет вдавливания платформа 12 опускается вниз, а секция арматурного каркаса в зоне слабого грунта (II) уширяется (стержни арматурного каркаса данной секции максимально приближены к стенкам обсадной трубы). Схема уширенной секции каркаса приведена также на узле 1, б рис. 1.

В дисках-хомутах 6, 7, а также на рабочей платформе 12, предназначенной для передачи вдавливающей нагрузки на стержни каркаса, предусмотрены отверстия необходимого диаметра, через которые проходят звенья бетонолитной трубы для подачи бетонной смеси, при этом минимальное расстояние от забоя скважины до конца нижнего звена трубы принимается 10 см. Бетонная смесь заполняется через воронку 13, установленную на верхнем звене бетонолитной трубы.

Секции обсадной трубы и звенья бетонолитной трубы извлекаются по мере заполнения скважины бетонной смесью. Например, на рис. 2, б представлена заполненная бетонной смесью часть скважины, где расположена нижняя секция арматурного каркаса. Обсадная труба и бетонолитная труба находятся на уровне средней и верхней секций арматурного каркаса. Вдавливание средней секции арматурного каркаса для образования уширения выполняется синхронно с извлечением необходимых секций обсадной трубы и звеньев бетонолитной трубы. На рис. 2, в представлены заполненные бетонной смесью нижние и средние секции буронабивной сваи.

Далее выполняются работы по бетонированию, извлечению последних секций обсадной трубы и звеньев бетонолитной трубы верхней части скважины (рис. 3).

Технология, подобная описанной технологии устройства буронабивной сваи с уширением, рассмотрена авторами в патенте [16], однако данная технология и конструктивные особенности предлагаемой сваи имеют некоторые преимущества:

- отсутствие в забое скважины металлической пластины, на которую опирается арматурный каркас;
- взамен патрубка, соединяющего стержни нижней и средней части арматурного каркаса, используется диск-хомут, применение которого более надежно обеспечивает прочность сваи;
- имеющаяся в верхней части арматурного каркаса рабочая платформа (впоследствии снимается для дальнейшего использования), воспринимающая необходимую нагрузку от толкателя или любого устройства для вдавливания строительных конструкций, позволяет

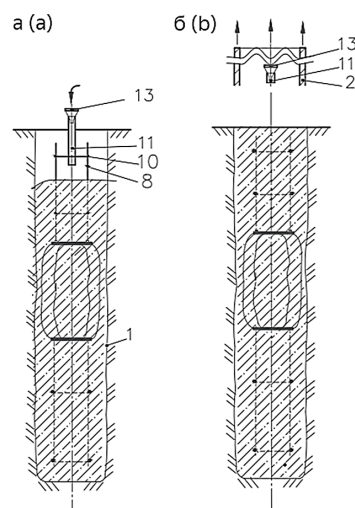


Рис. 3. Последовательность устройства буронабивной сваи:

а – бетонирование верхней части сваи; б – схема готовой буронабивной сваи с извлеченной частью обсадной трубы и бетонолитной трубы: 1 – контур сваи; 2 – часть извлеченной обсадной трубы; 8 – арматурные стержни; 10 – поперечный хомут; 11 – часть бетонолитной трубы; 13 – воронка бетонолитной трубы (разработано авторами)

Fig. 3. Open bore pile flow sheet:

а – concreting the top pile section; б – finished open bore pile flowchart with the retrieved casing and tremie part: 1 – pile contour; 2 – retrieved casing part; 8 – reinforcing bars; 10 – crosshead clamp; 11 – tremie part; 13 – tremie funnel (developed by the authors)

трансформировать уширяемую часть каркаса до необходимых размеров. Нагрузка для уширения определяется расчетом, при этом учитываются диаметры арматурных стержней и их количество, необходимое для уширения сваи.

Вывод. Предлагаемая усовершенствованная технология устройства буронабивной сваи, основная цель которой – повысить эксплуатационную надежность строящихся или реконструируемых объектов недвижимости, отличается большей эффективностью, поскольку снижается материалоемкость за счет извлечения обсадной трубы (в зонах слабых грунтов обычно используются неизвлекаемые обсадные трубы) и, как было отмечено выше, в забое скважины отсутствует металлическая пластина, что приводит к сокращению трудозатрат.

Средняя секция арматурного каркаса многофункциональная, так как с ее помощью обеспечивается также уширение (в том числе контролируемое) сваи в слабых зонах грунтов, что исключает необходимость применения традиционных уширителей и тем самым приводит к снижению трудозатрат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самохвалов М.А., Гейдт А.В., Паронко А.А. Обзор существующих конструкций буроинъекционных анкерных свай // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 12. С. 1530–1554. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554

2. Salnyi I., Stepanov M., Karaulov A. Experience in strengthening foundations and foundations on technogenic soils. E3S Web of Conferences. 2022. Vol. 363. Article number 02004. DOI:10.1051/e3sconf/202236302004

3. Абрамян С.Г., Симаков В.В., Протопопов Д.Н. Технологии усиления оснований и фундаментов зданий на основе применения буроинъекционных свай // Инженерный вестник Дона. 2022. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2>.

4. Чернюк В.П., Семенюк С.М., Юськович В.И., Шляхова Е.И. Буроабивные сваи с уширенным основанием – достойная альтернатива забивным сваям // Вестник Брестского государственного технического университета. 2021. № 2 (125). С. 35–37.

5. Фёдоров В.С., Купчикова Н.В. Технологии устройства концевых уширений набивных и готовых свай и их влияние на формообразование конструкций фундамента // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. Астрахань, 2019. № 1 (27). С. 40–56.

6. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с многоступенчатыми уширениями // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 54–59.

7. Monteiro Fernando, Cunha Renato, Aguiar Marcos and Silva Carlos. (2021). Settlement of bored piles with expander body system in lateritic soils. REM - International Engineering Journal. 74. 309–318. <https://doi.org/10.1590/0370-44672020740057>.

8. Aleksandr Paronko, Mikhail Samokhvalov, Oleg Ashikhmin, and Vladimir Gejdt. (2023). The results of strengthening the foundation with a bored pile with an enlarged pile base. E3S Web of Conferences 371, 02009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337102009>.

9. Feng Yu Qin and Lu Zhang. (2013). Application and Discussion of Pressure Grouting Technology in Bored Piles. Applied Mechanics and Materials, vol. 351–352, Trans Tech Publications, Ltd., Aug. pp. 487–491. DOI:10.4028/www.scientific.net/amm.351-352.487.

10. Luisa María Gil-Martín, Enrique Hernández-Montes, Myoungsu Shin and Mark Aschheim. (2012). Developments in excavation bracing systems. Tunnelling and Underground Space Technology. 31. 107–116. DOI: [10.1016/j.tust.2012.03.002](https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.03.002).

11. Вишневков А.С., Бочкарева Т.М. Применение композитных материалов в технологии устройства буронабивных свай в обсадных трубах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7, № 2. С. 69–75. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.2.07.

12. Husin Albert, Agusma Divy and Imron Ali. (2024). Works Analysis of Bored Pile, Pile Cap, and Secant Pile based on System Dynamic Model in Residential High-rise Building Projects. 020023. DOI: 10.1063/5.0144134.

13. Богданова О.В., Докудовская Д.И. Проблемы устройства буронабивных свай в городской застройке в условиях слабых грунтов города Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона. 2018. №2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5025>

14. Абрамян С.Г., Черешнева Н.В., Оганесян О.В. и др. Технологии усиления грунтов оснований строительных систем буронабивными и буроинъекционными сваями: обзор патентной информации // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № 6. URL: <https://esj.today/PDF/18SAVN623.pdf>

15. Устройство для вдавливания строительных конструкций: пат. 2159830 Рос. Федерация. № 99100493/03/ Кашка С.Б., Пресняков Б.М., Бовчалюк П.И.; заявл. 05.01.99; опубл. 27.11.2000.

16. Буроабивная свая: пат. 2824116 Рос. Федерация. Заявка: 2023134516 / Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Оганесян О.В., Фоменко В.Н.; заявл. 22.12.23; опубл. 06.08.2024. Бюл. 22.

REFERENCES

1. Samokhvalov M.A., Gejdt A.V., Paronko A.A. Review of existing designs of drill-and-injection anchor piles. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture], 2019, no. 14(12), pp. 1530–1554. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554

2. Salnyi I., Stepanov M., Karaulov A. Experience in strengthening foundations and foundations on technogenic soils. E3S Web of Conferences. 2022. V. 363. Article number 02004. DOI:10.1051/e3sconf/202236302004

3. Abramyan S.G., Simakov V.S., Protopopov D.N. Technologies for Reinforcing Footings and Foundations of Buildings With Auger Cast Piles *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of Don], 2021, no. 4. (in Russian) Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2022/7579>

4. Chernuk V.P., Semianiuk S.M., Yuskovich V.I., Shlyahova. E.I. Bored Piles with a wide Base – a Worthy Alternative to Driven Piles. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. [Vestnik of Brest State Technical University], 2021, no. 2 (125), pp. 35–37. (in Russian)

5. Fedorov V.S., Kupchikova N.V. Device Technology, Terminal Broadening of the Piles and Their Impact on the Shaping of Structures of the Foundation. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region], 2019, no. 1 (27), pp. 40–56. (in Russian)

6. Sokolov N.S. Technological Methods of Installation of Bored-Injection Piles with Multiple Enlargements. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2016, no 10, pp. 54 – 59. (in Russian)

7. Monteiro Fernando, Cunha Renato, Aguiar Marcos and Silva Carlos. (2021). Settlement of bored piles with expander body system in lateritic soils. REM - International Engineering Journal. 74. 309-318. DOI:10.1590/0370-44672020740057

8. Aleksandr Paronko, Mikhail Samokhvalov, Oleg Ashikhmin, and Vladimir Gejdt (2023). The results of

strengthening the foundation with a bored pile with an enlarged pile base. E3S Web of Conferences 371, 02009. DOI:10.1051/e3sconf/202337102009

9. Feng, Yu Qin, and Lu Zhang. "Application and Discussion of Pressure Grouting Technology in Bored Piles." *Applied Mechanics and Materials*, vol. 351–352, Trans Tech Publications, Ltd., Aug. 2013, pp. 487–491. DOI:10.4028/www.scientific.net/amm.351-352.487

10. Luisa María Gil-Martín, Enrique Hernández-Montes, Myoungsu Shin and Mark Aschheim. (2012). Developments in excavation bracing systems. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 31. 107-116. DOI:10.1016/j.tust.2012.03.002

11. Vshivkov A.S., Bochkareva T.M. The use of composite materials in the device technology of bored piles in the casing. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura* [PNRPU Bulletin Construction and architecture], 2016, vol. 7, no. 2, pp. 69–75. . (in Russian) DOI: 10.15593/2224-9826/2016.2.07

12. Husin Albert, Agusma Divy and Imron Ali. (2024). Works Analysis of Bored Pile, Pile Cap, and Secant Pile based on System Dynamic Model in Residential High-rise Building Projects. 020023. DOI: 10.1063/5.0144134

13. Bogdanova O.V., Dokudovskaya D.I. Problems of installation of bored piles in urban development in conditions of weak soils of the city of Rostov-on-Don. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of Don], 2018, no. 2. (in Russian) Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5025>

14. Abramyan S.G., Cheresheva N.V., Oganessian O.V., et al. Soil stabilizing technologies for earth foundations of construction systems using augured piles and drilled-in piles: Overview of patent information. *Vestnik evraziiskoi nauki* [The Eurasian Scientific Journal], 2023, 15(6), 18SAVN623. Available at: <https://esj.today/PDF/18SAVN623.pdf>. (in Russian)

15. Kashka S.B., Presnyakov B.M., Bovchalyuk P.I. *Ustroistvo dlya vdaolivaniya stroitel'nykh konstruktstii* [Device for pressing in building structures]. Patent RF, no. 99100493, 2000.

16. Abramyan S.G., Fomenko N.A., Oganessian O.V. *Buronabivnaya svaya* [Bored pile]. Patent RF, no. 2023134516, 2024.

Об авторах:

АБРАМЯН Сусанна Грантовна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры технологий строительного
производства
Волгоградский государственный технический
университет
400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28
E-mail: susannagrانت@mail.ru

ABRAMYAN Susanna G.

PhD in Engineering Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Construction Production
Technologies Chair
Volgograd State Technical University
400005, Russia, Volgograd, Lenin Av., 28
E-mail: susannagrانت@mail.ru

ФОМЕНКО Николай Александрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры технологий строительного
производства
Волгоградский государственный технический
университет
400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28
E-mail: kafedra_tsp@mail.ru

FOMENKO Nikolay Al.

PhD in Engineering Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Construction Production
Technologies Chair
Volgograd State Technical University
400005, Russia, Volgograd, Lenin Av., 28
E-mail: kafedra_tsp@mail.ru

ОГАНЕСЯН Оганес Валерьевич

главный инженер
филиал ОАО «РЖД», дирекция железнодорожных
вокзалов, Павелецкий вокзал
115054, Россия, г. Москва, Павелецкая пл., 1а
E-mail: ogoganessian@mail.ru

OGANESYAN Oganess V.

Chief Engineer
Branch of Russian Railways, Directorate of Railway
Stations, Pavletsky Railway Station
115054, Russia, Moscow, Pavletskaya sq., 1a
E-mail: ogoganessian@mail.ru

Для цитирования: Абрамян С.Г., Фоменко Н.А., Оганесян О.В. Совершенствование технологии устройства буронабивной сваи с уширителем // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 102–107. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.15.

For citation: Abramyan S.G., Fomenko N.A., Oganessian O.V. Improving open bore piling and under-reaming technology. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 102–107. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.15.

Г. Н. РЯЗАНОВА
В. И. АЛЕШИЧЕВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УКЛАДКИ БЕТОНА В РАЗЛИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ОПАЛУБОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS
FOR LAYING CONCRETE IN VARIOUS FORM VARIANTS
WHEN PRODUCING WORK IN CRAMPED URBAN CONSTRUCTION CONDITIONS

В настоящее время возрастает необходимость повышения эффективности возведения монолитных конструкций при строительстве зданий и сооружений. Внедрение современных опалубочных систем позволяет оптимизировать выполнение опалубочных работ. Качественный анализ организационных и технологических параметров позволяет повысить эффективность строительства, снизить трудовые и денежные затраты при выполнении работ по устройству монолитных конструкций в стесненных городских условиях.

Ключевые слова: эффективность строительства, современная опалубка, монолитное строительство, скользящая опалубка, разборно-переставная опалубка, балочно-ригельная опалубка, боковое давление бетона, стесненные условия, безопасность строительства

В настоящее время возрастает необходимость повышения эффективности возведения монолитных конструкций при строительстве высотных зданий и сооружений. Для выполнения данной задачи различные строительные компании представляют свои решения данного вопроса, разрабатывая современные и эффективные опалубочные системы [1].

Согласно анализу проектных деклараций «ЕРЗ-Аналитика», статистика распределения строительных материалов среди жилых объектов в Российской Федерации показывает, что монолитное строительство имеет определенное место на рынке, а именно 21,78 % от общего объема ввода жилья на 2023 г. (рис. 1), хотя в последние годы потеряло лидирующие позиции в связи с удорожанием стоимости стали, а также уходом с отечественного рынка западных компаний [2].

Монолитное бетонное и железобетонное строительство в современном мире с каждым годом становится всё популярнее. Отечественные, западные и азиатские компании, такие как Мева, Фарейшин, Дока и Пери, представляют различные опалубочные системы для разного

Currently, there is an increasing need to improve the efficiency of the construction of monolithic structures during the construction of buildings and structures. The introduction of modern formwork systems makes it possible to optimize the execution of formwork work. Qualitative analysis of organizational and technological parameters makes it possible to increase construction efficiency, reduce labor and monetary costs when performing work on the installation of monolithic structures in cramped urban conditions.

Keywords: construction efficiency, modern formwork, formwork, monolithic construction, monolithic construction, sliding formwork, collapsible formwork, beam-transom formwork, lateral pressure of concrete, cramped conditions, construction safety

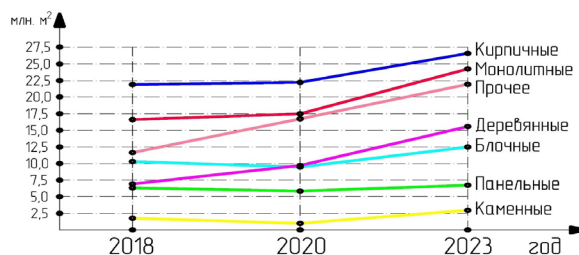


Рис. 1. Распределение объемов ввода жилья в РФ
Fig. 1. Distribution of housing commissioning volumes in the Russian Federation

назначения. Благодаря своим технологическим и конструктивным особенностям, современные опалубочные системы позволяют создавать различные архитектурно-конструктивные решения высотных зданий и сооружений, а также конструкции любой сложности с повышенными характеристиками по долговечности [2].

В настоящее время на российском рынке представлены различные виды опалубочных комплексов [3]:

- разборно-переставные мелкощитовые;

- разборно-переставные крупнощитовые;
- подъемно-переставные;
- блочные;
- объемно-переставные;
- скользящие;
- горизонтально-перемещаемые (катучие и тоннельные);
 - пневматические;
 - несъемные.

Помимо разделения по конструктивным признакам, опалубочные системы классифицируют по функциональному назначению в зависимости от типа бетонируемых конструкций:

- для получения вертикальных поверхностей (в том числе стен);
- для горизонтальных и наклонных поверхностей;
- для образования криволинейных поверхностей;
- для одновременного бетонирования стен и перекрытий, комнат и целых квартир.

По материалам формообразующих элементов опалубку подразделяют на:

- металлическую;
- деревянную;
- фанерную;
- пластмассовую;
- несъемную (пенополистирол, фибролит).

В современном строительстве высотных зданий и сооружений для создания монолитных железобетонных конструкций все чаще используют разборно-переставную крупнощитовую, балочно-ригельную и скользящую опалубку.

Крупнощитовая опалубка состоит из больших щитов, а также элементов, обеспечивающих их соединение и крепление. Щиты способны выдерживать технологические нагрузки без необходимости установки дополнительных несущих или поддерживающих конструкций. В состав щитов входит палуба, элементы жесткости и несущие компоненты. Для процесса бетонирования опалубка оснащается подмостями, подкосами для устойчивости и регулировочными домкратами. Крупнощитовая опалубка находит применение при бетонировании длинных стен, тоннелей и перекрытий.

Наиболее известными опалубочными системами являются DOKA, FRAMAX, PERI TRIO, MEVA MAMUT, а также российские аналоги Гамма, ДАК, Пекомо, Опрус, Агрисогаз и Крамос.

Преимущества данной разновидности опалубки:

- универсальное применение;
- удобство монтажа;
- высокая точность готового покрытия.

Недостатки:

- обязательная организация временной складской площадки элементов опалубочной системы на площадке строительства;

- большой вес в собранном варианте элементов опалубки;

- необходимость использования средств механизации при монтаже опалубочной системы.

Балочно-ригельная опалубка – это каркасная система, состоящая из ригелей, которые соединяются с помощью специализированных крепежных элементов. В отличие от готовых щитов данная конструкция формируется непосредственно на строительной площадке из отдельных балок и ригелей [2]. Палуба, которая служит основой для бетонирования, устанавливается на балки. Такой подход позволяет гибко адаптировать систему под конкретные условия строительства и обеспечивает высокую прочность и устойчивость при выполнении работ. Балочно-ригельная опалубка идеально подходит для создания сложных форм и конструкций, что делает её востребованной в современных строительных проектах.

Данная опалубочная система позволяет создавать перекрытие любой толщины и планового очертания для любой высоты этажа. Продольные и поперечные балки, их положение и шаг между ними, а также фанера и стойки выбирают в зависимости от ситуации. Перехлест балок для перекрытий и изменяемое расположение продольных балок обеспечивает максимальную универсальность. В зависимости от нагрузки и высоты помещения в качестве опор используются стальные или алюминиевые стойки.

Преимущества балочно-ригельной опалубочной системы:

- экономное использование материалов;
- универсальное использование для различных очертаний проектируемой конструкции;
- относительная простота сбора конструкций опалубки;
- небольшой вес элементов опалубки.

Недостатки:

- обязательная организация временной складской площадки элементов опалубочной системы на площадке строительства;
- высокая трудоемкость монтажа и демонтажа относительно остальных разновидностей опалубочных систем.

Скользкая опалубка состоит из щитов, закреплённых на домкратных рамах, рабочего пола, домкратов, приводных станций и других элементов. Опалубование, распалубливание и подъем опалубки производятся без помощи грузоподъемных механизмов, что значительно ускоряет строительство при выполнении монолитных работ. На данный момент скользящую опалубочную систему применяют при возведении вертикальных конструкций железобетонных зданий и сооружений относительно большой высоты [1].

Монолитное строительство в скользящей опалубке позволяет одним комплектом опалубки, путем его переналадки, осуществлять строительство зданий различного планировочного решения и разной этажности (рис. 2).

Неоспоримым плюсом опалубочной системы является экономия территории складирования, так как основной каркас опалубочной системы устанавливается на первых этажах строящегося здания и растет вместе со зданием, опираясь на его несущий конструктив.

Помимо этого, скользящую опалубку возможно совместить с защитными экранами, что позволяет сократить опасную зону возможного падения материалов и конструкций при перемещении грузоподъемными механизмами в районе монтажного горизонта, а также уменьшить зону возможного падения непосредственно со строящегося здания [2].

Преимущества скользящей опалубочной системы:

- значительное повышение темпов строительства;
- снижение трудоемкости производства монолитных работ;
- сокращение стоимости строительства;
- уменьшение сроков производства работ;
- увеличение безопасности производства работ как для строителей, так и для жителей города.

Недостатки:

- высокая стоимость данной опалубочной системы;
- необходимость наличия инженера-технолога при начальных этапах сбора опалубки и ее дальнейшего подъема и демонтажа;
- сложность выполнения демонтажных работ опалубочного комплекса на высоте.

При подготовке к выбору технологии возведения монолитных конструкций проектируемого здания осуществляется подбор опалубочных систем.

Для современного и эффективного выполнения монолитных работ к опалубочным комплексам выдвигаются специфические требования как к самой опалубке, так и к технологии её использования [4]. При возведении монолитных конструкций зданий и сооружений особое внимание уделяется качеству готовой поверхности, что требует дополнительных характеристик от опалубочных систем.

Ключевым аспектом является деформативность опалубочного комплекса, которая напрямую влияет на прочность и качество готовых конструкций. Опалубочная система должна обеспечивать оптимальную трудоемкость выполнения работ, высокую скорость оборачиваемости и приемлемую стоимость [4].

Одним из важнейших требований является равномерность деформации элементов, предназначенных для одной функции, таких как крупноразмерные щиты стен и перекрытий. При использовании термоактивной опалубки необходимо учитывать дополнительные нагрузки и деформации, возникающие в процессе прогрева бетона.

Соединения в опалубочных комплексах должны быть быстроразъемными и обеспечивать достаточную плотность и непроницаемость. Особое внимание следует уделять обработке сварных швов, углов и кромок для повышения долговечности и надежности конструкции.

При анализе технологии выполнения монолитных работ в выбранной опалубочной системе учитывают конструктивные особенности проектируемого здания, а также условия строительной площадки и размещения здания на нем.

Наличие стесненных городских условий, интенсивного движения городского транспор-

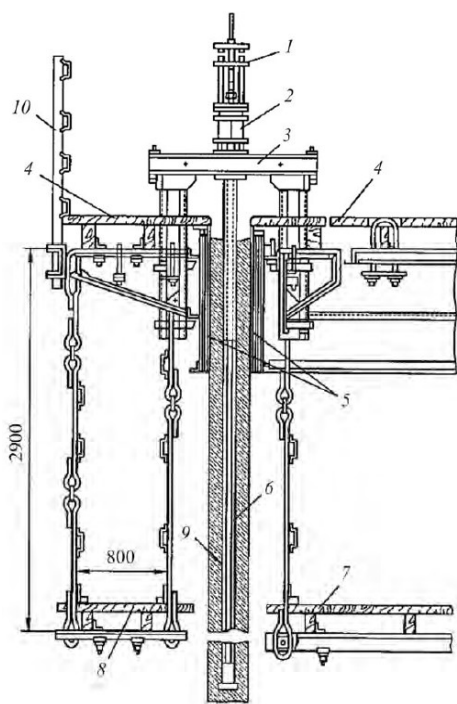


Рис. 2. Скользящая опалубка:

- 1 – регулятор горизонтальности; 2 – гидравлический домкрат; 3 – домкратная рама; 4 – рабочий настил; 5 – щиты опалубки; 6 – домкратный стержень; 7 – подвесные подмости внутренние; 8 – подвесные подмости наружные; 9 – металлическая труба; 10 – наружное ограждение

Fig. 2. Sliding formwork:

- 1 – horizontal regulator; 2 – hydraulic jack; 3 – jack frame; 4 – working flooring; 5 – formwork panels; 6 – homing rod; 7 – internal suspended scaffolding; 8 – external suspended scaffolding; 9 – metal pipe; 10 – external fencing

та и пешеходов в непосредственной близости от места проведения работ, сетей подземных коммуникаций, существующих зданий, ограничений поворота стрелы грузоподъемных механизмов и невозможности устройства складирования материалов на строительной площадке влияет на выбор той или иной опалубочной системы [5].

Критерии стесненности условий производства работ определяются согласно Постановлению Госстроя России от 05.03.2004 № 15/1 (ред. От 16.06.2014) «Об утверждении и введении в действие Методики определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации» (вместе с «МДС 81-35.2004...»). В соответствии с данными документами стесненные условия в застроенной части городов характеризуются наличием трех из указанных ниже факторов [6]:

- интенсивное движение городского транспорта и пешеходов в непосредственной близости от места работ, обуславливающих необходимость строительства короткими захватками с полным завершением всех работ на захватке, включая восстановление разрушенных покрытий и посадку зелени;
- разветвленная сеть существующих подземных коммуникаций, подлежащих подвеске или перекладке;
- жилые или производственные здания, а также сохраняемые зеленые насаждения в непосредственной близости от места работ;
- стесненные условия складирования материалов или невозможности их складирования на строительной площадке для нормального обеспечения материалами рабочих мест;
- при строительстве объектов, когда плотность застройки объектов превышает нормативную на 20 % и более;
- при строительстве объектов, когда, в соответствии с требованиями правил техники безопасности, проектом организации строи-

тельства предусмотрено ограничение поворота стрелы башенного крана [6].

При возведении монолитных конструкций основной нагрузкой, воспринимаемой опалубкой, является давление от бетонной смеси на стенки опалубки [7].

Бетонная смесь представляет собой особую жидкость, давление которой на начальном этапе можно охарактеризовать как гидростатическое. Это означает, что давление зависит от высоты слоя залитой смеси в опалубке. По мере начала процесса схватывания бетона давление перестает увеличиваться. Поэтому расчет давления, действующего на опалубку, особенно для конструкций значительной высоты, необходимо проводить с учетом скорости бетонирования. Это важно для обеспечения надежности и устойчивости опалубочной системы в процессе заливки.

В настоящее время существует множество разнообразных методик для оценки давления свежеприготовленной бетонной смеси на опалубочные конструкции, учитывающих различные влияющие факторы. Совершенствование этих методик обусловлено стремлением сократить время бетонирования и повысить производительность бетононасосов. Это, в свою очередь, ведет к увеличению скорости укладки и высоты конструкций, что требует более точных расчетов давления на опалубку. Адаптация методов позволяет учитывать динамические изменения в процессе бетонирования и обеспечивает надежность и безопасность опалубочных систем при работе с высокими конструкциями.

Определение давления бетонной смеси на вертикальные или наклонные поверхности является весьма сложной задачей. Согласно теоретическим и эмпирическим исследованиям, результаты методов расчета бокового давления смеси имеют разноречивые результаты. Факторы, влияющие на зависимость давления свежеуложенного бетона, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Факторы, влияющие на расчет давления свежееуложенной бетонной смеси
Table 1. Factors Influencing Calculation of Freshly Placed Concrete Mix Pressure

Бетонная смесь	Опалубочная система	Укладка бетонной смеси
Наполнители бетона	Пропускаемость покрытия (поровое давление)	Возрастание нагрузки в месте укладки
Размер, форма заполнителей	Площадь сечения (стена/колонна)	Состояние воздуха
Марка цемента	Шероховатость покрытия	Послойная или непрерывная укладка
Температура смеси	Жесткость опалубочных конструкций	Тип вибрации (внешняя или внутренняя)
Принцип замеса	Наклон опалубки	Глубина вибрации
Объемный вес	Вертикальная высота бетонирования	Скорость укладки по высоте
Консистенция		

С 1963 по 1968 гг. отечественные ученые И.Г. Совалов и В.Д. Топчий в результате исследований предложили определять давление бетонной смеси, используя следующие зависимости:

1. При уплотнении глубинными вибраторами, высоте слоя укладываемой смеси h , м, меньшей или равной радиусу R , м, действия вибратора $h \leq R$, скорости бетонирования V , меньшей 0,5 м/ч, определяется по формуле

$$P = p \times h, \text{ кгс/м}^2, \quad (1)$$

где p – объемная масса смеси, принимаемая для обычных тяжелых бетонов равной 2500 кг/м³.

2. Аналогичным образом для $V \geq 0,5$ м/ч при высоте укладываемой смеси $h \geq 1$ м определяется по формуле

$$P = p \times (0,27 \times V + 0,78) \times K_1 \times K_2, \text{ кгс/м}^2, \quad (2)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от подвижности смеси и равный 0,8 для бетонов с осадкой конуса 0-2 см и 1,0 для смесей с $O_k = 4-6$ см;

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси и равный 1,15 для смесей с температурой 5-7 °С, 1,0 при 12-17 °С и 0,85 при 28-32 °С.

3. При уплотнении наружными вибраторами при $x < 4,5$ м/ч и $h \leq 2R$ определяется по формуле

$$P = p \times h, \text{ кгс/м}^2. \quad (3)$$

4. Аналогичным образом при $V \geq 4,5$ м/ч и $h > 2$ м определяется по формуле

$$P = p \times (0,27 \times V + 0,78) \times K_1 \times K_2, \text{ кгс/м}^2. \quad (4)$$

В большинстве случаев давление бетонной смеси рекомендуется ограничивать гидростатическим давлением, приближая свойства виброуплотняемой бетонной смеси к свойствам тяжелой жидкости с соответствующими значениями плотности [7].

Распределение бокового давления по высоте опалубки может быть принято по аналогии с эпюрами гидростатического давления (рис. 3). Данные эпюры удобны для выполнения расчетов, хотя дают завышенные значения $P_{\max}$. Результирующая нагрузка в данном случае будет равняться площади треугольной эпюры

$$P_n = (\gamma \times p^2) / 2. \quad (5)$$

В данном случае фактическое распределение бокового давления определяется в нижней части эпюры криволинейным участком (рис. 3, а). Высота $h_{\max}$ (рис. 3, в), на которой боковое

давление имеет наибольшее значение, зависит от скорости бетонирования и быстроты схватывания бетонной смеси. Для бетонов на обычных цементах (портландцемент, шлакопортландцемент и др.) значение будет определяться по следующим формулам:

$$h_{\max} = 2 / 3 \times H, \quad (6)$$

$$P = (0,4 - 0,5) \times P_{\max}. \quad (7)$$

И уже в этом случае для удобства использования в практических расчетах такая эпюра заменяется трапециевидной соответствующей площади.

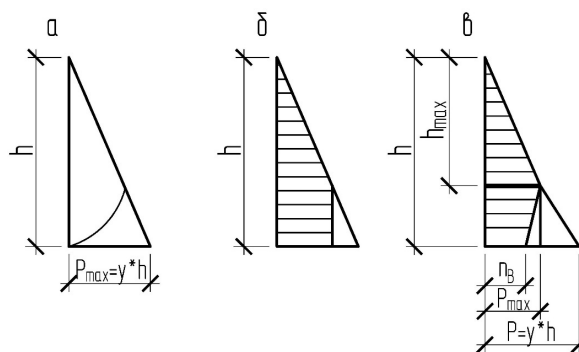


Рис. 3. Распределение давления бетонной смеси по высоте опалубки:

а – эпюра давления теоретическая; б – то же упрощенная расчетная; в – то же треугольная расчетная

Fig. 3. Distribution of concrete mix pressure by formwork height:

а – theoretical pressure profile; б – the same simplified calculation; в – the same triangular design

Помимо этого, при выполнении расчета учитывают горизонтальные нагрузки. Ветровые нагрузки принимают согласно 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Нагрузки от сотрясаний при выгрузке бетонной смеси учитывают по данным табл. 2. Нагрузки от вибрирования смеси принимают равными 400 кгс/м² поверхности.

Также при использовании наружных вибраторов необходимо учитывать местное воздействие на элементы опалубочной системы, креплений и соединений.

Опалубочные системы рассчитывают на следующие вертикальные нагрузки: собственный вес; масса бетонной смеси, принимаемая равной 2500 кг/м³ для тяжелых бетонов; масса арматуры.

Нагрузку от людей и транспортировочных средств при расчете палубы, настилов и кругов опалубки перекрытий принимают равной

250 кгс/м², нагрузку при расчете от конструкций, поддерживающих кружала, берут 150 кгс/м², при расчете стоек лесов – 100 кгс/м² [1].

Для учета всех нормативных нагрузок вводят коэффициенты перегрузки (табл. 3).

Прогиб элементов опалубки не должен превышать следующих показателей:

- для опалубки открытых лицевых поверхностей – 1/400 пролета;
- для закрытых поверхностей – 1/250 пролета;
- просадка поддерживающих элементов и лесов – 1/1000 пролета монолитной конструкции.

1. Рассмотрим варианты бокового давления при изменении скорости подачи бетонной смеси при $V_1 = 3,0$ м/ч и $V_2 = 3,5$ м/ч.

Исходные данные для выполнения расчета бокового давления свежеприготовленной бетонной смеси представлены в табл. 4.

Боковое давление бетонной смеси P определяется по следующей формуле, так как $V > 0,5$ м/ч:

$$P = p \times (0,27 \times V + 0,78) \times K_1 \times K_2, \text{ кгс/м}^2,$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от подвижности смеси, $K_1 = 1,2$, так как $O_k = 75$ мм;

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси, $K_2 = 1,0$, так как $t = 15$ °С;

$$P_1 = 25,0 \text{ кН/м}^3 \times (0,27 \times 3,0 \text{ м/ч} + 0,78) \times 1,2 \times 1,0 = 47,7 \text{ кН/м}^2.$$

$$P_2 = 25,0 \text{ кН/м}^3 \times (0,27 \times 3,5 \text{ м/ч} + 0,78) \times 1,2 \times 1,0 = 51,75 \text{ кН/м}^2.$$

Следовательно, при увеличении скорости бетонирования на 0,5 м/ч боковое давление на стенки опалубки увеличивается на 8,49 % – с 47,7 до 51,75 кН/м² (рис. 4).

Таблица 2. Нагрузка от сотрясаний при выгрузке бетонной смеси
Table 2. Concussion load during concrete mixture unloading

Способ укладки смеси	Горизонтальная нагрузка, кгс/м ²
Спуск по лоткам и хоботам, а также из бетоноводов	400
Выгрузка из бадей вместимостью от 0,2 до 0,8 м ³	400
Выгрузка из бадей вместимостью более 0,8 м ³	600

Таблица 3. Коэффициенты перегрузки опалубочных систем
Table 3. Formwork system overload factors

Нормативные нагрузки	Коэффициент перегрузки
Собственная масса опалубки и лесов	1,2
Масса бетона и арматуры	1,2
Нагрузки от движения людей и транспортных средств	1,3
Боковое давление бетонной смеси	1,3
Динамические нагрузки от сотрясаний при выгрузке бетонной смеси	

Таблица 4. Исходные данные для расчета давления свежеприготовленной бетонной смеси
Table 4. Initial data for calculation of freshly prepared concrete mixture pressure

Показатель	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2
Высота бетонирования (h)	м	3,3	3,3
Скорость бетонирования (х)	м/ч	3,0	3,5
Температура бетонной смеси (t)	°С	15	15
Толщина стены (d)	мм	250	250
Осадка конуса (O_k)	мм	75	75
Объемный вес бетонной смеси (с)	кН/м ³	25	25

2. Рассмотрим варианты бокового давления при изменении подвижности бетонной смеси при малоподвижности Π_2 с осадкой конуса $O_k = 5$ мм и Π_1 с осадкой конуса $O_k = 3$ мм.

Исходные данные для выполнения расчета бокового давления свежеприготовленной бетонной смеси представлены в табл. 5.

Боковое давление бетонной смеси P определяется по следующей формуле, так как $V = 0,5$ м/ч:

$$P = p \times (0,27 \times V + 0,78) \times K_1 \times K_2, \text{ кгс/м}^2,$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от подвижности смеси, $K_1 = 1,0$, так как $O_k = 50$ мм и $K_1 = 0,8$, так как $O_k = 20$ мм;

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси, $K_2 = 1,0$, так как $t = 15$ °С;

$P_1 = 25,0 \text{ кН/м}^3 \times (0,27 \times 3,0 \text{ м/ч} + 0,78) \times 1,0 \times 1,0 = 39,75 \text{ кН/м}^2$.

$P_2 = 25,0 \text{ кН/м}^3 \times (0,27 \times 3,0 \text{ м/ч} + 0,78) \times 0,8 \times 1,0 = 31,8 \text{ кН/м}^2$.

Следовательно, при уменьшении подвижности бетонной смеси с Π_2 на Π_1 боковое давление на стенки опалубки уменьшается на 25 % – с 39,75 до 31,8 кН/м² (рис. 5).

3. Рассмотрим варианты бокового давления при изменении объемного веса бетонной смеси при $p_1 = 25,0$ кН/м³ и $p_2 = 23,0$ кН/м³.

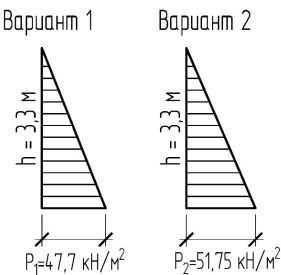


Рис. 4. Распределение бокового давления в опалубке для вариантов 1 и 2
Fig. 4. Formwork Side Pressure Distribution for Cases 1 and 2

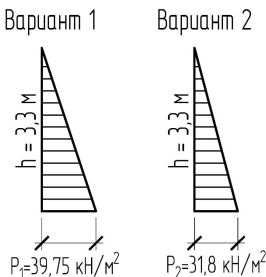


Рис. 5. Распределение бокового давления в опалубке для вариантов 1 и 2
Fig. 5. Formwork Side Pressure Distribution for Cases 1 and 2

Таблица 5. Исходные данные для расчета давления свежеприготовленной бетонной смеси
Table 5. Initial data for calculation of freshly prepared concrete mixture pressure

Показатель	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2
Высота бетонирования (h)	м	3,3	3,3
Скорость бетонирования (x)	м/ч	3,0	3,0
Температура бетонной смеси (t)	еС	15	15
Толщина стены (d)	мм	250	250
Осадка конуса (O_k)	мм	50	20
Объемный вес бетонной смеси (с)	кН/м³	25	25

Таблица 6. Исходные данные для расчета давления свежеприготовленной бетонной смеси
Table 6. Initial data for calculation of freshly prepared concrete mixture pressure

Показатель	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2
Высота бетонирования (h)	м	3,3	3,3
Скорость бетонирования (x)	м/ч	3,0	3,0
Температура бетонной смеси (t)	еС	15	15
Толщина стены (d)	мм	250	250
Осадка конуса (O_k)	мм	50	50
Объемный вес бетонной смеси (с)	кН/м³	25	23

Исходные данные для выполнения расчета бокового давления свежеприготовленной бетонной смеси представлены в табл. 6.

Боковое давление бетонной смеси P определяется по следующей формуле, так как $V = 0,5$ м/ч:

$$P = p \times (0,27 \times V + 0,78) \times K_1 \times K_2, \text{ кгс/м}^2,$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от подвижности смеси, $K_1 = 1,0$, так как $O_k = 50$ мм;

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси, $K_2 = 1,0$, так как $t = 15$ °С;

$$P_1 = 25,0 \text{ кН/м}^3 \times (0,27 \times 3,0 \text{ м/ч} + 0,78) \times 1,0 \times 1,0 = 39,75 \text{ кН/м}^2.$$

$$P_2 = 23,0 \text{ кН/м}^3 \times (0,27 \times 3,0 \text{ м/ч} + 0,78) \times 1,0 \times 1,0 = 36,57 \text{ кН/м}^2.$$

Следовательно, при уменьшении объемного веса бетонной смеси с 25,0 до 23,0 кН/м³, боковое давление на стенки опалубки уменьшается на 8,69 % – с 39,75 до 36,87 кН/м² (рис. 6).

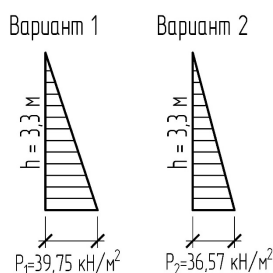


Рис. 6. Распределение бокового давления в опалубке для вариантов 1 и 2

Fig. 6. Formwork Side Pressure Distribution for Cases 1 and 2

Анализ организационных и технологических параметров «Технологии производства опалубочных работ по устройству вертикальных конструкций в скользящей опалубке» выполняется на проектируемом 37-этажном жилом здании, расположенном в Октябрьском районе г. Самары.

Краткие характеристики объекта строительства:

- конструктивная схема здания – каркасная с основными вертикальными элементами из монолитного железобетона (пилоны и стены);
- высота этажа 3,3 м;
- перекрытие – монолитные железобетонные плиты толщиной 250 мм;
- фундамент здания – монолитный железобетонный плитный толщиной 1900 мм;
- максимальные габаритные размеры здания в осях – 51,30 × 18,0 м;
- высота здания – 129,850 м.

План с расположением вертикальных несущих конструкций типового этажа представлен на рис. 7.

Выбор скользящей опалубки при строительстве жилого здания был сделан вследствие наличия стесненных городских условий, а именно отсутствия возможности складирования элементов опалубки на территории строительной площадки [5].

График производства опалубочных работ по устройству вертикальных конструкций в скользящей опалубке для 37-этажного жилого здания представлен на рис. 8.

Основные технико-экономические показатели представлены в табл. 7.

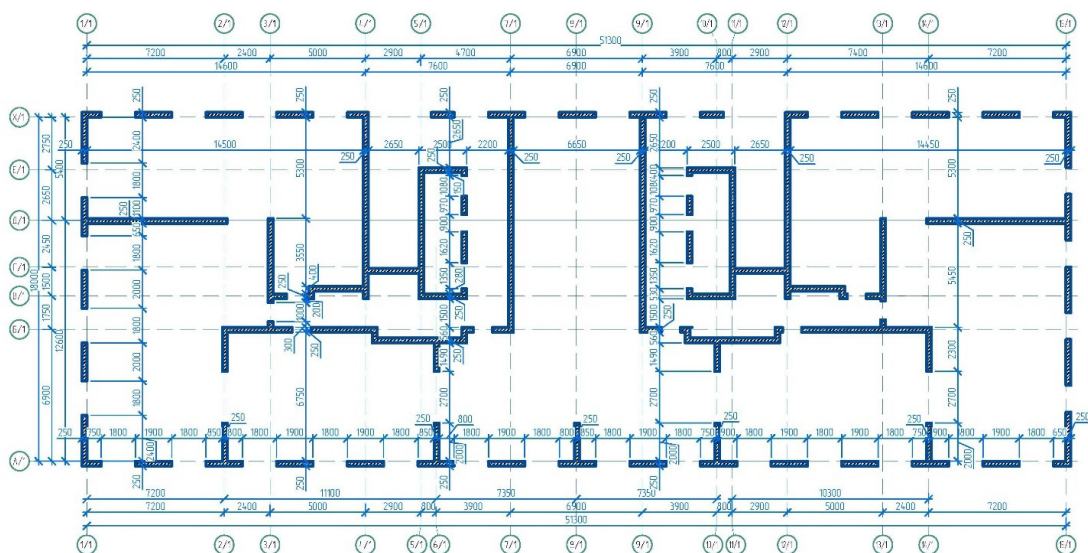


Рис. 7. План расположения вертикальных несущих конструкций типового этажа на отм. +3.000

Fig. 7. Layout of vertical load-bearing structures of typical floor at elev. +3.000

Таблица 7. Техничко-экономические показатели
Table 7. Technical and economic indicators

Показатель	Ед. изм.	Кол-во
Общая протяженность осевой линии опалубки	м	611,28
Суммарные затраты труда	чел.-ч	19 386,0
Суммарные затраты машинного времени	маш.-ч	1 953,5
Количество рабочих	чел.	46
Продолжительность работ	дн	45
Выработка на одного рабочего опалубочных работ	м²/чел.-ч	0,106
Стоимость строительно-монтажных работ	тыс. руб.	7 251,2

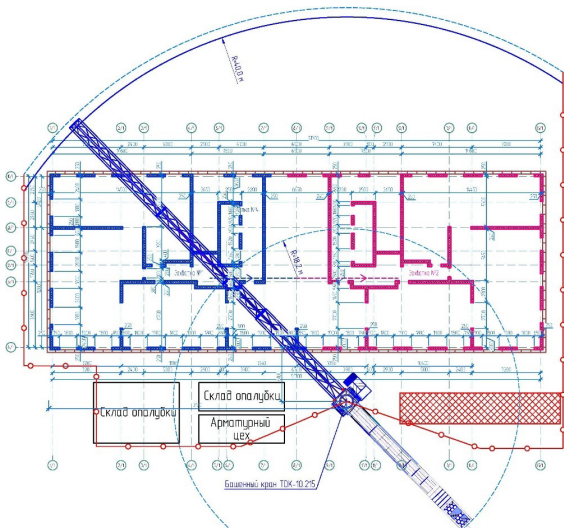


Рис. 8. Технологическая схема производства опалубочных работ по устройству вертикальных несущих конструкций в скользящей опалубке
Fig. 8. Process Flow Diagram of Formwork for Installation of Vertical Load-Bearing Structures in Sliding Formwork

Выводы.

- 1. Для повышения эффективности возведения высотных зданий требуется оптимизация выполнения опалубочных работ. Так, внедрение в технологический процесс современных опалубочных системы позволяет повысить эффективность при строительстве монолитных высотных зданий.
- 2. При выборе современных опалубочных систем необходимо отталкиваться от конструктивных особенностей и характеристик: повышенное качество готовой поверхности, прочность конструкций опалубки, оптимальная трудоемкость производства работ, высокая оборачиваемость и оптимальная стоимость выполнения работ, наличие стесненных условий строительства и др.

3. Одним из наиболее важных показателей при возведении монолитных конструкций здания является давление от бетонной смеси на стенки опалубки. В Российской Федерации расчет выполняют согласно СП.70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», в котором учитывают высоту и скорость бетонирования, подвижность и температуру бетонной смеси. Анализ расчетов бокового давления показывает следующее:

- при увеличении скорости бетонирования с 3,0 до 3,5 м/ч боковое давление на стенки опалубки увеличивается на 8,49 % – с 47,7 до 51,75 кН/м²;
- при уменьшении подвижности бетонной смеси с P_2 на P_1 боковое давление на стенки опалубки уменьшается на 25 % – с 39,75 до 31,8 кН/м²;
- при уменьшении объемного веса бетонной смеси с 25,0 до 23,0 кН/м³ боковое давление на стенки опалубки уменьшается на 8,69 % – с 39,75 до 36,87 кН/м².

4. Технология устройства вертикальных железобетонных конструкций в скользящей опалубке для 37-этажного жилого здания, расположенного в г. Самаре, позволяет:

- сократить продолжительность выполнения опалубочных работ в 3,29 раза по сравнению с аналогичными работами в крупнощитовой опалубке;
- сократить трудовые затраты на использование грузоподъемных механизмов (башенного крана) на 56,22 % по сравнению с аналогичной технологией в крупнощитовой опалубке;
- уменьшить стоимость выполнения строительно-монтажных работ на 69,39 % по сравнению с аналогичной технологией в крупнощитовой опалубке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства. М.: АСВ, 2005. 280 с.
2. Рязанова Г.Н., Алешичев В.И. Анализ рынка опалубочных систем // Перспективные научные

исследования: опыт, проблемы и перспективы: сборник статей. Уфа, 2022. С. 224–231.

3. Киянец А.В. Современные опалубочные системы. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. 52 с.

4. Доладов Ю.И., Зорина М.А., Хабур И.В., Бокарева Е.Н., Додонова Д.А. Особенности монтажа пространственного решетчатого металлического покрытия производственного здания в условиях ограниченного пространства // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 4. С. 74–81. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.12.

5. Зорина М.А., Рязанова Г.Н., Ильдияров Е.В., Анализ организационных и технологических решений по выбору крана при проектировании стройгенпланов в стесненных условиях строительной площадки // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 2. С. 67–76. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.11.

6. Зорина М.А., Рязанова Г.Н. Анализ организационных особенностей работы монтажных кранов в стесненных условиях строительства // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 34–40. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.06.

7. Рязанова Г.Н., Прокопьева А.Ю. Определение бокового давления легкобетонной смеси, уложенной в опалубку, по существующим методикам. Моделирование процесса укладки с позиции эксплуатационных воздействий. Самара: СамГТУ, 2017. Вып. №4. С. 14–19.

REFERENCES

1. Anpilov S.M. *Opalubochnye sistemy dlja monolitnogo stroitel'stva* [Formwork systems for monolithic construction]. Moscow, ASV, 2005. 280 p.

2. Ryazanova G.N., Aleshichev V.I. Formwork Systems Market Analysis. *Perspektivnye nauchnye issledovaniya: opyt, problemy i perspektivy: sbornik statej* [Promising scientific research: experience, problems and prospects: collection of articles]. Ufa, 2022, pp. 224–231. (In Russian).

3. Kiyants A.V. *Sovremennye opalubochnye sistemy* [Modern formwork systems]. Chelyabinsk, Ed. SUSU Center, 2015. 52 p.

4. Doladov Yu.I., Zorina M.A., Khabur I.V., Bokareva E.N., Dodonova D.A. Installation Features of Spatial Lattice Metal Covering of a Production Building in Limited Space Conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 74–81. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.12

5. Zorina M.A., Ryazanova G.N., Ildiyarov E.V. Analysis of Organizational and Technological Solutions on the Choice of the Crane When Designing Build Plans in Construction Site Conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 67–76. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.11

6. Zorina M.A., Ryazanova G.N. Analysis of Organizational Features of the Work of Assembly Cranes in Cramped Construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 34–40. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.06

7. Ryazanova G.N., Prokopyeva A.Yu. Determination of the lateral pressure of a lightweight concrete mixture laid in formwork using existing methods. *Modelirovanie processa ukladki s pozicii jekspluatatsionnykh vozdeystvij* [Modeling of the laying process from the perspective of operational impacts]. Samara, SamSTU, 2017, iss. 4, pp. 14–19. (In Russian).

Об авторах:

РЯЗАНОВА Галина Николаевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии и организации
строительного производства
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ryazanovagn55@mail.ru

RYAZANOVA Galina N.

PhD in Engineering Science,
Associate Professor of the Technology of Construction
Organization Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: ryazanovagn55@mail.ru

АЛЕШИЧЕВ Вячеслав Игоревич

аспирант, ассистент кафедры железобетонных
конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: aleshichev.slava@gmail.com

ALESHICHEV Vyacheslav Ig.

Post-graduate student, Assistant of the Reinforced
Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: aleshichev.slava@gmail.com

Для цитирования: Рязанова Г.Н., Алешичев В.И. Оптимизация технологических параметров укладки бетона в различные варианты опалубок при производстве работ в стесненных условиях строительства // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 108–117. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.16.

For citation: Ryazanova G.N., Aleshichev V.I. Optimization of technological parameters for laying concrete in various form variants when producing work in cramped urban construction conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 108–117. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.16.



А. Ю. ЖИГУЛИНА
Ю. И. ЮРЧЕНКО

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЗДАНИЯ: КЛЮЧЕВЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

ENERGY EFFICIENT BUILDINGS: KEY PRINCIPLES DESIGN AND CONSTRUCTION PRACTICE

Рассмотрены и проанализированы энергоэффективные мероприятия, применяющиеся при строительстве жилых домов в Российской Федерации. Энергоэффективное строительство является действенным способом улучшения жилищных условий населения. Приведены статистические данные, демонстрирующие рост строительства энергоэффективных жилых домов в Российской Федерации. Проанализированы мероприятия, включенные в проект энергоэффективного жилого дома по адресу: г. Самара, Куйбышевский район, пер. Саратовский, запроектированного инженерной компанией «ПАРЕКС». Сделаны выводы о технической возможности и экономической целесообразности строительства подобных зданий в Самарской области.

Ключевые слова: энергоэффективное строительство, энерго- и ресурсосбережение, комфортное жильё

Energy-efficient measures used in the construction of residential buildings in the Russian Federation were considered and analyzed. Energy-efficient construction is an effective way to improve the living conditions of the population. Statistics showing the growth in the construction of energy-efficient residential buildings in the Russian Federation are presented. Measures included in the project of an energy-efficient residential building at the address: Samara, Kuibyshevsky district, per. Saratov, designed by the engineering company "PAREX." Conclusions were drawn about the technical feasibility and economic feasibility of building such buildings in the Samara region.

Keywords: energy-efficient construction, energy and resource saving, comfortable housing

Проблемы энерго- и ресурсосбережения и поиск путей повышения энергоэффективности не теряют своей актуальности. Истощение запасов природных ресурсов, изменение климатических условий, стремительный рост цен на энергоносители – всё это заставляет развивать и совершенствовать энергосберегающие технологии, в том числе и в строительстве.

Одним из направлений внедрения ресурсосбережения является повышение энергоэффективности зданий, в том числе жилых домов. Здания всего мира используют около 40 % всей потребляемой первичной энергии, 67 % всего электричества, 40 % всего сырья и 14 % всех запасов питьевой воды, а также производят 35 % выбросов углекис-

лого газа и чуть ли не половину всех твердых городских отходов [1]. В принятой Парламентом ЕС «Зелёной декларации» указано, что около 84 % энергетических ресурсов от общего бытового и хозяйственного потребления расходуется на отопление и горячее водоснабжение зданий.

Поэтому широкое внедрение энергоэффективных технологий в строительстве, как одной из наиболее энергоемких отраслей человеческой деятельности, позволит снизить потребление энергии и тем самым оказать мощный «оздоравливающий» эффект на экологию в планетарном масштабе.

Ключевыми принципами энергоэффективности являются энергосбережение, повы-

шение уровня комфортности жизни, снижение негативного влияния на природу, улучшение экологической ситуации и получение экономического эффекта от внедрения этого комплекса мероприятий.

Энергоэффективность, в современном понимании, взаимосвязана с такими показателями, как надёжность, комфортный микроклимат, экологичность. Эволюционным продолжением этапа энергосбережения становится переход к понятиям «энергоэффективность» и «устойчивое развитие» [2–4]. Эти концепции все шире внедряются в общественное сознание. Покупатели жилья – современные городские жители – все больше уделяют внимания именно этим аспектам и оценивают свое нынешнее и будущее жилье по этим критериям. Кроме того, немаловажным фактором является сокращение расходов при эксплуатации энергоэффективных зданий. Внедрение современных инженерных систем, контроль количества потребляемых ресурсов, установка счетчиков тепла, воды, электроэнергии осветительных приборов с датчиками движения и т. п. приводят к сокращению эксплуатационных расходов, что при постоянно растущих тарифах является весьма актуальным [5, 6]. Поэтому такие здания являются наиболее инвестиционно привлекательными как сейчас, так и в долгосрочной перспективе.

Реализовать принципы энергоэффективности на практике возможно, подобрав и внедрив мероприятия, способствующие оптимальному использованию энергии, эффективному управлению ее расходованием, что позволяет снижать ее потребление, сокращать вредное влияние на окружающую среду и экономить деньги на энергетических расходах.

Кроме экономических выгод, энергоэффективность способствует повышению уровня комфортности жилья. Правильно спроектированные и построенные с учетом требований энергоэффективности здания сохраняют тепло зимой и прохладу летом, имеют лучшую вентиляцию и освещение, обеспечивая комфортные условия проживания и работы, что способствует улучшению здоровья людей, находящихся внутри.

За десятилетия внедрения в практику строительства энергосберегающих технологий разработан целый набор технических решений. Для повышения энергоэффективности зданий необходимо внедрять инновационные технологии и материалы при проектировании и строительстве зданий по следующим направлениям: герметизация наружного контура здания; оптимизация системы вентиляции с внедрением принципа рекуперации воздуха; сокращение затрат энергии на освещение, отопление и ох-

лаждение при максимально возможном использовании для этих целей альтернативных возобновляемых источников энергии.

Очевидность преимуществ строительства энергоэффективных зданий и практика строительства, демонстрирующая техническую возможность реализации подобных проектов, становятся предпосылками того, что количество энергоэффективных зданий растет как за рубежом, так и в нашей стране.

Первым воплощенным в Российской Федерации проектом энергоэффективного здания стал построенный в Москве в 2002 году многоквартирный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 [7]. В декабре 2010 года в Барнауле состоялся ввод в эксплуатацию 19-квартирного энергоэффективного жилого дома [8]. В 2011 году в Российской Федерации приступили к строительству уже 9 энергоэффективных зданий. Идея энергоэффективного строительства получила поддержку на государственном уровне. Для координации этого движения была создана Государственная корпорация «Фонд содействия реформированию ЖКХ». Была сформирована соответствующая нормативная база, в общественное сознание планомерно внедрялись идеи «зеленого строительства» и устойчивого развития. Все это дало реальные результаты, и в 2016 году по данным, представленным на Официальном сайте Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства [9], ситуация была следующая (табл. 1).

В 2021 году в Российской Федерации объем энергоэффективного строительства составлял в среднем по стране уже более 23 % от общего объема строительства. Было построено 2,2 тыс. энергоэффективных жилых домов [10] (табл. 2).

Из приведенных данных видно, что Самарская область в 2021 году занимала 17-е место в рейтинге российских регионов по строительству энергоэффективного жилья.

По оценке финансового института развития в жилищной сфере «ДОМ.РФ» [11] показатели энергоэффективного строительства в 2023 году представлены на рис. 1.

Анализ статистических данных показывает, что в 2023 году Самарская область вошла в топ-15 регионов с наибольшим количеством строящегося энергоэффективного жилья и поднялась на 9-е место в рейтинге из 85 регионов РФ.

Одним из примеров внедрения в практику строительства энергоэффективных мероприятий является созданный инженерной компанией «ПАРЕКС» проект жилого дома по адресу: г. Самара Куйбышевский район, пер. Саратовский.

Запроектированный 24-квартирный жилой дом представляет собой трехэтажное здание прямоугольной формы в плане, плоской

Таблица 1. Статистика проектирования и строительства энергоэффективных жилых домов по федеральным округам РФ в 2016 году
Table 1. Statistics on the design and construction of energy-efficient residential buildings in the federal districts of the Russian Federation in 2016

Округ	Построено, ед.	В стадии строительства, ед.	В стадии проектирования, ед.
Центральный федеральный округ	19	6	0
Южный федеральный округ	4	0	1
Дальневосточный федеральный округ	4	4	1
Сибирский федеральный округ	18	1	1
Приволжский федеральный округ	4	3	1
Северо-Кавказский федеральный округ	9	3	0
Уральский федеральный округ	3	1	0
Северо-Западный федеральный округ	4	1	3
ВСЕГО в Российской Федерации	64	19	7

Таблица 2. Статистика строительства энергоэффективных жилых домов по регионам РФ в 2021 году
Table 2. Statistics on the construction of energy efficient residential buildings by regions of the Russian Federation in 2021

Регион	Объем жилищного строительства, тыс. м ²	Объем энергоэффективного строительства, тыс. м ²	Доля энергоэффективного жилья, %
Москва	15 905	6853	43
Московская область	9582	3460	36
Свердловская область	3252	1293	40
Санкт-Петербург	9809	1032	11
Тюменская область	2480	1032	42
Красноярский край	2045	850	42
Пензенская область	982	679	69
Краснодарский край	7877	649	8
Удмуртская Республика	1381	608	44
Новосибирская область	3021	540	18
Пермский край	1410	502	36
Алтайский край	924	484	52
Воронежская область	1705	448	26
Республика Башкортостан	3345	426	13
Ростовская область	2631	425	16
Приморский край	1184	416	35
Самарская область	1646	384	23
Ленинградская область	3139	381	12
Тульская область	749	346	46
Ярославская область	858	336	39

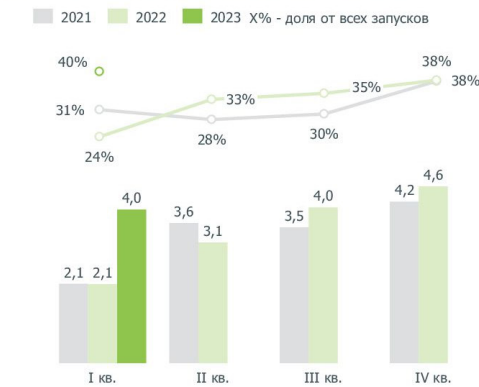
Энергоэффективное жилищное строительство
Показатели энергоэффективного жилищного строительства

Показатель	По состоянию на 01.04.2023	Изменение к 01.01.2023
Количество домов, шт.	2 654	+4,9%
Доля в общем числе домов, %	28,5	+1,3 п.п.
Объем строительства, млн кв. м	32,3	+4,7%
Доля в общем объеме строительства, %	32,8	+1,5 п.п.

Топ-15 групп компаний по объему строящихся энергоэффективных проектов на 01.04.2023, тыс. кв. м (доля в портфеле группы компаний)



Запуски новых энергоэффективных проектов (относящихся к классам А, А+, А++), млн кв. м



Топ-15 регионов по объему строящихся энергоэффективных проектов на 01.04.2023, тыс. кв. м (доля в портфеле региона)



Рис. 1. Показатели энергоэффективного жилищного строительства в РФ
Fig. 1. Indicators of energy efficient housing construction in the Russian Federation

крышей и внутренним водостоком. Размер здания в плане 32,9 x 15,26 м.

Здание сформировано тремя жилыми этажами, техническим помещением, расположенным на крыше, и техническим подпольем (рис. 2).

Высота жилых этажей – 3,0 м, высота помещений технического подполья – 1,78 м. Техническое подполье предназначено для размещения теплового пункта и водомерного узла. На жилых этажах располагаются одно- и двухкомнатные квартиры, электрощитовая и вспомогательные помещения для хранения уборочного инвентаря. В техническом помещении на отметке +8.980

расположено помещение, предназначенное для аккумуляторов солнечных батарей.

Конструктивная система здания – стеновая. Вариант расположения несущих стен – продольно-стеновой. Наружные и внутренние несущие стены запроектированы из полнотелого силикатного кирпича толщиной 380 мм. Наружные стены выполнены с утеплением минераловатными плитами ROCKWOOL типа «ФасадБаттс» толщиной, принятой по теплотехническому расчету 200 мм по технологии «RockFasade». Произведено утепление конструкции покрытия плитой ROCKWOOL

а



б



Рис. 2. Энергоэффективный дом. Визуализация: а – вид 1; б – вид 2

Fig. 2. Energy efficient home. Visualization: a – view 1; b – view 2

толщиной 300 мм и перекрытия технического подполья в два слоя плитами ROCKWOOL толщиной 0,1 и 0,025 м.

Представленные ниже инженерные решения и мероприятия, предложенные в проекте, позволяют значительно сократить потребление тепловой, электрической энергии и воды:

- устройство индивидуального теплового пункта с узлом коммерческого учета тепловой энергии;
- установка геотермального теплового насоса, который является источником теплоснабжения системы отопления;
- установка электронного регулятора температуры, осуществляющего автоматическое регулирование температуры теплоносителя в системе отопления на выходе к потребителям в зависимости от температуры наружного воздуха в соответствии с установленным температурным графиком;
- установка механических теплосчетчиков поквартирного учета тепловой энергии;
- установка водомера ВСХ-20 на входе водопровода в водомерный узел для учета общего расхода воды на здание;
- установка индивидуальных квартирных счетчиков холодной и горячей воды;
- установка на крыше жилого дома вакуумных солнечных коллекторов для приготовления горячей воды в системе ГВС;
- монтаж двухтрубной тупиковой системы отопления с горизонтальной поквартирной разводкой стояков и нижней разводкой магистралей под потолком техподполья;
- установка в качестве нагревательных приборов панельных радиаторов «VOGEL&NOOT» со встроенным термостатическим клапаном;
- установка механических балансировочных клапанов для гидравлической балансировки системы отопления;
- снижение теплопотерь в трубопроводах достигается с помощью прокладки их в теплоизоляционных цилиндрах ROCKWOOL;

▪ устройство тамбуров, оборудованных двойными дверями, позволяет добиться снижения потерь тепла во входной зоне;

▪ экономия электроэнергии достигается за счет коммерческого учета расхода электроэнергии счетчиками типа «Меркурий» (класс точности 1.0);

▪ использование альтернативных источников электроэнергии – солнечных панелей, установленных на крыше здания;

▪ применение светильников со встроенными датчиками движения;

▪ выбор герметичных оконных и дверных конструкций в соответствии с проведенным теплотехническим расчетом для климатического района места строительства по ГОСТ 30674-99 и СНиП 23-02-2003.

Источником теплоснабжения системы отопления является геотермальный тепловой насос. Теплоноситель – вода с параметрами $T = 60-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для приготовления горячей воды в системе ГВС на крыше жилого дома предусмотрена установка вакуумных солнечных коллекторов. Горячая вода на выходе из ИТП имеет температуру $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Автоматическое регулирование системы отопления и ГВС осуществляется в индивидуальном тепловом пункте.

Энергетические показатели здания:

▪ общие теплопотери через ограждающую оболочку здания в течение отопительного периода – 379634 МДж;

▪ теплопоступление в здание от солнечной радиации за отопительный период – 79155 МДж;

▪ потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период – 250408 МДж.

В соответствии с современной международной классификацией домов по энергозатратам, если затраты на отопление помещения

в год составляют менее 324 МДж, дом считается энергоэффективным [5, 6]. В доме, запроектированном инженерной компанией «ПАРЕКС», этот показатель составляет 201,6 МДж. Таким образом, данный жилой дом можно уверенно отнести к энергоэффективным зданиям. Это подтверждается и отечественной классификацией, согласно которой дому присвоен класс энергетической эффективности здания «А» – очень высокий.

Реализация данного проекта позволит сделать еще один шаг к популяризации энергоэффективного строительства, более широкому внедрению энергосберегающих мероприятий и увеличению количества энергоэффективных жилых домов в частности в Самарской области.

Вывод. Резервом дальнейшего увеличения объемов строительства энергоэффективных зданий может стать применение более прогрессивных несущих систем, например сборно-каркасной. Этот вариант конструктивной системы облегчит вес здания и уменьшит нагрузку на фундамент, а также приведет к сокращению количества «мокрых» процессов на стройплощадке, что позволит сооружать комфортные быстровозводимые жилые здания.

Анализ статистических данных и практики строительства, в том числе в Самарской области, позволяет сделать вывод, что энергоэффективное строительство набирает темпы в нашей стране. Количество проектируемых и возводимых энергоэффективных жилых домов постоянно увеличивается, и это является общероссийской тенденцией. Массовое возведение подобных зданий входит в широкую практику российского строительства, что свидетельствует о том, что энергоэффективные технологии становятся все более востребованными в нашей стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жигулина А.Ю., Адилова Н.Б. Энергоэффективные жилые комплексы в РФ. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство [Электронный ресурс]: сборник статей / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, Е.А. Ахмедовой. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2023. С. 586-593.
2. Вавилова Т.Я. Актуальные тренды архитектурного проектирования в эпоху устойчивого развития. Часть 1. Учет экологических факторов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, №2. С. 147–155. DOI:10.17673/Vestnik.2023.02.20.
3. Сухинина Е.А. Анализ методов экологической оценки градостроительных проектных решений // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, №1. С. 123–132. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.16.
4. Рынкoвская М.И., Цурин Е.Д. Процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России // Градостроительство и архитектура. 2023. Т.13, №1. С. 166–176. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21.
5. Жигулина А.Ю. Зарубежный и отечественный опыт проектирования энергоэффективных жилых домов // Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 29–30.
6. Широков Е.И. Экодом нулевого энергопотребления – реальный шаг к устойчивому развитию // Архитектура и строительство России. 2009. №2. С. 35–39.
7. Табуничиков Ю.А. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-пресс, 2003. 192 с.
8. Официальный сайт Государственной корпорации – «Фонд содействия реформированию ЖКХ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fondgkh.ru/news/44215htm/> (дата обращения: 25.05.2024).
9. Официальный сайт Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fondrgs.ru/http://energodoma.ru> (дата обращения: 25.05.2024).
10. Обзор жилищного строительства в I кв. 2023 г. <https://pravdaosro.ru/wp-content/uploads/2023/05/0c4gd6fuodmd1kxy0uaxeivr1z84x2fr.pdf> (дата обращения: 25.05.2024).
11. В «Дом.РФ» назвали регионы с самым энергоэффективным строительством/ РБК. 15 ноября 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.дом.рф/media/smi/v-dom-rf-nazvali-regiony-s-samym-energoeffektivnym-stroitelstvom/> (дата обращения: 14.12.2022).

REFERENCES

1. Zhigulina A.Yu., Adilova N.B. Energy-efficient residential complexes in the Russian Federation *Sbornik statey Samar. state tech. univ Traditsii i innovatsii v arkhitekture i stroitelstve* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning], 2023. P.P. 586-593 (in Russian)
2. Vavilova T.Ya. Current trends in architectural design in the era of sustainable development. Part 1. Taking into account environmental factors. *Gradostroitelstvo i arkhitektura* [Urban construction and architecture] 2023. Vol.13, No. 2 p.p.147-155 (in Russian)
3. Rynkovskaya M.I., Tcurin E.D. Process of Adapting International Concepts of Sustainable Construction in Russia. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol.13, no.1, pp.166–176. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21.
4. Sukhinina E.A. Analysis of Methods for Environmental Assessment of Urban Project Solutions. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022. Vol. 12, no. 1. Pp. 123–132. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.16.
5. Zhigulina A.Yu., Foreign and domestic experience in designing energy-efficient residential buildings *Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura* [Bulletin of SGASU. Urban planning and architecture] 2011. Vol. 1. p.p 29-30 (in Russian)

6. Shirokov E.I. An eco-house of zero energy consumption is a real step towards sustainable development *Arkhitektura i stroitel'stvo rossii* [Architecture and construction of Russia] 2009.No.2. p.p. 35-39(in Russian)

7. Y.A.Tabunschikov, M.M.Brodach, N.V.Shilkin *Energoeffektivnye zdaniya* [Energy Efficient Buildings]. Moscow, AVOK-press, 2003. 192 p.

8. Oficialnyisai Gosudarstvennoikorporacii«Fond-sodeystviareformirovaniyuZHKH» (The official website of the State Corporation – “Fund for Assistance to Housing and Communal Services Reform) Available at: <http://www.fondgkh.ru/news/44215htm/>

9. OficialnyisaitFederalnogofondasodeystvia rasvitiujilishnogo stroielstva. (The official website of the Federal Fund of housing development assistance) Available at: <http://www.fondrgs.ru> <http://energodoma.ru>

10. Available at: <https://pravdaosro.ru/wp-content/uploads/2023/05/0c4gd6fuodmd1kxy0uaxeurb1z84x2fr.pdf>

11. V«DOM.RF»nazvaliregionyssamimenergoeffektivnymsrtoitelstvom/RBK15noyabrya 2021 (To the “House.The Russian Federation” named the regions with the most energy-efficient construction / RBC. November 15th, 2021.) Available at: <https://ardexpert.ru/>

Об авторах:

ЖИГУЛИНА Анна Юрьевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры металлических
и деревянных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: auzhigulina@mail.ru

ZHIGULINA Anna Yu.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Metal
and Wooden Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: auzhigulina@mail.ru

ЮРЧЕНКО Юрий Иванович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры металлических
и деревянных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: yuri-yurch@yandex.ru

YURCHENKO Yuri Iv.

PhD in Engineering Sciences,
Associate Professor of the Metal
and Wooden Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: yuri-yurch@yandex.ru

Для цитирования: Жигулина А.Ю., Юрченко Ю.И. Энергоэффективные здания: ключевые принципы и практика проектирования и строительства // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 118–124. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.17.

For citation: Zhigulina A.Yu., Yurchenko Yu.I. Energy efficient buildings: key principles design and construction practice. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 118–124. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.17.

АРХИТЕКТУРА

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



УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.18

Э. В. ДАНИЛОВА

АРХИТЕКТУРНАЯ ДИАЛЕКТИКА КОЛИНА РОУ

COLIN ROWE'S ARCHITECTURAL DIALECTICS

Статья посвящена теоретическому архитектурному наследию Колина Роу. Рассматриваются истоки формирования мышления ученого, основанного на влиянии двух различных научных школ. Далее представлено три наиболее значимых эссе Роу, посвященных архитектурной проблематике. Описываются начала исследовательской работы ученого, определившие его пристрастие к парадоксальным сопоставлениям и интеллектуальному подходу в первом из них; анализируется становление подхода, основанного на восприятии во втором; в третьем эссе рассматривается творческий и концептуальный синтез двух подходов, характеризующий зрелый этап развития диалектической методологии Роу. В каждом случае предметом интереса становится научная эволюция Роу, а также значимость его методологии в теории архитектуры.

Ключевые слова: сравнительный формальный метод, интеллектуальный анализ, эмоциональное восприятие, концептуальный подход, внимательное чтение, архитектурная форма, пропорции, прозрачность, ракурс, Вельфлин, Виттквер, Хичкок, Слutzky

Во всех работах, посвященных выдающемуся мыслителю, университетскому профессору и теоретику архитектуры XX века Колину Роу, отмечается его огромное влияние на несколько поколений современных архитекторов. На русский язык переведена одна из книг Роу, написанная им совместно с Фредом Кеттером, – «Город-коллаж» [1]. Опубликованная в России спустя несколько десятилетий после своего первого издания книга не могла передать того

The article is devoted to the theoretical architectural heritage of Colin Rowe. The article examines the origins of the formation of a scientist's thinking, based on the influence of two different scientific schools. Below are three of Rowe's most significant essays on architectural issues. The beginnings of the scientist's research work which determined his passion for paradoxical comparisons and the intellectual approach are described in the first of them; the formation of an approach based on perception in the second essay is analyzed; the third essay examines the creative and conceptual synthesis of the two approaches that characterizes the mature stage of development of Rowe's dialectical methodology. In each case, the subject of interest is Rowe's scientific evolution, as well as the significance of his methodology in architectural theory.

Keywords: comparative formal method, intellectual analysis, emotional perception, conceptual approach, close reading, architectural form, proportions, transparency, perspective, Wölfflin, Wittkower, Hitchcock, Slutzky

эффекта, который она оказала в свое время на архитекторов. Тем не менее, в отечественной науке все чаще встречаются ссылки на Роу, на его непереуведенные работы, являющиеся каноническими для архитектуроведения. Появляются и статьи современных отечественных исследователей, посвященных его теоретическим концепциям [2]. Но наследие Колина Роу все еще остается малоизученным в российской науке, что позволяет представить данную статью как

одну из попыток раскрыть его теоретические концепции и уникальную методологию для отечественных архитекторов. Интерес к личности Колина Роу с годами только нарастает. Сегодня изданы три тома его произведений, мемуаров, интервью, переписки [3]. Сборник эссе «Математика идеальной виллы и другие эссе» [4], как и «Город-коллаж» [5], постоянно переиздаются на разных языках и всегда находятся на полках магазинов архитектурных книг. Отдельные периоды жизни Роу исследованы в различных изданиях, в том числе в специальном выпуске журнала *Апу*, посвященном ему [6–8]. Проводятся научные конференции, на которых анализируются его работы и его актуальность для современного архитектурного мышления.

Наследие Роу заключается не только в текстах. Практически вся жизнь Роу – это карьера университетского преподавателя. Несмотря на свое архитектурное образование, полученное в Ливерпульском университете, Колин Роу, получив травму в армии, куда он был призван во время войны, был вынужден отказаться от работы архитектора, поскольку не мог проводить много часов за чертежной доской. Роу выбрал путь исследователя и стал единственным учеником выдающегося искусствоведа Рудольфа Виттковера в Варбургском университете в Лондоне. Некоторое время Роу преподавал в Ливерпуле, а затем отправился в Йельский университет учиться у другого знаменитого ученого и критика – Генри-Рассела Хичкока. Несколько лет (1953 по 1956 гг.) Колин Роу преподавал в Техасском университете, став членом группы «Техасские рейнджеры», и затем, за редким исключением работы в Купер Юнион и Кембридже в Англии, Роу был профессором в Корнеллском университете в Итаке – университете, сыгравшем колоссальную роль в становлении современной архитектуры. Эта жизнь, небогатая внешними событиями, с одной стороны, и целиком наполненная архитектурой, во всех ее аспектах, временах и жанрах, оказалась удивительно плодотворной с точки зрения значимости в профессии тех архитектурных поколений, которые были его учениками.

Исследуя концепции Колина Роу, погружаясь в его мысль, можно сегодня понять, как и каким материалом были сформированы многие позиции в современной архитектуре, проявившись через слово в пространстве и форме. В настоящей статье рассматриваются наиболее цитируемые работы Роу, которые и послужили основой для пересмотра современной архитектуры как явления, далеко выходящего за рамки ортодоксального модернизма. Но прежде чем перейти к анализу этих работ, необходимо представить основания его исследовательского

метода, который в итоге привел Колина Роу не только к открытиям и новым парадоксальным интерпретациям истории и современности, но и к его уникальной педагогической практике, благодаря которой во многом развивается архитектура сегодня.

Метод

С самого начала в творческой биографии Роу существовала двойственность, которая акцентируется всеми исследователями его работы. Особенности его образования сразу выделяют Колина Роу из круга его современников – архитекторов, критиков и теоретиков. Для пишущих об архитектуре всегда недостаточно искусствоведческого образования – необходимо понимать суть профессии, чтобы выносить суждения, которые были бы не внешними по отношению к архитектуре, но исходящими из ее смысла и содержания, с одной стороны. С другой – архитекторам часто не хватает знаний истории, философии, культуры, чтобы выйти за рамки повседневной практики и сделать обобщающие наблюдения. Поэтому большая часть наиболее ценных текстов об архитектуре создана теми архитекторами, кто объединял эти две важные способности – создавать архитектуру и создавать тексты о ней. Тексты таких архитекторов являются наиболее ценными, вне зависимости от времени их создания, начиная с античной традиции. Роу и был таким архитектурным мыслителем. Будучи изначально архитектором, он стал исследователем благодаря блистательной школе искусствоведения, которая на тот момент существовала в Англии. Но Роу был не просто историком или критиком, не просто учителем или теоретиком, он удивительным образом совмещал в своей работе все эти ипостаси с единственной целью – осмысления и создания современной архитектуры на основе исторических прецедентов с помощью новейших открытий искусства и науки.

Так Браден Энгель называет Роу *Ianus Architectus*, обращаясь к образу двуликого древнеримского бога, который одновременно воплощает прошлое и будущее, начало и конец: «Другими словами, *Ianus Architectus* амбихронен, действует между историей и практикой архитектуры, на стыке прецедентов и инноваций» [9]. Франческо Бенелли отмечает важное качество работ Роу: «Произведения Колина Роу не описывают произведения, а интерпретируют их, преобразуют, подвергают неожиданным сравнениям, способным вызвать резонансы между далекими по стилю архитектурами. Его эссе ... сплетают паутину беспрецедентных отношений между отдаленными во

времени и стилистически зданиями, выявляют аналогии между формальными структурами артефактов и рассматривают историю архитектуры как поле непрерывных трансформаций» [10]. Роу заинтересован не в критике или теории самих по себе, но именно в интерпретациях архитектуры, потому что это и есть путь к ее созданию – через прошлое к будущему. Такой подход был уникальным для своего времени, поскольку в науке существовали ментальные границы, заставляющие исследователей придерживаться отдельного поля исследования. Он стал единственным автором, который сумел соединить не только прошлое и будущее в эпоху их радикального разделения, но и синтезировать две различные методологии, принятые в искусство- и архитектуроведении.

Роу занялся историей архитектуры в тот момент, когда в Англии сложилась особенная ситуация, определенная трагическими обстоятельствами своего времени. Приезд немецких ученых изгнанников – Фрица Закля, Эрнеста Гомбриха и Рудольфа Виттковера и переезд библиотеки Варбурга – определили трансформацию школы английского искусствоведения, основанного на эмпирическом подходе. Эмигранты привнесли методологию, основанную на формальном анализе искусствоведа Генриха Вельфлина, направленного на формальный анализ и концептуальное исследование артефактов. Виттковер, учитель Роу и ученик Вельфлина, развил метод последнего, применимо к архитектуре. В период своего пребывания в Англии Виттковер работал над эссе, посвященным архитектуре Возрождения и объединенными позже в книгу «Архитектурные принципы в эпохи Гуманизма» (1949 г.) [11]. Наиболее известное впоследствии эссе было посвящено Палладио. Виттковер провел графический анализ планов вилл Палладио, создав ряд диаграмм, что позволило ему выявить основополагающий принцип организации пространства, который лежал в основе архитектуры каждой из этих вилл. Диаграммы демонстрировали как абсолютную идентичность композиционных схем, так и различия, продиктованные внешним контекстом. Блестательный анализ Виттковера стал главным уроком для Колина Роу, который далее развил этот метод. Виттковер и определил тему магистерской диссертации Роу, которая была посвящена английскому архитектору-палладианцу Иниго Джонсу. Роу, основываясь на рисунках Джонса, предположил, что они являются подготовительными для трактата Джонса, который так никогда и не был написан. Формальный анализ рисунков, продолжающий линию Вельфлина-Виттковера, был применен Роу для

сравнения прецедентов, относящихся к разным эпохам. Таким образом, концептуальное прочтение архитектуры, стало одной из составляющих его будущего личного метода.

Вторая составляющая его метода была сформирована в Америке, куда Роу уехал учиться у Генри-Рассела Хичкока в Йельский университет. Одна из самых известных книг Хичкока, написанная им совместно с Филипом Джонсоном, была посвящена современной архитектуре – «Интернациональный стиль. Архитектура с 1922 года», в которой авторы определяли модернизм через эстетические характеристики [12]. Книга, как и другие работы Хичкока, демонстрировала влияние Джеффри Скотта, английского историка архитектуры, который написал «Архитектуру гуманизма» (первое издание в Нью-Йорке в 1914 г.), воплощая скорее эмоциональный и субъективный взгляд знатока, наслаждающегося архитектурой, чем рациональный объективный взгляд исследователя, стремящегося выявить константы [13]. Скотт шел от истории вкуса к истории идей, и Хичкок позже интерпретировал это движение в новом контексте.

В 1948 г. Хичкок опубликовал книгу, в которой показал влияние авангардной живописи на становление современной архитектуры [14]. Искусствоведческая методология Хичкока основывалась на визуальных впечатлениях, противоположных поиску концептуальной идеальной модели Виттковера. Противопоставление двух методов Виттковера и Хичкока не стало проблемой для Колина Роу, но напротив обеспечило ему необходимое основание для синтеза обоих: «...интеллектуальная позиция Роу между Виттковером и Скоттом, между наукой и знатоком, или, другими словами, между немецкой интеллектуальной объективностью и англо-американской экспериментальной субъективностью» [15] позволила ему исследовать архитектуру в ее наибольшей полноте через концептуальный и эмпирический опыт. Спустя два десятилетия Р. Барт напишет «Удовольствие от текста», где опишет два вида удовольствия читателя – от формы и содержания, разделяя концептуальное и чувственное в его опыте [16]. Бернард Чуми продолжит эти рассуждения в «Удовольствии от архитектуры» [17], опираясь не только на Р. Барта, но и на методологию Колина Роу, который задолго до французского ученого нашел баланс этих двух противоположностей – концепции и перцепции, как условие для понимания архитектуры.

Диалектический метод Роу развивался со временем. Двойственность продолжала быть его определяющей характеристикой. Это была великая способность исследователя совмещать

любые противоположности – прошлое и будущее, интеллектуальное и чувственное, идеальное и уникальное, историческое и современное, плоское и объемное, математическое и живописное, которая воплотилась в серии его немногочисленных эссе, демонстрирующих невероятную плотность и интенсивность архитектурных открытий. Роу отмечал привлекающее его качество в Ле Корбюзье как способность сохранять равновесие между мыслью и ощущением. Это качество может быть понято как автобиографическое. Именно баланс аналитического и эмпирического Роу ценил в великом архитекторе, но именно к этой цели в своей работе стремился и сам мыслитель. В статье рассматриваются три эссе, которые являются ключевыми для понимания этапов развития мышления Роу, его исследовательской методологии.

Математика идеальной виллы

Когда Колин Роу опубликовал эссе «Математика идеальной виллы» в *Architectural Review* в 1947 г., ему было двадцать семь лет [18]. Это был молодой человек, представитель поколения, которое, несмотря на обучение классике, чутко воспринимало континентальное влияние современной архитектуры. Книга «К архитектуре» Ле Корбюзье была уже переведена Фредериком Итчеллом, который добавил в ее название слово «новый» [19]. Стремление «К новой архитектуре», в восприятии послевоенного поколения английских архитекторов, означало, что, кроме устоявшихся островных традиций вечной классики, существует будущее, очертания которого не похожи на привычные формы, но создается окружением, которое меняет индустриальная эпоха. Из книги следовало, что мир классики не подлежит отмене, наоборот следует стремиться превратить его лучшие творения в стандарты для создания современной архитектуры.

Для Роу, чья работа была связана с одной из таких архитектурных вершин – работой Палладио, Ле Корбюзье представлялся реинкарнацией архитектора Возрождения. В своих текстах, последовавших за «Математикой», Роу постоянно возвращался к значению Ле Корбюзье для архитектуры, сравнивая его с великим предшественником. Двойственность, существовавшая в контексте, определяемом как классической школой, так и модернизмом за ее пределами, стало возможностью для Роу провести параллель между Палладио и Ле Корбюзье и заняться тем, что он называл «внимательным рассмотрением» архитектуры, что и стало впоследствии его уникальной отличительной чертой. И все же сравнение двух очевидных противополож-

ностей было не просто смелым, но радикальным шагом для архитектуроведения, которое было разделено на два лагеря, исповедующих различные ценности. Так Виттковер не принял работу своего ученика, и, возможно, этим неприятием объясняется отсутствие ссылок на своего учителя в работах Роу. Мир архитектур, между которыми, казалось бы, существовал непреодолимый водораздел, внезапно появился в работе Роу как целостный мир архитектуры, в котором связь времен не была разорвана, но напротив, существовала, доказывая логичное непрерывное развитие самой архитектуры.

На фоне других теоретиков современной архитектуры Роу также выделялся стремлением установить эту связь. Если Хичкок и Гидион искали основания модернизма в духе эпохи, неважно – эстетическом или технологическом, то Роу выбрал из всех аспектов архитектуры те, что не претерпели изменений с течением столетий. И в этом он опирался на Ле Корбюзье, который рассматривал архитектуру как «игру объемов». Так же как и Ле Корбюзье, Колин Роу рассматривает оба объекта как кубические объемы, к которым можно применить анализ пропорций и структуры, что на самом деле является внутренними качествами архитектуры как дисциплины и в большей степени могут быть осознаны и восприняты теми, кто существует внутри самой профессии. Роу – не внешний наблюдатель, он – архитектор, и его волнует вопрос структуры, вопрос, который и становится ключевым для его эссе. Неудивительно, что текст Роу с самого начала стал невероятно влиятельным, поскольку анализ архитектуры, проведенный им, предлагал новый взгляд не только на взаимоотношения классики и модернизма, но и утверждал возможность выхода из существующего конфликта между двумя лагерями. Кроме того, парадоксальный подход Роу ломал стереотипы, которыми страдали представители обоих лагерей с их непримиримыми противоречиями.

Эпиграф, который предшествует тексту, взят из *Perinatalia* Кристофера Рена. Рен говорит о двух видах красоты – естественной и привычной. Первая из них основывается на идеальной гармонии и единообразии, вторая связана с использованием знакомых вещей и любовью к ним. Так Роу сразу устанавливает и сходство, и различие. Все есть красота, но мы можем воспринимать ее из разных источников. Следом за эпиграфом Роу оглушает читателя 1947 г. утверждением тождественности виллы Ротонда Палладио и виллы Савой: это контраст между кубическим абстрактным объемом и живописным природным окружением. Внимательный читатель и знаток архитектурных трактатов

Роу отмечает это сходство в текстах архитекторов, сопровождающих проекты, обращая внимание на «римские аллюзии», присущие им. В сознание читателя-архитектора входит не только общее качество классики и модернизма, но и полное равенство архитектора-классика и архитектора-современника.

Далее Роу предлагает обратиться к более конкретному сравнению творчества двух равновеликих, по его мнению, архитекторов, анализируя виллу Мальконтента Палладио и виллу в Гарше ле Корбюзье: «Это два здания, которые по своей форме и внешнему виду настолько непохожи, что сводить их вместе казалось бы шуткой ... то нельзя позволить, чтобы эта разница настроений препятствовала внимательно рассмотрению» [18]. В первую очередь Роу обращается к геометрии, как к универсальной архитектурной категории. Геометрия-математика – абстрактна. Есть истина числа и формы, а это означает, что сама математика является идеальным ключом к анализу, претендующему на объективность суждения и устраняющему любое субъективное восприятие. Он анализирует объемы, обладающие одинаковым соотношением длины, ширины и высоты – 8:5:5; ритм пространственных интервалов, равное число уровней, пропорций, одинаково важных для Палладио и Ле Корбюзье. Но затем анализ геометрического сходства сменяется анализом различий: «...одна схема потенциально расфокусирована и, возможно, эгалитарна, а другая концентрична и, безусловно, иерархична» [18]. И вот это сущностное различие определяется Роу как различие системы представлений и ценностей каждого архитектора. Различия, выраженные в конструктивной системе и частей, таким образом, становятся по Роу «оправданием взглядов» и оппозицией между иерархией и свободой.

Все, что Роу пишет дальше, связано с концептуальной программой каждого архитектора. Для Палладио центральная симметрия, соподчинение, целостность определены его представлениями об идеале, о высшей гармонии, что выражается в предельной ясности плана, его стремлении не воссоздать античность, но достичь нечто большего – «...творческая ностальгия вызывает проявление мифической силы, в которой римлянин отождествляется с идеалом» [18]. Для Ле Корбюзье идеал заключается в живом хаосе непредсказуемого, заключенном в кубе, чья обманчивая форма полностью статична скрывается внутри. Текст, посвященный свободному плану Ле Корбюзье, становится страстным аргументом Роу в защиту современной архитектуры. Он показывает, что его современник, так же как

и Палладио, стремится к идеалу, но его идеал выходит за пределы римских прототипов и включает весь доступный его воображению мир: «случайные происшествия в Париже, или Стамбуле, или где бы то ни было; аспекты случайно живописного, механического, объектов, считающихся типичными, всего, что может показаться представляющим настоящее и полезное прошлое...» [18]. И совсем поэтично: «Маленький павильон на крыше Гарше – это одновременно и храм любви, и мостик корабля» [18]. Так написать мог только архитектор, страстно влюбленный в архитектуру, и эти образы подчеркивают энергию и одухотворенность текста Роу, который также любит эти качества у Ле Корбюзье.

Возвращаясь к началу этой короткой статьи, читатель вспоминает эпиграф Рена – красота двуклика. И значит, идеал тоже неоднозначен. Есть невероятная цельность плана Мальконтента, когда смысл объекта постигается через его центральный элемент – крестообразный план, главный элемент словаря Палладио. Есть непостижимая, через какой-либо один элемент, архитектура виллы Ле Корбюзье, где объект можно постичь только через движение, через серию пространственных коллизий, через противоречия и конфликты, через сочетание абсолютного и случайного, того, что вызывает в нас любовь к знакомым вещам. «Пространственная смелость плана Гарше продолжает восхищать», – пишет Роу в завершении, что является проявлением интеллектуального подвига, который совершают, по мнению Роу, оба архитектора» [18].

«Математика идеальной виллы» определила будущую работу Роу. Теперь сравнительный формальный анализ, разработанный Вельфлиным и Виттковером, был распространен Роу за границы временных рамок. Универсальные принципы, лежащие в основе любого архитектурного объекта, были раскрыты им как константы, позволяющие сравнение за пределами стилистических особенностей и границ исторических периодов. В своих последующих работах Колин Роу развил свой метод, сравнивая маньеризм, неоклассицизм и модернизм, доказав, что современная архитектура во многом наследует приемы и подходы классической. Но это сравнение не только обогатило представление о современной архитектуре, но и показало новаторскую сущность модернизма, имеющего не меньшую ценность, чем классическое наследие.

«Математика» стала примером того, что внимательное рассмотрение и влюбленный взгляд в архитектуру позволяют увидеть то, что ускользает от поверхностного взгляда, ограниченного предубеждениями исследователя, занимающего позицию в том или ином лаге-

ре. Непрерывность развития архитектурного мышления становится поводом для архитектурных открытий, а великие архитекторы, отвечая на вызов духа своей эпохи, всегда реферируют к своим предшественникам, поскольку для архитектурного воображения в отличие от манифестов не существует ограничений. «Если современная архитектура предлагала бороться со всякой ортодоксальностью в интересах рациональной эволюции и если она никогда не считала, что ее прошлое может определять ее будущее, все еще вне всякого сомнения, что определенный консенсус теоретических принципов и некоторых общих композиционных методов действительно отличал словесные высказывания и пластические решения двадцатых годов», – позже напишет Роу [20].

Прозрачность: буквальная и феноменальная

Два текста под общим названием «Прозрачность: буквальная и феноменальная» были написаны Колином Роу вместе с Робертом Слущки в 1955 [21] и 1956 гг. [22]. В это время Роу преподавал в Техасском университете после учебы у Хичкока. Исследователи определяют изменение, которое произошло в мышлении Роу в этот период как переход от концептуального к перцептивному [23]. И действительно, оба текста основаны на особенностях восприятия живописи и архитектуры. Хичкок в это время занимался исследованиями абстрактной живописи и ее влияния на модернизм, и этот эстетический аспект несомненно волновал Роу. Кроме того, преподавание в Техасе было во многом связано с живописной практикой и посткубистскими исследованиями. И тем не менее, нельзя сказать, что Роу отказался от формального анализа школы Вельфлина-Виттковера. Напротив, «Прозрачность» можно воспринимать как логическое продолжение его предыдущих эссе «Математика идеальной виллы» и «Маньеризм и модернизм».

Если в первом из них Роу исследовал композиционные схемы, отмечая сложность построений Ле Корбюзье, для которых характерен пространственный конфликт и множественность интерпретаций, то во втором Роу обращается к промежуточному явлению в искусстве и архитектуре, которое развивается между большими стилями. Маньеризм отличается амбивалентность, беспокойство, неясность и нестабильность, постоянные колебания между крайностями и отсутствие единства. Роу доказывал, что это относится не только к маньеризму, существовавшему между Высоким Возрождением и Барокко, но и современ-

ной архитектуре. Он обнаруживает признаки маньеризма в вилле Швоб в Ла-Шо-де-Фон Ле Корбюзье, в ранних работах Адольфа Лооса, Вальтера Гропиуса и Миса ван дер Роэ, приводя примеры противоречий и диссонансов. И во всех этих примерах и блестящем анализе Роу демонстрирует явное пристрастие к неоднозначным явлениям со сложной структурой, к явлениям, которые представляют собой объекты для внимательного прочтения и расшифровки. Двойственность и неясность означают возможность богатства значений, а следовательно, интерпретаций. Такие произведения стимулируют интеллект и инстинкт исследователя, стремящегося проникнуть в тайны творчества, а именно таким и является Колин Роу. Его задача – раскрыть хитросплетения и обнаружить логику в том, что, казалось бы, ее лишено, прочитать контекст и объект, увидеть общее не на поверхности, но в глубине. И чем сложнее, тем интереснее. Если смотреть с такой позиции на работы Роу, то «Прозрачность» становится понятной как выбором темы, так и теми открытиями, которые Роу и Слущки сделали в этом тексте.

«Прозрачность» – многозначный термин, с одной стороны, определяющий качество материала, с другой – представляющий собой «врожденное качество организации», при которой все элементы, составляющие целое, находятся в отношениях таких пространственных положений, при которых они являются очевидными. Это и порождает двусмысленность и колебания. Таким образом, первый тип прозрачности – это буквальная прозрачность, второй – феноменальная. Оба типа, как замечают Роу и Слущки, проистекают из кубистской живописи, но первый из них – буквальная прозрачность – также обязана своим происхождением индустриальному прогрессу, благодаря которому появились большие поверхности из стекла, изменившие урбанистический ландшафт. Это вдохновило таких исследователей, как Зигфрид Гидион, связать кубизм с современной архитектурой, но авторы считают это неверным, предлагая обратиться к тонкостям кубистской живописи и зафиксировать различия, которые остались без внимания.

Сравнивая работы Пабло Пикассо и Жоржа Брака, Робера Делоне и Хуана Гриса, Ласло Мохоли-Надя и Фернана Леже, – Роу и Слущки указывают на существенные различия, проясняя, что на самом деле представляет собой феноменальная прозрачность: «Как мы замечаем, буквальная прозрачность имеет тенденцию ассоциироваться с эффектом полупрозрачного объекта в глубоком, натуралистическом пространстве; в то время как феноменальная

прозрачность, кажется, достигается тогда, когда художник ищет четкое представление фронтально изображенных объектов в неглубоком, абстрактном пространстве ... Леже интересует структура формы, Мохоли – материалы и свет» [24]. Итак, существует такая структура формы, которая создана посредством слоев, каждый из которых можно выделить и обозначить. Слои спрессованы до такой степени, что невнимательный зритель воспринимает объект как сложное неясное и неопределенное множество. Такой объект обладает феноменальной прозрачностью. Фронтальность и пространственная стратификация присуща, например, вилле в Гарше Ле Корбюзье и полностью отсутствует в Баухаусе Гропиуса, который представляет буквальную прозрачность. Феноменальную прозрачность можно распознать в проекте Лиги Наций Ле Корбюзье – объекте, не похожем на виллу в Гарше, но построенном по тому же принципу наслоений и наложений.

В тексте, представляющем вторую часть темы, написанном годом позже, Роу и Слуцки обращаются к новым примерам: Алжирскому блоку Ле Корбюзье, офисному зданию в Денвере, вилле Фарнезе в Капрароле Джакомо ди Виньола, нефу Сен-Дени, венецианским палаццо Ка д'Оро и Мочениго, нереализованному фасаду церкви Сан Лоренцо Микеланджело. Все эти абсолютно разнородные на первый взгляд объекты обладают свойством феноменальной прозрачности. Разбирая каждый пример, Роу и Слуцки приводят вариации прочтения их структуры. Количество вариаций в проекте Сан Лоренцо доходит до двадцати. Они изображены авторами в графических схемах. Представленные как диаграммы Палладио Виттковера, эти схемы показывают различные геометрические построения, лежащие в основе композиции фасада. Эти слои самодостаточны, каждый из них представляет собой самостоятельный архитектурный мотив, но все вместе они создают полифонию, сложное звучание, образованное наложением разных тем. Это требует напряженности взгляда, для которого нет единого фокуса, но есть непрерывное перемещение между темами, их попеременное доминирование. Параллель между музыкой и архитектурой здесь, возможно, становится наиболее очевидной, что доказывается постоянно встречающимися музыкальными терминами в тексте. Контрапункт и оркестровка становятся ключами к восприятию феноменальной прозрачности.

Видимо, шокируя читателя, Роу и Слуцки обращаются к последнему произведению Пита Мондриана «Виктори Бути-Вуги» (1944 г.) – перевернутому квадрату с изображением дроб-

ной структуры полос и квадратов основных цветов. Авторы находят общее с Микеланджело: «...фасад и картина демонстрируют расположение выровненных по фронту объектов, расположенных в сильно сжатом пространстве; оба показывают, что эти объекты функционируют как серия рельефных слоев для дальнейшей артикуляции этого пространства; и оба демонстрируют структуру, синкопированную отрывистыми знаками препинания: в одном случае это обычные архитектурные элементы, в другом – небольшие цветные квадраты» [25]. И то, и другое – пример феноменальной прозрачности. Ее цель – «богатая и многообразная полнота»; изощренная сложность, многозначность и двойственность, удовольствие для глаза через конфликт и противоречия.

Завершая свой анализ, Роу и Слуцки переклещиваются на другое сходство, которое они обнаруживают в гештальтпсихологии. Концепция «фигура-фон» подразумевает равенство двух компонентов, составляющих поле. Как фигура определяет фон, так и фон определяет фигуру. Только воспринимая оба компонента одновременно, можно получить наиболее полное представление об объекте наблюдения. Версия и инверсия имеют одинаковую значимость, и аналитический кубизм, который возник в те же годы, что и гештальтпсихология, был инструментом того же подхода к восприятию целого. Размытость границ между фигурой и фоном, пространством и объектом, наложение слоев, наложение сеток, смещение взгляда, схватывающего различные ракурсы, с точки зрения Роу и Слуцки представляют собой не только свойства кубизма, но и в целом перцептивный опыт, ориентированный на то, чтобы прочувствовать полноту и целостность мира. Как показывают авторы, феноменальная прозрачность не есть качество только авангардной живописи, но скорее свойственна в целом особому типу творческого воображения, которое стремится схватить множество сущностей в одном объекте, выражая этим и личные пристрастия, и нестабильный дух эпохи.

Из теории буквальной и феноменальной прозрачности оформились дальнейшие концепции Роу, которые охватывали и живопись, и архитектуру, и город. В «Городе-коллаже» он приведет идею Исаяи Берлина о двух типах творцов: дикобраз знает одну истину, лисица – много истин. Палладио был дикобразом, Ле Корбюзье – лисой. Но и сам Роу был на стороне лис, существ, способных к соединению множества истин, их творческому смешению, к сложности и богатству аллюзий, к вариациям и полифонии. И если текст «Прозрачности» был посвящен вопросам восприятия, то это воспри-

ятие интеллектуала, способного проводить параллели между конфликтующими объектами, находить сходство благодаря своему полету сквозь времена и пространства.

Ла Туретт

Колин Роу написал этот текст по заказу журнала *Architectural Review*, приуроченному к открытию монастыря [26]. Он провел три дня в Ла Туретте в декабре 1960 г., статья вышла в июньском номере 1961 г. Текст представлял для него несомненную трудность. Его метод, основанный на сравнениях, требовал разнообразия материала, парадоксальных сопоставлений объектов, конфликтующих между собой, что в итоге обеспечивало остроумные выводы о поразительном глубинном сходстве непохожих вещей, о проявлениях одного и того же явления в объектах, принадлежащих разным эпохам. Здесь же в фокусе Роу находился единственный объект, и в некотором смысле автор испытывал первоначально подобие скуки. Но привычка к разностороннему анализу и опыт формального концептуального подхода в «Математике» и визуального чувственного подхода в «Прозрачности» обеспечили Колину Роу, возможно непредвиденный им с самого начала, синтез того и другого, а читателям – невероятный текст, ставший каноничным для архитектуроведения.

Как всегда, тексту предшествует красноречивая цитата, на этот раз Хосе Ортеги-и-Гассета: «Глубинное видение становится возможным благодаря ракурсу, в котором мы обнаруживаем крайний случай слияния простого видения с чисто интеллектуальным актом» [27]. Итак, читателю предлагается именно этот случай слияния визуального наблюдения с погружением в концептуальные основания. Далее следует текст, который можно назвать кинематографичным, – он состоит из отдельных эпизодов, смонтированных вместе в последовательность, демонстрирующую множество ракурсов и контрастов.

С самого начала Роу ставит нас перед двумя фактами. Первый – это глухая стена Ла Туретт. Второй – пристрастие Ле Корбюзье к афинскому Акрополю. Глухая стена должна поставить нас в тупик, в то время как пространственная идея архитектурного променада в Акрополе должна дать ключ к выходу из этого тупика. Стена не только обнаруживает сходство с глухой поверхностью виллы Швоб в Ла-Шо-де-Фон, она вносит двойственность в опыт: наблюдатель воспринимает ее не только как поверхность, но как экран, за которым разворачивается глубина. Этот кажущийся центральный фасад, с которым сталкивается первый случайный посе-

титель, представляется «огромной плотной, удерживающей резервуар духовной энергии» [27]. При последующем движении, посетитель получает множество противоречивых впечатлений, подобно богатству ракурсов в афинском Акрополе: «Вертикальная поверхность, прорезанная горизонтальными щелями и освещенная бастионом, поддерживающим жестикულიрующие внутренности; загадочный план, который несет на себе, как раны времени, многочисленные шрамы, которые его создатель решил нанести ему» [27]. Впечатления не соответствуют ожиданиям. Меняются ракурсы, движение, смещаются фокусы от глухой поверхности к горизонту, ортогонали перерезаются диагоналями, а все предположения не реализуются. Одновременность различных ракурсов становится основанием для описания движения: линейного, спирального, множественного. Роу описывает свои ощущения: «...поле опыта трансформируется, и природа стимулов, которым подвергается человек, становится систематически более концентрированной и безжалостной» [27].

Мы можем представить, какую сложную работу проводил Колин Роу, фиксируя свои непосредственные впечатления, поставив себя в положение случайного посетителя. Он находит множество определений для того, чтобы описать воздействие сложной геометрии здания. Он скупозно перечисляет все виды горизонталей, вертикалей, диагоналей и спиралей, находя для каждой из них свое значение в пространственной симфонии Ла Туретт. Он следит за тем, что открывается взгляду за каждым спуском и подъемом, за каждым поворотом и отмечает, что его сознание остается разделенным, потому что здание создает диаметрально противоположные многообразные впечатления статики и динамики. Еще его одно открытие заключается в том, что он показывает читателю, как «поверхность становится откровением глубины, как глубина становится инструментом, посредством которого изображается поверхность» [27].

И вслед за этим выводом, завершающим описание впечатлений случайного посетителя, Роу резко меняет тон и предлагает читателю осмыслить объект на основе концептуальных критериев. «Прозрачность» закончилась, началась «Математика». Прежде всего Роу предлагает три составляющих любого архитектурного решения. Первая из них является творческим кредо самого автора, его приоритетов, опыта, чувств, интеллекта и действия. Вторая составляющая – это функциональная программа, которая является внешней для архитектора, но которая определяет идеальную абстрактную

модель. И, наконец, третья – это реальные условия самого участка, который вступает в диалектические отношения с идеальной моделью.

Диалектик Роу видит диалектические отношения во всем: во взаимодействии диалектики Ле Корбюзье и диалектики доминиканцев, объекта и ландшафта, вертикалей и горизонталей, и, следовательно, он ищет прототипы, которые могли бы объяснить архитектуру Ла Туретта. Он находит их в трех объектах Ле Корбюзье: токийском музее «Волшебная шкатулка», «сэндвиче» Дома-ино, «мегароне» Дома Ситроен, заимствуя последние определения у Винсента Скалли. Первый объект отвечает за стены, в которых находятся сокровища; второй сформирован горизонтальными поверхностями; третий – вертикальными. И Роу доказывает, что архитектура Ла Туретта обязана своей формой не историческим прототипам той же типологии, но уже развитым Ле Корбюзье формально-пространственными моделями в течение его творческой работы. Именно сочетание всех трех моделей и породило формальную сложность: «...благодаря сочетанию тем, которые, казалось бы, должны были навсегда остаться отдельными, Ле Корбюзье смог вызвать ощущения одновременно напряжения и сжатия, открытости и плотности, скручивания и стабильности; и, поступая так, он смог гарантировать настолько острый зрительный стимул, что только очень ретроспективно наблюдатель начинает осознавать аномальный опыт, который он пережил» [27]. Так Роу элегантно жестом возвращает нас к началу статьи, поворачивая движение вспять: теперь от концепции к восприятию. Этот явный кинематографичный трюк вновь ставит читателя в положение случайного наблюдателя, перед которым открылась глухая стена, скрывающая за собой глубину. Фотографии Роу, сопровождающие статью, усиливают ощущения киноленты.

Рауль Мартинес отмечает, что методология Роу во многом обязана Ле Корбюзье, цитируя Роу, который сам говорит о сути метода великого архитектора: «...у Ле Корбюзье концептуальный аргумент никогда на самом деле не дает достаточного предлога, но его всегда приходится интерпретировать по-новому в терминах особенностей восприятия» [28]. Внимательный наблюдатель Роу был не менее внимательным читателем. Вернее, Роу воспринимал и осознавал и объекты, и тексты как концентрированные смыслы, которые содержат в себе разгадку тайн творчества. Он анализирует объект Ле Корбюзье через стратегии самого архитектора, при этом совершенствуя свой собственный метод исследователя архитектуры. Абстракция и конкретика, рациональное и чувственное,

эмпирическое и концептуальное соединяются для того, чтобы осмыслить единственный объект большого мастера. От первоначальной скуки не остаётся и следа: наоборот, текст создает иллюзию почти детективного свойства: тайна глухой стены оборачивается невероятным богатством содержания, которое становится понятным посредством концепции стены.

В смысле виртуозности, интеллекта и искусства Роу встает на тот же уровень, что и его любимый герой – Ле Корбюзье. Текст равен объекту. Его форма находится в полном соответствии с содержанием. И так, как современная архитектура обрела шедевр – Ла Туретт, так и архитектуроведение обрело свой шедевр – текст Роу. Этим шедеврам невозможно подражать с точки зрения формы, в каждом случае она представляет собой уникальное произведение искусства. Но оба – объект и текст дают пример анатомии художественной формы в современной архитектуре. Благодаря выдающейся архитектуре появился выдающийся текст. Благодаря выдающемуся тексту значение Ла Туретта стало понятным любому случайному посетителю и случайному читателю.

Заключение

Диалектический метод Роу оказался незаменимым, когда он начал исследования и проекты города. Контрасты и противоречия, одновременное сосуществование различных исторических эпох, разрывы и пустоты, плотность и дисперсность, культура и идентичность сакральное и обыденное – все эти качества были восприняты Роу как урбанистические константы. Живопись, гештальтпсихология, архитектурный опыт Палладио и Ле Корбюзье, смысл маньеризма и феномен прозрачности – все это, как и многое другое из его предыдущей работы, пригодились Колину Роу, когда он искал выход из урбанистического тупика модернизма. Коллаж становится методом, позволяющим примирить оппозиции. «Город-коллаж» основывался на архитектурном теоретическом опыте Роу, его визуальном анализе и концептуальном осмыслении артефактов. Но кроме одной из лучших книг о городе и архитектурных эссе, Роу оставил архитекторам метод внимательного чтения архитектуры, который позволяет совместить эмоциональный опыт и интеллектуальное размышление, необходимые для глубокого понимания архитектурного объекта. Питер Айзенман рассказывал, как путешествие вместе Роу в рамках учебной практики по Италии перевернуло его сознание, превратив в архитектора-интеллектуала и научив смотреть архитектуру, заглядывая за пределы внешней поверхности [23].

Роу стремился к тому, чтобы научить видеть, чувствовать и осознавать архитектуру всем своим студентам и читателям. Отголоски его диалектики можно увидеть в текстах Питера Айзенмана, продолжающего традицию архитектурного анализа; Бернара Чуми, исследующего аспекты архитектурного восприятия, в свою очередь, ключевых теоретиков современности. Но для современных читателей Роу интересен еще и тем, что предлагает в век сверхскоростей и интенсивных информационных потоков, фрагментирующих сознание, обратиться к медленному внимательному прочтению архитектуры, перестать перелистывать ленту архитектурных новостей и сосредоточиться на глубоком погружении в тайны архитектурного творчества, в особенности творческого метода, в полифонию и многозначность архитектурной формы, в саму суть и смысл архитектуры. Сегодня это становится не только актуальным подходом, но более того, кажется единственным выходом из информационного хаоса и визуальной фрагментарности, путем, ведущим к архитектуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилова Э. В. Концепция коллажного города Колина Роу и Фреда Кеттера в контексте современной теории архитектуры // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1. С. 103–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.14.
2. Ильевская М.М. «Прозрачность»: системное различие в новейшей архитектуре России и Запада // Architecture and Modern Information Technologies. 2022. №4(61). С. 148–161. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-148-161.
3. Rowe C. As I was saying. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1999. 376 p.
4. Rowe C. Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1982. 240 p.
5. Рой К., Кеттер Ф. Город-коллаж. М.: Strelka Press, 2018. 208 с.
6. Reckoning with Colin Rowe: Ten Architects Take Position / Edited by E. Petit. New York: Routledge, 2015. 188 p.
7. Engel B. R. Colin Rowe's Gospel of Modern Architecture. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing, 2022. 285 p.
8. ANY 7/8 | Form Work: Colin Rowe // ANY, 1994. № 25/26.
9. Engel B.R. Ambichronous historiography: Colin Rowe and the teaching of architectural history // Journal of Art Historiography. 2016. N. 14. Available at: <https://arthistoriography.wordpress.com/14-jun16/> (accessed 20 February 2024).
10. Benelli F. Rudolf Wittkower e Colin Rowe: continuità e frattura // L'architettura come testo e la figura di Colin Rowe. Venezia: Marsilio. 2010. P. 97–112.
11. Wittkower R. Architectural Principles in the Age of Humanism. New York: W. W. Norton & Company, 1971. 242 p.
12. Hitchcock H. R., Johnson P. The International Style. New York: W. W. Norton & Company, 1997. 270 p.
13. Scott G. The Architecture of Humanism: A Study in the History of Taste. New York: W. W. Norton & Company, 1999. 194 p.
14. Hitchcock H.-R. Painting toward architecture. New York: Duell, Sloan and Pearce, 1948. 118 p.
15. Martínez R. M. The methodological approaches of Colin Rowe: the multifaceted, intellectual connoisseur at La Tourette // Architectural Research Quarterly. 2018. N. 22(3). P. 205–213. DOI: 10.1017/S1359135518000489.
16. Barthes R. The Pleasure of the Text. New York, Hill & Wang, 1975. 80 p.
17. Tschumi B. The Pleasure of Architecture: Its Function as an Instrument of Socio-Culture Change // Architectural Design. 1977. N. 47(3). P. 214–218.
18. Rowe C. Mathematics of the Ideal Villa // Architectural Review. 1947. N. 101. P. 101–104.
19. Le Corbusier Towards a New Architecture Connecticut: Martino Fine Books, 2014. 312 p.
20. Rowe C. Neoclassicism and Modern Architecture // Oppositions. 1973. N. 1. P. 1–26.
21. Rowe C., Slutzky R. Transparency: Literal and Phenomenal // Perspecta. 1963. V. 8. P. 45–54.
22. Rowe C., Slutzky R. Transparency: Literal and Phenomenal...Part II // Perspecta. 1971. V. 13/14. P. 287–301.
23. Schnoor C. Colin Rowe: Space as well-composed illusion // The Journal of Art Historiography. 2011. V. 5. P. 1–22.
24. Rowe C., Slutzky R. Transparency: Literal and Phenomenal // Perspecta. 1963. V. 8. P. 45–54.
25. Rowe C., Slutzky R. Transparency: Literal and Phenomenal...Part II // Perspecta. 1971. V. 13/14. P. 287–301.
26. Rowe C. Dominican Monastery of La Tourette, Eveux-Sur Arbresle, Lyon // Architectural Review. 1961. N. 129. P. 401–410.
27. Martínez R. M. The methodological approaches of Colin Rowe: the multifaceted, intellectual connoisseur at La Tourette // Architectural Research Quarterly. 2018. N. 22(3). P. 205–213. DOI: 10.1017/S1359135518000489.
28. Interview with Peter Eisenman: The Last Grand Tourist: Travels with Colin Rowe // Perspecta. 2008. V. 41. P. 130–139.

REFERENCES

1. Danilova E.V. Concept of the Collage City of Colin Rowe and Fred Ketter in the Context of Contemporary Architecture Theory. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 103–109. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.14
2. Ilyevskaya M.M. «Transparency»: the systemic difference in recent Russian and Western architecture.

- Architecture and Modern Information Technologies. 2022. N. 4(61). P. 148–161. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-148-161
3. Rowe C. *As I was saying*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1999. 376 p.
 4. Rowe C. *Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1982. 240 p.
 5. Rowe, C., Koetter, F. *Collage City*. Cambridge, MIT Press. 1978. 185 p.
 6. Petit E. *Reckoning with Colin Rowe: Ten Architects Take Position*. New York. Routledge. 2015. 188 p.
 7. Engel B.R. *Colin Rowe's Gospel of Modern Architecture*. Cambridge. Cambridge Scholars Publishing. 2022. 285 p.
 8. ANY 7/8 | *Form Work: Colin Rowe*. ANY. 1994. N. 25/26.
 9. Engel B.R. Ambichronous historiography: Colin Rowe and the teaching of architectural history. *Journal of Art Historiography*. 2016. N. 14. Available at: <https://arthistoriography.wordpress.com/14-jun16/> (accessed 20 February 2024).
 10. Benelli F. Rudolf Wittkower e Colin Rowe: continuità e frattura. *L'architettura come testo e la figura di Colin Rowe*. Venezia. Marsilio. 2010. P. 97–112.
 11. Wittkower R. *Architectural Principles in the Age of Humanism*. New York. W.W. Norton & Company. 1971. 242 p.
 12. Hitchcock H. R., Johnson P. *The International Style*. New York. W.W. Norton & Company. 1997. 270 p.
 13. Scott G. *The Architecture of Humanism: A Study in the History of Taste*. New York. W.W. Norton & Company. 1999. 194 p.
 14. Hitchcock H.R. *Painting toward architecture*. New York. Duell, Sloan and Pearce. 1948. 118 p.
 15. Martínez R.M. The methodological approaches of Colin Rowe: the multifaceted, intellectual connoisseur at La Tourette. *Architectural Research Quarterly*. 2018. N. 22(3). P. 205–213. DOI: 10.1017/S1359135518000489
 16. Barthes R. *The Pleasure of the Text*. New York. Hill & Wang. 1975. 80 p.
 17. Tschumi B. *The Pleasure of Architecture: Its Function as an Instrument of Socio-Culture Change*. *Architectural Design*. 1977. N. 47(3). P. 214–218.
 18. Rowe C. *Mathematics of the Ideal Villa*. *Architectural Review*. 1947. N. 101. P. 101–104.
 19. *Le Corbusier Towards a New Architecture*. Connecticut. Martino Fine Books. 2014. 312 p.
 20. Rowe C. *Neoclassicism and Modern Architecture*. *Oppositions*. 1973. N. 1. P. 1–26.
 21. Rowe C., Slutzky R. *Transparency: Literal and Phenomenal*. *Perspecta*. 1963. V. 8. P. 45–54.
 22. Rowe C., Slutzky R. *Transparency: Literal and Phenomenal...Part II*. *Perspecta*. 1971. V. 13/14. P. 287–301.
 23. Schnoor C. Colin Rowe: Space as well-composed illusion. *The Journal of Art Historiography*. 2011. V. 5. P. 1–22.
 24. Rowe C., Slutzky R. *Transparency: Literal and Phenomenal*. *Perspecta*. 1963. V. 8. P. 45–54.
 25. Rowe C., Slutzky R. *Transparency: Literal and Phenomenal...Part II*. *Perspecta*. 1971. V. 13/14. P. 287–301.
 26. Rowe C. *Dominican Monastery of La Tourette*, Eveux-Sur Arbresle, Lyon. *Architectural Review*. 1961. N. 129. P. 401–410.
 27. Martínez R.M. The methodological approaches of Colin Rowe: the multifaceted, intellectual connoisseur at La Tourette. *Architectural Research Quarterly*. 2018. N. 22(3). P. 205–213. DOI: 10.1017/S1359135518000489
 28. Interview with Peter Eisenman: *The Last Grand Tourist: Travels with Colin Rowe*. *Perspecta*. 2008. V. 41. P. 130–139.

Об авторе:

ДАНИЛОВА Элина Викторовна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства, советник РААСН
Самарский государственный технический университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: red_avangard@mail.ru

DANILOVA Elina V.

PhD in Architecture, Professor
of the Urban Planning Chair RAASN Advisor
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: red_avangard@mail.ru

Для цитирования: Данилова Э.В. Архитектурная диалектика Колина Роу // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 125–135. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.18.

For citation: Danilova E.V. Colin Rowe's architectural dialectics. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 125–135. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.18.

М. Г. ЗОБОВА
Д. А. КИВЕРОВ

ОПЫТ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СПОРТИВНОГО НАСЛЕДИЯ В УСЛОВИЯХ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

EXPERIENCE IN THE PROTECTION AND USE OF SPORTS HERITAGE OBJECTS IN THE HISTORICAL ENVIRONMENT

Рассмотрена практика работы с объектами спортивного наследия в условиях исторической среды городов. Перечислены основные варианты сохранения и использования объектов данной типологии. Приведена оценка адаптивного использования спортивных объектов с сохранением исторической и культурной памяти, частичного воссоздания исторического облика объекта, реновации территории с переосмыслением ее значения, реставрации с приспособлением для современного использования, ревалоризации территории с переосмыслением ценности и других видов сохранения и использования объектов спортивного наследия. Проведен архитектурно-градостроительный анализ значимых объектов мировой, российской и региональной практики. Выявлены основные проблемы сохранения и использования объектов спортивного наследия в условиях исторической среды городов. Определена необходимость пересмотра принципов и подходов в данном вопросе.

Ключевые слова: объекты спортивного наследия, объекты культурного наследия, спортивные комплексы, охрана памятников, историческая среда городов

The article discusses the practice of working with sports heritage objects in the historical environment of cities. The main options for preserving and using objects of this typology are listed. An assessment is made of the adaptive use of sports facilities with the preservation of historical and cultural memory, partial recreation of the historical appearance of the facility, renovation of the territory with rethinking of its meaning, restoration with adaptation for modern use, revalorization of the territory with rethinking of the value and other types of preservation and use of sports heritage objects. An architectural and urban planning analysis of significant objects of world, Russian and regional practice was carried out. The main problems of preserving and using sports heritage sites in the historical environment of cities have been identified. The need to revise the principles and approaches in this matter has been identified.

Keywords: sports heritage sites, cultural heritage sites, sports complexes, protection of monuments, historical environment of cities

Согласно исследованиям культуролога А.В. Кыласова: «Планирование в управлении архитектурным спортивным наследием включает в себя меры по его защите, консервации и сохранению. Дискуссии об устойчивом функционировании далеко не всегда подразумевают сохранение спортивного профиля зданий. В обсуждениях перспективного развития исторических территорий еще только начинают появляться темы спортивного наследия, когда перед городскими властями ставятся вопросы сохранения или сноса спортивных объектов, либо изменения спортивного профиля объекта, либо для другого – уже не спортивного использования» [1]. Согласно исследованиям И.Н. Кустышевой: «Отнесение спортивных сооружений к объектам культурного наследия до сих пор остается довольно редким явлением в мире и носит единичный характер. Это связано с особенностями реставрации и модернизации спортивных сооружений: статус

объекта культурного наследия значительно повышает расходы, вызванные согласованием конструктивных изменений и технологий проведения работ. К проблемам можно отнести и отсутствие четких методик и нормативов для ведения работ такого вида. Дополнительным препятствием для отнесения спортивных сооружений к объектам культурного наследия является их унификация, возникающая из регламентов соревнований, прописанных в правилах видов спорта» [2].

Исторические спортивные объекты создают ощущение аутентичности при занятиях спортом. Такая атмосфера всегда вдохновляет игроков и болельщиков, они чувствуют себя частью истории, проникаются культурной памятью [3]. Но при этом возникает большая проблема – исторические спортивные объекты не приспособлены к современным требованиям комфорта и безопасности [4, 5].

С учетом того, что сохранение исторических спортивных объектов в их первоначальном виде часто становится невозможным, процесс *адаптивного использования* является самым приемлемым. По этому пути пошли в Канаде: на исторической арене клуба «Toronto Maple Leafs» сделали торгово-развлекательные комплексы с фитнес-клубом «**Maple Leaf Gardens**». Крытая спортивная арена была запроектирована в 1931 г. архитектурным бюро «Ross and Macdonald». Здание имеет прямоугольный бетонный каркас, его простая геометрия опирается на стили ар-деко и модерн с плавными формами и декоративными элементами. Кирпичные фасады, облицованные камнем, возвышаются на 27 м и подчеркиваются простыми геометрическими формами, высеченными в камне. Прозрачная прямоугольная куполообразная крыша увеличивает высоту здания еще на 19 м. После 76 лет своего существования «Toronto Maple Leafs» был признан Национальным историческим памятником Канады. В 2009 г. началось приспособление объекта под современный спортивный комплекс Столичного университета Торонто. Главной задачей было *сохранить историческую память* – внешние стены, оригинальную крышу и стропила этого архитектурного памятника. В 2010 г. нижний уровень «Maple Leaf Gardens» открылся для общественности как современный торгово-развлекательный комплекс, а в сентябре 2012 г. верхний уровень открылся как Спортивный центр Мэттами. Посетители спортивного центра указывают на то, что, когда заходят в комплекс, чувствуют историю, которую хранит здание. После реконструкции спортивного комплекса «Maple Leaf Gardens» здесь можно проводить не только спортивные мероприятия, но и организовывать крупные концерты.

На исторической арене клуба «Montreal Canadiens» также был сделан торгово-развлекательный комплекс «**Montreal Forum**». Объект расположен в Монреале, Канада. Проект хоккейной арены был разработан архитектором Уильямом Норти. Здание было открыто 1924 г. и рассчитано на 9300 мест. Арена дважды проходила процесс реконструкции, в 1949 и 1968 гг. Здание использовалось не только для проведения хоккейных матчей, но и соревнований по фигурному катанию, выступлений музыкантов и различного рода общественных деятелей. Комплекс был одним из мест проведения Олимпийских игр 1976 г. Здесь проходили соревнования по художественной гимнастике, гандболу, баскетболу и волейболу. В наши дни здание используется как торгово-развлекательный центр. Была проведена комплексная реконструкция, чтобы обновить пространство под торгово-раз-

влекательный центр, однако было решено *сохранить историческую память* объекта – воссоздать на верхних уровнях спортивные функции и исторические элементы.

Ледовый дворец «**Alpomish**» в центре Ташкента – столицы республики Узбекистан, построен на месте исторического Дворца спорта «Юбилейный». Архитекторы: Г. Александрович, О. Палиева, Н. Ясногородская. Дворец спорта был построен в 1970-е гг., в 1990-е гг. была проведена реконструкция. Дворец спорта «Юбилейный» был одним из наиболее целостных образцов советского модернизма в Ташкенте. В 2000-е гг. были изменены, а потом разрушены исторические фасады и интерьеры, что привело к утрате этого памятника архитектуры. В 2022 г. на месте Дворца спорта был открыт ледовый дворец «Alpomish». Реконструкция продолжалась более двух лет. Комплекс располагается на площади 8000 м² и рассчитан на 6000 мест. В ледовом дворце созданы условия для проведения хоккейных матчей, соревнований по шорт-треку, фигурному катанию и кёрлингу. Кроме того, на территории комплекса функционируют различные спортивные секции. Архитектура объекта полностью воссоздает исторический дворец спорта, что является положительным примером *возрождения культурной памяти*.

Проанализировав объекты из зарубежной практики, можно увидеть положительный эффект от адаптивного процесса использования исторических спортивных сооружений путем сохранения части или воссоздания всех спортивных функций, а также путем сохранения или воссоздания архитектурного облика как историко-культурной памяти для настоящего и будущего поколений. Важно отметить, что данный способ, кроме решения инфраструктурных задач, определяет в городе архитектурные точки притяжения для развития туристско-рекреационной отрасли.

Уникальным российским примером сохранения объектов спортивного наследия является **реконструкция бассейна «Лужники»** в Москве. Водный спортивный центр, входящий в состав спортивного комплекса «Лужники», был возведен в 1956 г. по проекту архитектора А. В. Власова. В 1980 г. бассейн был впервые реконструирован. Со временем он перестал соответствовать требованиям международных стандартов, и было принято решение создать новый плавательный комплекс на базе старого здания. Строительство завершилось в 2019 г. Новое здание выполнено в едином архитектурном стиле с другими объектами спортивного кластера «Лужники», сохраняя при этом уникальный исторический образ. Новый Дворец

водных видов спорта сочетает в себе современные технологии с архитектурными традициями 1950-х гг. Во Дворце водных видов спорта функционирует три бассейна. Особенностью этого места является наличие первого в России бассейна с гидравлическим дном, позволяющим регулировать глубину и проводить занятия по обучению плаванию детей и маломобильных граждан. В центральном бассейне применен принцип максимальной открытости благодаря установке витражей на улицу и в зону развлечений, придающих пространству больше света. В плавательный комплекс добавлена новая функция – аквапарк площадью 12500 м². Открыт современный термальный комплекс, Академия бокса, фитнес-центр, центр семейного спорта, центр серфинга. Фуд-корт включает в себя ресторан, экспресс-кафе, фито-кафе. Бывший спортивный бассейн «Лужники» стал современным плавательным комплексом с возможностью проведения профессиональных спортивных занятий и соревнований, а также центром для отдыха и развлечений. Комплекс может принимать до 10 000 посетителей в день. В проект реконструкции здания входят не только *меры по частичному воссозданию его внешнего исторического облика*, но и интерьерные решения с включением аутентичных элементов экстерьера. Дворец водных видов спорта представляет собой сложный спортивный объект с точки зрения инженерно-технологического решения.

Удачным российским примером реконструкции крупного исторического спортивного объекта является **модернизация спортивного комплекса «Динамо»** в Нижнем Новгороде (проект). Спортивный комплекс был построен в 1930-е гг. Изначально здесь проводились соревнования по футболу, легкой атлетике, хоккею с мячом и хоккею с шайбой. В 1953 г. стадион стал главным местом для проведения футбольных матчей местной команды «Динамо» и других спортивных событий. На сегодняшний день комплекс не эксплуатируется, находится в физически и морально изношенном состоянии. Проект реконструкции спортивного комплекса «Динамо» включает создание универсальной спортивной площадки под навесом, скалодромов и трехэтажного физкультурно-оздоровительного комплекса. Реконструкция позволит спортивному комплексу стать центром активного отдыха и спортивной жизни города, а также привлекательным местом для туристов. Основные принципы реконструкции: сделать объект доступным для тренировок любых спортивных команд, доступным для горожан и туристов; дополнительно создать зоны для экстремальных видов спорта, арт-простран-

ство, воркаут зону, детскую зону с батутами, прокат инвентаря и т. д. Проект реконструкции спортивного комплекса включает *меры по комплексной реновации территории с переосмыслением ее значения* для спортивно-развлекательной и спортивно-оздоровительной жизни не только исторической части города, но и для периферийных районов Нижнего Новгорода.

Еще одним удачным российским примером сохранения и развития объектов спортивного наследия является **реставрация с приспособлением для современного использования исторического спортивного комплекса с плавательным бассейном в Хабаровске**. Открытый плавательный бассейн являлся частью спортивно-паркового комплекса города Хабаровска, расположенного на набережной реки Амур. Комплекс построен в 1956 г. Это первый и единственный бассейн открытого типа на территории Дальнего Востока, Сибири и Урала. Он признан объектом культурного наследия. Согласно Приказу Управления государственной охраны объектов культурного наследия Правительства Хабаровского края от 15.02.2018. №35.1.2/5 «Об утверждении предмета охраны объекта культурного наследия регионального значения "Плавательный бассейн", 1960 г.: «Прямоугольное в плане сооружение с северо-западной стороны акцентировано массивной ротондой с колоннадой, поставленной на тамбур центральной входа. Слева и справа ротонду flankируют высокие портики с колоннадой. Бассейн разделен на две ванны – для плавания и для прыжков с вышки. С северо-восточной и юго-западной сторон от ванны бассейна расположены трибуны. По объемно-планировочному и образному решению выделяются выразительными объемами ротонды и портики, формируя силуэт построек стадиона со стороны реки. Здание сохранило свой первоначальный облик и функциональное назначение уникального спортивного сооружения» [6]. В 2018 г. на месте вышек для прыжков в воду был построен современный фитнес-центр, который органично вписался в архитектуру исторического комплекса. Открытый бассейн подвергся комплексной реконструкции с сохранением своего исторического местоположения и пропорций. Данный комплекс является прекрасным образцом *деликатной работы со спортивным наследием, имеющим охранный статус*.

Проведя обзор российской практики сохранения спортивного наследия, можно отметить, что в нашей стране оптимальным видом работы с крупными историческими спортивными объектами является реконструкция или реставрация с приспособлением по типу мультифункциональной модели спортивно-тренировочного / спортивно-развлекатель-

ного / спортивно-оздоровительного комплекса и культурной площадки для всех групп и категорий населения.

Негативное влияние на состояние спортивных объектов исторического центра Самары оказал в первую очередь экономический фактор. Перемены рубежа XX-XXI вв. в экономической сфере стали причиной упадка многих спортивных сооружений. Прибыль от эксплуатации сооружений, особенно крупных (стадионы, плавательные комплексы), перестала соответствовать тратам на их содержание. Руководство большинства спортивных объектов начали сдавать большие части своих площадей в аренду под непрофильные функции (офисные, торговые, развлекательные). Именно эти факторы нанесли масштабный урон историческим объектам Самары и Самарской области. Несоответствующая эксплуатация, отсутствие своевременных ремонтно-реставрационных работ или долгий простой привели к упадку большинства спортивных комплексов. Также серьезной ошибкой было убеждение, что исторические типы планировочных решений невозможно или нецелесообразно приспособлять под современные спортивные стандарты и регламенты [7].

Стадион «Буревестник», располагавшийся в историческом центре г. Самары, утрачен в 2007 г. На данный момент его территория частично пустует, частично занята объектами, не соответствующими по назначению данной функциональной зоне (нестационарными торговыми павильонами). Стадион «Буревестник» был построен в 1929 г. в районе пересечения современных улиц Буянова и Маяковского и предназначался для проведения соревнований по различным видам спорта, включая футбол, баскетбол, волейбол, теннис и городки. В период Великой Отечественной войны на стадионе формировались отряды добровольцев, а после войны он стал тренировочной базой фехтовальщиков и конькобежцев. В 1961 г. стадион реконструировали и перевели на баланс Федерации профсоюзов. Было обновлено футбольное поле, построены трибуны на 8000 мест и административный корпус. Стадион в летнее время использовался как легкоатлетический, а зимой – как конькобежный. В 1998 г. стадион утратил спортивные функции и был отдан под продуктовый рынок. В начале 2000-х территория была частично восстановлена как спортивная арена, но в 2007 г. «Буревестник» окончательно прекратил свое существование, так как объект перешел в частную собственность для дальнейшей застройки многоэтажными домами. Эти планы на момент 2024 г. не реализованы, территория расчищена и частично занята

нестационарными торговыми павильонами. Регламент исторического поселения не позволяет застраивать территорию высотными зданиями. Авторы считают, что в данном случае необходима деприватизация земельного участка с дальнейшим *восстановлением исторического спортивного сооружения* силами государственно-частного партнерства [8].

Спортивный комплекс «Динамо» на данный момент находится в неудовлетворительном техническом состоянии, морально и физически изношен, сохранились лишь отдельные спортивные функции и учебный центр по обращению с оружием. Объект был построен в стиле советского неоклассицизма по проекту архитектора И. Г. Салоникиди в 1948 г. в границах улиц Ленинской, Льва Толстого, Братьев Коростелевых и Покровского собора. Спортивный комплекс «Динамо» является объектом культурного наследия регионального значения – памятником архитектуры и градостроительства. Паспорт объекта «Комплекс стадиона "Динамо"» содержит следующую информацию относительно предмета охраны объекта: *«Предметом охраны является внешний архитектурный облик ансамбля, его отдельных зданий и сооружений; соотношение между застроенными, свободными и озелененными пространствами; первоначальный внешний архитектурный облик зданий, включая композиционное построение и декор ворот и ограды»*. Паспорт объекта «Комплекс стадиона «Динамо»» содержит следующую информацию относительно описания объекта: *«Ансамбль выполнен в характерном стиле советских общественных сооружений культуры и отдыха 40-50-х гг. XX в. Функцию парадного входа к стадиону выполняет П-образное в плане сооружение, имеющее центрально-симметричную фронтальную композицию, образованную портиком и колоннадами, расположенными параллельно оси движения. Пропилеи парадного входа состоят из двух частей: П-образная колоннада, поддерживающая антаблемент с карнизом, фриз антаблемента насквозь перфорирован и дополнен декоративными стилизованными орнаментальными звездами. Квадратные колонны с профилированной базой венчают стилизованные капители, по концам флангов размещены массивные колонны, увенчанные лепными скульптурными пинаклями. Вторая часть представляет собой примыкающий к колоннаде портик с четырьмя колоннами. Два ризалита портика – пары колонн, поддерживающие антаблемент с перфорированным фризом и профилированным карнизом. Между ризалитами на парпетных столбах расположен фронтон с разорванным карнизом, образующим подобие арки, убранство внутренней поверхности арки – стилизация небосвода с орнаментальными звездами, которые накладываются на*

классическую основу: кессоны, выкрашенные в голубой цвет. Фронтон увенчан небольшой аттиковой стенкой и пинаклем в виде скульптурного завершения с орнаментальной звездой. Со стороны дворового фасада два ризалита главного входа сливаются в один объем с разорванным карнизом и акцентирующими углы и простенки пилястрами, между которыми расположены три арки главного входа. В тимпане фронтона в нише расположена рельефная скульптурная композиция с орнаментальными мотивами и надписью «Динамо». В южной части стадиона расположен двухэтажный центральный павильон. Композиция главного фасада центрально-симметричная трехчастная, за исключением фланкирующего к боковому восточному фасаду пьедестала с колоннами и аркой, по всей видимости, первоначально предназначенный для обрамления скульптуры. Центральная часть здания – двусветная лоджия с ограждением в виде балюстрады. В уровне третьего (чердачного) яруса – портик с разорванным фризом и карнизом. В уровне второго этажа фриз с карнизом поддерживают две круглые колонны с энтазисом, расположенные на массивных базах и две фланкирующие квадратные полуколонны. В уровне третьего яруса портик несут стилизованные под снопы колонны, декорированные орнаментальными мотивами. Венчает здание аттиковая стенка с круглым декоративным элементом, на котором изображен профиль политического деятеля. На стене в глубине лоджии расположены два оконных проема с полуциркулярной перемычкой, один прямоугольный витражный проем и две круглые ниши. В крайних частях здания расположены двухчастные оконные проемы, спаренные общим рельефным сандриком, разделенные плоскими лопатками, под оконными проемами расположены подоконные ниши. В простенках – пилястры. Футбольное поле первоначально окаймлялось амфитеатром трибун по двенадцать рядов каждая. В центре западной и восточной трибун возвышались каменные ложи, оформленные со стороны поля лепкой и стекляными витражами. В настоящее время сохранилась только западная трибуна. Павильон, расположенный в западной части, представляет собой центрально-симметричный объем, завершенный щипцом. На втором этаже расположен балкон и витражное остекление. С востока к павильону примыкают трибуны для почетных гостей. Оконные заполнения имеют первоначальное столярное заполнение и рисунок. Со стороны ул. Ленинской фасад оформлен пилястрами и профилированными поясами. Свесы кровли поддерживают деревянные кронштейны» [9].

В 1952–1954 гг. была проведена реконструкция стадиона «Динамо»: расширены восточные, западные и северные трибуны, реконструирована южная трибуна, построены санузлы,

баскетбольные площадки, тир, реконструировано электроосвещение и сантехнические коммуникации, проложено асфальтовое покрытие. В 80-х гг. был построен спортивный корпус в стиле советского модернизма. Согласно Постановлению Администрации г. Самары от 19 февраля 1993 г. № 289: «Участок, фактически занимаемый спортивным комплексом, площадью 3,64 га по адресу ул. Льва Толстого, 97а передается Самарскому областному совету спортивного общества «Динамо» в постоянное пользование». Сейчас комплекс не пользуется спросом у жителей города, так как он физически и морально изношен и предлагает ограниченный спектр спортивных функций: дзюдо, легкая атлетика, волейбол, каток, мини-футбол. На территории комплекса активно функционирует только учебный центр по обращению с оружием и учебно-тренировочная площадка для силовых структур. Территория спортивного комплекса «Динамо» *нуждается в комплексной ревалоризации, а объекты, имеющие охранный статус, нуждаются в комплексной научной реставрации.*

В результате плохого технического состояния и отсутствия должного содержания в 2014 г. был утрачен **крытый плавательный бассейн «Чайка»**, располагавшийся в Струковском саду. Спортивный комплекс представлял собой первый крытый бассейн, возведенный в городе Куйбышеве. Он был построен в 1959 г., имел 4 плавательные дорожки по 25 м, раздевалки и тренажерный зал. На протяжении долгих лет бассейн являлся местом проведения тренировок для студентов политехнического университета, а также был площадкой для подготовки местных спортсменов. В советский период бассейн «Чайка» считался значимым центром плавания в городе Куйбышеве. В 90-е бассейн закрыли для дальнейшей реконструкции, после длительного простоя **было принято необоснованное решение его снести** [10, 11].

Спортивный плавательный комплекс ЦСКА был построен в 1967 г. на Волжском проспекте, 10 и с тех пор неоднократно реконструировался и модернизировался. Здание выполнено в стиле советского модернизма. Композиция характеризуется четкими геометрическими формами и плавными линиями кровли. Кроме закрытой ванны с трибунами, крыша которой решена в форме волны, в комплекс входят: открытая ванна, тренажерный и спортивный залы, гостиница для спортсменов, общественные зоны, зимний сад. Это самый крупный бассейн в Самарской области. Главный фасад поделен на равные вертикальные витражи и обращен на набережную. Здание подверглось двум реконструкциям: были заложены части вертикальных витражей на

главном фасаде в 1980-х гг., а в конце 1990-х надстроен один этаж тренажерного зала на крыше закрытой ванны. В 2010 г. была проведена глобальная реконструкция всего бассейна с возвращением длины дорожек в закрытой ванне к международному стандарту. Объект соответствует современным нормам по всем показателям, но *нуждается в модернизации в части интерьерных решений и внедрении функций дополнительного сервиса для посетителей.*

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что модернизируются только очень крупные и значимые объекты, остальные либо находятся в деградированном состоянии и работают не на проектную мощность, либо вовсе сносятся в связи с нецелесообразностью и нерациональностью проведения реконструктивных мероприятий, что в условиях исторической среды является необоснованным аргументом [12].

Выводы. Учитывая то, что сохранение исторических спортивных объектов в их первоначальном виде зачастую невозможно и нецелесообразно, процесс адаптивного использования за рубежом признан самым приемлемым. Проанализировав зарубежные объекты спортивного наследия, можно увидеть положительный эффект от адаптивного процесса использования путем сохранения части или воссоздания всех спортивных функций, а также путем сохранения или воссоздания архитектурного облика как историко-культурной памяти для настоящего и будущего поколений. Данный способ, кроме решения задач развития социальной инфраструктуры, определяет в городе архитектурные точки притяжения для привлечения туризма. В России оптимальной практикой работы с крупными историческими спортивными объектами является реконструкция по типу мультифункциональной модели спортивно-тренировочного комплекса и культурной площадки для всех групп и категорий населения. Проведя обзор региональной практики сохранения объектов спортивного наследия, можно сделать вывод, что модернизируются только очень крупные комплексы, остальные объекты находятся в состоянии физического износа, работают не на проектную мощность либо подвергаются сносу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кыласов А.В. Спортивное наследие: институционализация и контекст. М.: Институт наследия, 2022. 106 с. DOI:10.34685/HI.2022.17.18.006.
2. Кустышева И.Н. Определение стоимости объектов культурного наследия с целью вовлечения в хозяйственный оборот // Московский экономический журнал. 2019. №10.

3. Басс С.К., Самогоров В.А. Десять объектов самарского конструктивизма: стратегия сохранения и реставрации // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №2. С. 104–111. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.14.

4. Истягина-Елисеева Е.А. Управление спортивно-историческим наследием в современной России // Приоритетные направления развития науки и образования. 2016. № 4–1(11). С. 47–49.

5. Истягина-Елисеева Е.А. Основные характеристики спортивно-исторического наследия в современной России // Научное и образовательное пространство: перспективы развития: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 24 апреля 2016 года. Чебоксары: ООО «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2016. С. 238–239.

6. Приказ Управления государственной охраны объектов культурного наследия Правительства Хабаровского края от 15.02.2018. №35.1.2/5 «Об утверждении предмета охраны объекта культурного наследия регионального значения «Плавательный бассейн», 1960 г.

7. Золотов М.И. Нормативные и маркетинговые подходы (на примере создания сети физкультурно-спортивных сооружений) // Практический семинар «Оценка инвестиционных проектов» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2003-02/03.shtml> (дата обращения: 10.09.2024).

8. Зобова М.Г. Принципы архитектурно-градостроительного проектирования и модернизации физкультурно-спортивных комплексов (на примере городского округа Самара): специальность 18.00.02: дис. ... кандидата архитектуры. Нижний Новгород, 2009.

9. Паспорт объекта культурного наследия. Комплекс стадиона «Динамо». Исполнитель – главный специалист управления правового-кадрового обеспечения и охраны объектов культурного наследия министерства культуры Самарской области Н.В. Демьянко. Самара, 2012.

10. Зобова М.Г. Спортивный комплекс в городской инфраструктуре: архитектурно-градостроительное проектирование на примере г.о. Самара: монография. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. 136 с.

11. Зобова М.Г. Ключевые проблемы в сфере развития спортивно-оздоровительной инфраструктуры исторического поселения г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2024. Т.14, №1. С.115–125. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.13.

12. Зарипова И.Ш. Современные тенденции в проектировании и строительстве спортивных сооружений // International Journal of Professional Science. 2020. № 11. С. 68–72.

REFERENCES

1. Kylasov A.V. *Sportivnoe nasledie: institucionalizaciya i kontekst* [Sports heritage: institutionalization and context]. Moscow, Institute of Heritage, 2022. 106 p. DOI 10.34685/HI.2022.17.18.006

2. Kustysheva, I.N. Determining the value of cultural heritage objects for the purpose of involving them in economic turnover. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal* [Moscow Economic Journal], 2019, no. 10. (in Russian)

3. Bass S.K., Samogorov V.A. Ten objects of Samara constructivism: strategy for preservation and restoration *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 104–111. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.14

4. Istyagina-Eliseeva, E. A. Management of sports and historical heritage in modern Russia. *Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya* [Priority directions for the development of science and education], 2016, no. 4-1(11), pp. 47–49. (in Russian)

5. Istyagina-Eliseeva, E. A. Main characteristics of the sports and historical heritage in modern Russia. *Nauchnoe i obrazovatel'noe prostranstvo: perspektivy razvitiya: sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Scientific and educational space: development prospects: collection of materials of the II International Scientific and Practical Conference], Cheboksary, Limited Liability Company "Center for Scientific Cooperation "Interactive Plus", 2016, pp. 238–239. (In Russian).

6. Order of the Department of State Protection of Cultural Heritage Objects of the Government of the Khabarovsk Territory dated February 15, 2018. No. 35.1.2/5 "On approval of the subject of protection of the cultural heritage site of regional significance "Swimming pool", 1960.

7. Zolotov M.I. Regulatory and marketing approaches (using the example of creating a network of physical culture and sports facilities). *Prakticheskij seminar «Ocenka investitsionnykh projektov»* [Journal "Evaluation of investment projects"]. Available at: <https://www.cfin.ru/press/practical/2003-02/03.shtml> (accessed 9 October 2024).

8. Zobova M.G. *Principy arhitekturno-gradostroitel'nogo proektirovaniya i modernizacii fizkul'turno-sportivnykh kompleksov (na primere gorodskogo okruga Samara)* Cand, Diss. [Principles of architectural and urban planning design and modernization of physical culture and sports complexes (on the example of the Samara urban district). Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2009. 223p.

9. Passport of a cultural heritage site. Dynamo stadium complex. Executor - chief specialist of the department of legal and personnel support and protection of cultural heritage sites of the Ministry of Culture of the Samara Region N.V. Demyanko. Samara, 2012.

10. Zobova M.G. *Sportivnyj kompleks v gorodskoj infrastrukture: arhitekturno-gradostroitel'noe proektirovanie na primere g.o. Samara* [Sports complex in urban infrastructure: architectural and urban planning using the example of the Samara city]. Samara, SSTU, 2018. 136 p.

11. Zobova M.G. Key issues in the development of sports and recreation infrastructure in the historical settlement of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol.14, no.1, pp.115–125. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.13

12. Zaripova I.S. Modern trends in the design and construction of sports facilities. *International Journal of Professional Science* [International Journal of Professional Science], 2020, no. 11, pp. 68–72. (in Russian)

Об авторах:

ЗОБОВА Марина Геннадьевна

кандидат архитектуры, доцент,
доцент кафедры реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел. (846) 278-43-11
E-mail: zobova_sdc@mail.ru

ZOBOVA Marina G.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Associate Professor of the Reconstruction and Restoration
of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244,
tel. (846) 278-43-11
E-mail: zobova_sdc@mail.ru

КИВЕРОВ Дмитрий Андреевич

аспирант кафедры реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

KIVEROV Dmitry An.

Post-graduate student of the Reconstruction and
Restoration of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

Для цитирования: *Зобова М.Г., Киверов Д.А. Опыт охраны и использования объектов спортивного наследия в условиях исторической среды городов // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 136–142. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.19.*

For citation: *Zobova 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.

Н. А. ОРЛОВА
Д. Н. ОРЛОВ
Е. С. РОЖДЕСТВЕНСКАЯ

АРХИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОБ ОТКРЫТИИ ЗАГОРОДНОГО ПАРКА В 30-Е ГОДЫ В САМАРЕ

ARCHIVAL MATERIALS ABOUT THE OPENING
OF OUT OF TOWN PARK IN THE 30S IN SAMARA

В представленной работе раскрываются подробности истории возникновения в г. Самаре Центрального парка культуры и отдыха («Загородный парк»). Материалом для настоящего исследования послужили архивные документы из Центрального государственного архива Самарской области. Рассматривается период с 1930 по 1932 гг., от принятия решения о создании парка до его открытия. Работа вводит в научный оборот новый ранее не известный документ – схему границ участков, объединяемых для создания парка, а также ряд документов, ранее не публиковавшихся в профессиональной научной литературе. Обнаруженные документы позволяют с более высокой точностью изучить историю и генезис планировочной структуры самарского «Загородного парка». Это особенно актуально в настоящее время, накануне запланированной масштабной реконструкции парка.

Ключевые слова: Загородный парк, «Зеленая роща», Самара, ЦПКиО, история открытия, планы развития парка

The presented work reveals the details of the history of the emergence of the Central Park of Culture and Recreation (Out of town Park) in Samara. Archival documents from the Central State Archive of the Samara region served as the material for this study. The period from 1930 to 1932, from the decision to create the park to its opening, is considered. The work introduces into scientific circulation a new previously unknown document – a diagram of the boundaries of the sites combined to create a park, as well as a number of documents that have not previously been published in professional scientific literature. The discovered documents make it possible to study the history and genesis of the planning structure of the Samara “Out of town Park” with higher accuracy. This is especially true now, on the eve of the planned large-scale reconstruction of the park.

Keywords: Out of town Park, “Green Grove”, Samara, Central Park District, the history of the opening, plans for the development of the park

Центральный парк культуры и отдыха им. М. Горького – это одно из самых любимых и ценных мест отдыха жителей Самары. Его второе неофициальное название – «Загородный парк», несмотря на то, что он находится практически в самом центре современной Самары. Прогуливаясь по дорожкам Загородного парка, его посетители чувствуют дыхание истории, хотя исторических построек в нем сохранилось не так уж много. Это ощущение в первую очередь возникает, когда мы видим деревья, растущие в парке. Они гораздо старше, чем в других парках и скверах города. В парке сохранились дубы возрастом более 100 лет. На территории парка на сегодняшний день насчитывается около 7000 деревьев, десятки тысяч кустарников, в их числе редкие виды растений. Значительная часть парковых насаждений сохранилась с до-революционного времени. Часть этого озеленения – посадки на территории купеческих дач,

другая часть – естественный лес. Загородный парк является государственным памятником природы местного значения.

Парк «Культуры и отдыха» был открыт в середине лета – 6 июля 1932 г. Эта территория в 1930-х гг. находилась достаточно далеко от границы плотно населенных городских территорий, проходившей в то время по ул. Полевой. Эта территория между городом и парком уже начала активно осваиваться. Еще до революции за границами старой Самары появились крупные производства – Трубочный завод, паровая мельница и др., территория нынешней больницы им. Пирогова, обширные Молоканские сады, мужской монастырь и военные казармы. Так что данную часть города в то время нельзя было назвать безлюдной, но на эту территорию не распространялась регулярная сетка улиц с квартальной застройкой. Крупные овраги, пересекавшие местность и спускавшиеся к Волге,

оказывали большее влияние на планировочную структуру, чем воля градостроителя. Значительная часть этих земель была занята дачами. Дорог было мало, особенно мощеных. Часть из них называлась просеками. Именно в связи с такой градостроительной ситуацией появилось и прочно закрепилось в самарской топонимике название парка – «Загородный». Сегодня Загородный парк занимает территорию 42,4 га между ул. Н. Садовой и берегом р. Волги. С севера парк ограничен 1-й просекой, граница на юго-западе не выделена четко уличной сетью. В данном случае наблюдается преемственность со слабой планировочной структурированностью этой части города, сохранившейся с начала XX в. В этом направлении парк ограничен территорией футбольного клуба «Крылья Советов» и частной застройкой – наследницей обширных массивов купеческих дач. Улица Шушенская, проходящая по этой территории, не точно совпадает с границами парка. Территориально Загородный парк превосходит другие парки Самары. Сегодня парк – это место для прогулок, как правило от ул. Н. Садовой до Волги и обратно. В парке сохранилось множество старых, в том числе реликтовых, деревьев. На берегу Волги находится песчаный пляж без какого-либо благоустройства. Практически все сохранившиеся рукотворные объекты в парке выкуплены в частную собственность. Озелененными территориями управляет самарский муниципалитет.

Сохранилось достаточно много исторических фотографий парка XX в. На них запечатлен ряд утраченных объектов, когда-то находившихся на территории парка: купеческие дачи, волжская пристань и пляж, парашютная вышка, различные аттракционы – колесо обозрения, карусели, скульптуры, павильоны, постоянная краевая промышленная выставка и др. Наиболее старым из сохранившихся до наших дней сооружением Загородного парка, помимо дачи, «... принадлежащей жене поручика Сипиной», можно считать деревянный павильон комнаты смеха. Все остальные постройки и сооружения относятся ко второй половине XX – началу XXI в.

История освоения территории нынешнего Загородного парка началась задолго до его открытия. Лесистый волжский склон с привлекательными панорамными видами в конце XIX – начале XX в. был застроен дачами зажиточных самарцев. До наших дней сохранился лишь один из этих дачных домов, упомянутый выше, – «Дача № 56, принадлежавшая жене поручика Сипиной». Это здание было предположительно построено в 1903 г. по проекту Ф. Засухина. Особенностью этих дач было то,

что они имели подчеркнуто рекреационный характер без значительных посадок плодовых деревьев или разбивки огородов. Большая их часть озеленения носила естественный характер. По воспоминаниям К. Головкина это были скорее виллы с высокой степенью комфортности и инженерного оснащения [1]. Дачи часто сдавались в аренду для летнего проживания. В Самарской газете от 17.02.2019 г. был опубликован материал, основанный на архивных источниках, в котором была представлена информация об использовании купеческих дач в качестве арендного жилья. На даче Сипиной было зарегистрировано 7 строений, которые были разделены на квартиры для проживания арендаторов. Приводится пофамильный список постояльцев [2].

В Центральном государственном архиве Самарской области (г. Самара, ул. Мичурина, д. 58) хранится ряд документов, связанных с формированием территории будущего парка. После прихода Советской власти территория будущего парка изменилась не сразу. Дачные участки продолжали существовать в своих границах, некоторые из них сохранили даже своих владельцев на какое-то время, другие участки были заняты различными организациями. Часть дач продолжала использоваться по-прежнему как арендное жилье и как место проживания самих владельцев. По архивным материалам Городского отдела коммунального хозяйства за 1920-1923 гг. целый ряд дачных участков использовался как частное жилье со стоимостью участка свыше четырех тысяч рублей. К 1930-м гг. количество частных владельцев сокращалось, дачные участки изымались в государственную собственность для размещения различных предприятий, например в 20-е гг. на территории бывших дач был организован детский санаторий Крайздора. Для этой цели были изъяты два участка – №4 и №5. Этот санаторий описывается также в архивных материалах Горздрава г. Куйбышева за 1945 г. Судя по этому документу функция детского санатория на данном участке сохранялась с 1920-х гг., при этом менялись наименования организаций, управляющих этим объектом. Упоминается соматический детсанаторий (до 1941 г.) и Детский санаторий №1 для дошкольного возраста (к 1945 г.). Объект характеризуется как озелененная территория на берегу Волги, непосредственно примыкающая к парку «Культуры и отдыха». На территории размещалось два деревянных корпуса, в которых отдыхали дети. Предположительно детский санаторий впоследствии был присоединен к парку «Культуры и отдыха», есть вероятность, что один из корпусов сохранился до наших дней. Эта гипотеза требует

дополнительного изучения и подтверждения архивными изысканиями. Также необходимо дополнительно изучить трассировку 1-й дачной просеки для более точной привязки адресной базы довоенного периода [2].

Период первого десятилетия Советской власти мало отражен в архивных документах. В это время происходила смена экономического уклада, включая изменения формы собственности на земельные участки. Вся земля была национализирована, поэтому фактическое использование участков формализовалось постепенно. Участки переходили из рук в руки, без всяких бюрократических или судебных усилий. Организация Крайздрав возражала против отделения от его участка части площади в пользу «Зеленой Рощи». Оставшийся после этой от-

резки участок Сипинской дачи был достаточно велик (около 3 га). На него можно было перенести те постройки, которые находились на отрезаемом участке. На случай, если бы участка не хватило, выдвигалось предложение дополнительно изъять соседние дачи. В таких условиях формирование крупной территории будущего парка было относительно несложным.

Решение об организации парка культуры и отдыха было принято самарским Крайисполкомом в 1930 г. Проект был разработан архитекторами В. И. Долгановым и Н. Т. Варенцовым. «...Постановление об организации нового парка культуры и отдыха горожан Крайисполком принял 18 июля 1930 г. и учредил специальный комитет, которому поручили разработать необходимые предложения по его созданию» [3, с. 255].

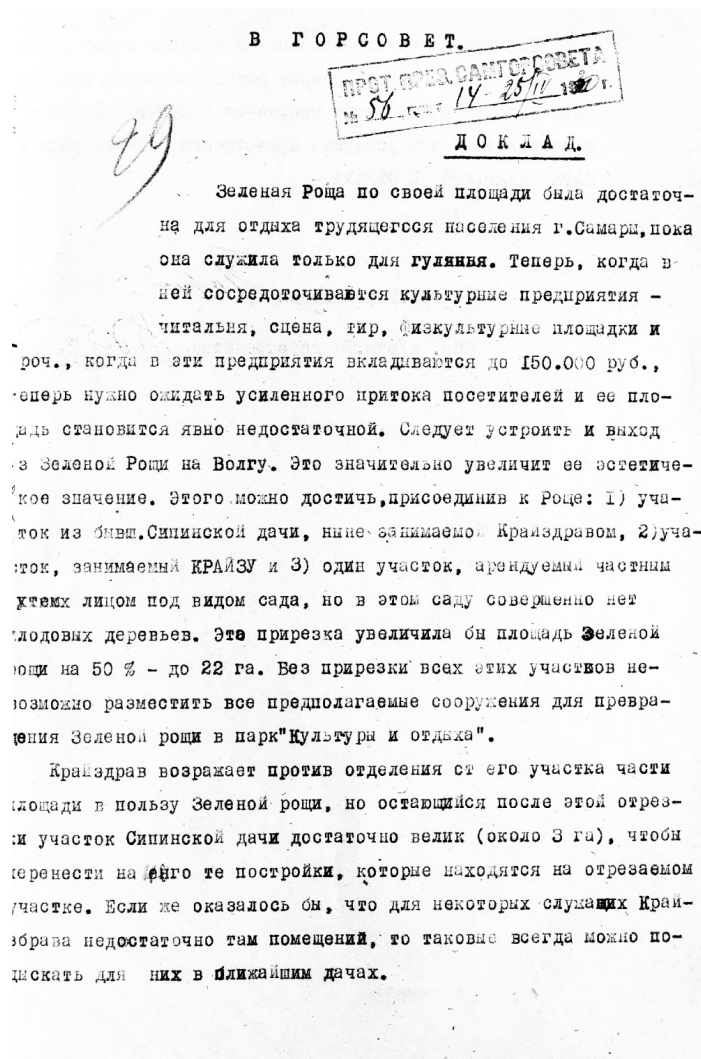


Рис. 1. Доклад на городском совете 25 апреля 1930 г.
(Центральный государственный архив Самарской области, Ф Р-56, Оп. 1, Д. 338. Л. 30) [4]

Fig. 1. Report at the City Council on April 25, 1930
(Central State Archive of the Samara region, F R-56, Op. 1, 338. L. 30) [4]

В фонде Р-56, Опись 1, Дело 338, Лист 30 обнаружен документ (рис. 1), содержащий информацию об обсуждении на Заседании Городского Совета, состоявшемся 25.04.1930 г., предложения о создании парка культуры и отдыха путем расширения существующих прогулочных территорий за счет присоединения к ним дополнительных участков, занятых частными дачами и садами [4]. Было предложено разместить там некоторые культурные предприятия и создать полноценное общественное пространство. Для этого планировалось выделить до 150 тыс. рублей. Участок «Зеленой Рощи», судя по архивным данным, был достаточно большим даже для массовых гуляний. Стихийно сложившаяся рекреационная территория не была насыщена каким-либо дополнительным функционалом, но уже привлекала множество жителей города. А в результате насыщения ее различными объектами посещаемость существенно выросла. В 1930 г. отмечалось, что в «Зеленой Роще» появились читальня, сцена, тир, физкультурные площадки и пр. Настоятельно требовалось расширение площади рекреационной территории. Особая важность предавалась соединению территории «Зеленой Рощи» с берегом р. Волги. Это существенно повышало привлекательность данного участка, а также эстетику и содержательность отдыха горожан. Решить эту задачу можно было путем присоединения к «Зеленой Роще» участков бывших дач, в том числе: 1) участок из бывшей Сипинской дачи, тогда занимаемой Крайздравом, 2) участок, занимаемый КРАИЗУ и 3) один участок, арендуемый частным лицом под видом сада, хотя в этом саду совершенно не было плодовых деревьев. Такое увеличение территории – на 50 %, т. е. в полтора раза, увеличивало площадь будущего парка до 22 га. Без прирезки этих участков невозможно было бы разместить все предполагаемые сооружения для превращения «Зеленой Рощи» в парк «Культуры и отдыха».

К этой записке с предложением был приложен план существующей на тот момент территории будущего Парка культуры и отдыха (рис. 2 и 3). На нём показаны места расположения купеческих дач с границами частных владений с номерами участков. На некоторых из участков указаны имена владельцев.

Желтой линией на чертеже показаны границы территории, соседствующей с дачными участками, которая носит название «Зеленая Роща». Из архивных записей можно сделать вывод, что площадь «Зеленой Рощи» составляла 10 га. Некоторое время она служила жителям Самары местом для прогулок. По всей видимости, эта территория стала ядром будущего парка. Красной линией на плане показано предложение по увеличению территории «Зеленой

Рощи» с целью создания большого Парка культуры и отдыха. Очевидно, что к началу 30-х гг. купеческие дачи еще существовали в своих прежних границах. Судя по тому, что в документе не говорится о какой-либо форме изъятия этих участков у частных владельцев, их фактическое использование и реальная форма собственности уже перестала быть прежней. Представленная схема границ участков показывает их фактическое межевание в дореволюционный период.

Работа над парком продолжилась. В 1931 г. на заседании Президиума Самарского Горсовета был рассмотрен вопрос об организации парка «Культуры и Отдыха» – «Протокол № 45 заседания Президиума Самарского Горсовета от 17.12.1931 года Об организации парка «Культуры и Отдыха». Постановили: 1. Работы по организации парка «Культуры и Отдыха» возложить на ГОКХ, персонально на т. Ляшкова. 2. Предложить ГОКХ немедленно сдать планировочные и съёмочные работы по парку «К и О» и озаботиться приобретением типовых проектов отдельных строений парка. 3. Поручить т. Ляшкову, совместно с комитетом содействия, в декадный срок составить план финансирования строительства парка «К и О» и представить на утверждение Президиума (ГАСО, фонд р.56, опись 1, дело № 473)» [3, с. 255].

По информации из газетной заметки об открытии парка (рис.4) нам известно, что в 1932 г. в парке было: открытый кинотеатр, площадки для волейбола и баскетбола, музыкальные эстрады, буфеты, киоски прохладительных напитков, столовые, библиотека-читальня, дет-

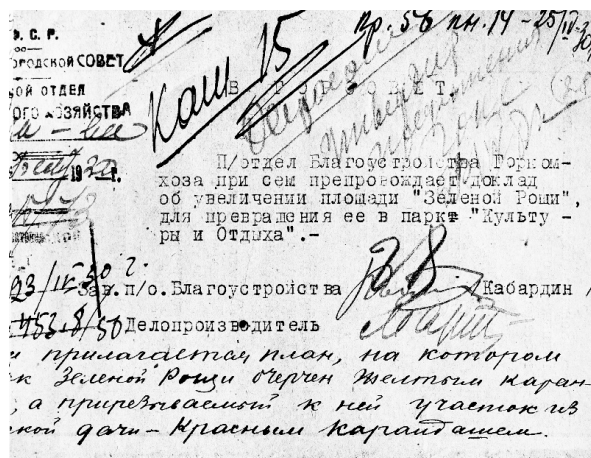


Рис. 2. Пояснения к плану границ участков на территории Загородного парка на 1930 г. (Центральный государственный архив Самарской области, Ф Р-56, Оп. 1, Д. 338. Л. 30)

Fig. 2. Explanations to the plan of the boundaries of the plots on the territory of the Country Park for 1930 (Central State Archive of the Samara region, F R-56, Op. 1, 338. L. 30)

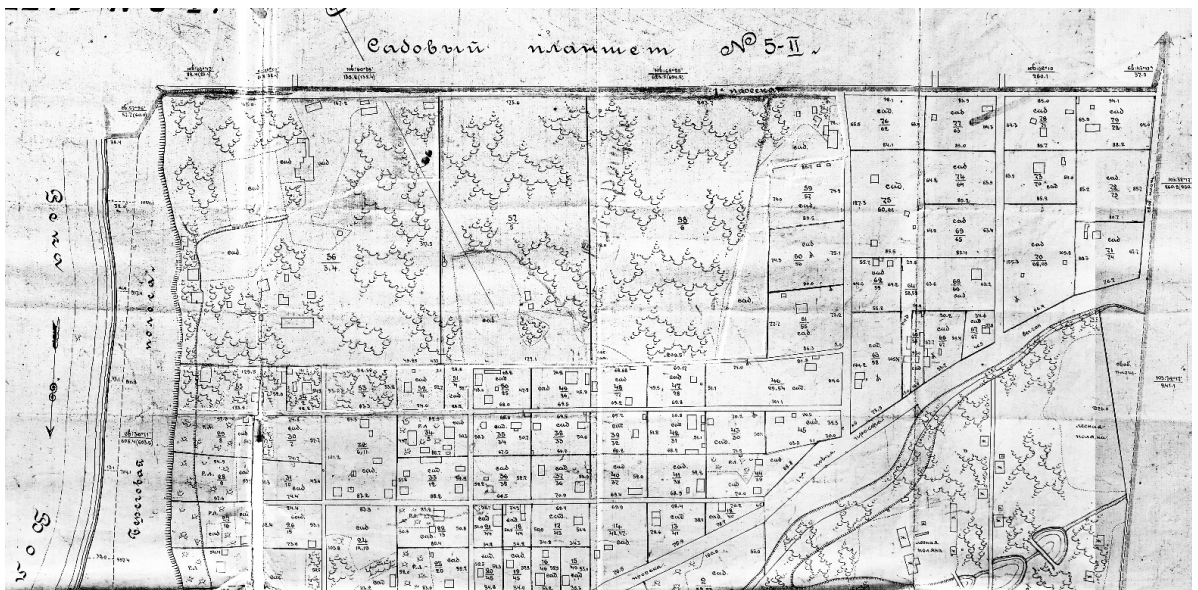


Рис. 3. План границ участков на территории Загородного парка на 1930 г.

(Центральный государственный архив Самарской области, Ф. Р-56, Оп. 1, Д. 338. Л. 30)

Fig. 3. The plan of the boundaries of the plots on the territory of the Out of town Park for 1930
(Central State Archive of the Samara region, F. R-56, Op. 1, 338. L. 30)

ский городок. На митинге по случаю открытия парка было заявлено о планах по его дальнейшему развитию. В то же время были отмечены следующие недостатки: «...незначительна еще сеть киосков с водами. Аллеи не посыпаны песком. Мало столовых. Следует отметить, что в столовых непомерная дороговизна... Но самое «узкое» место – соотношение о ПКиО. На трамвае 2-го маршрута «по традиции» продолжались пересадки у завода № 42. Отсюда – толчея, нервирующие очереди...» Территория ЦПКиО должна была к середине 30-х гг.

составить 200 га. На новых площадях должны были появиться «...несколько кинотеатров, цирк, драмтеатр на 1500 мест, стадион на 15 тыс. мест...» На момент открытия парка площадь составляла 40 га. До сегодняшнего дня Загородный парк практически не изменился по площади и по своей планировочной структуре. Основа парка, заложенная в 1932 г., до сих пор сохраняет свое значение.

Вывод. Ядром парка стала территория «Зеленой Роши», которая к началу 1930-х гг. использовалась самарцами в качестве прогулочной зоны. Естественный путь от линии трамвая в сторону Волги через «Зеленую Рошу» стал центральной аллеей парка, вдоль которой возводились павильоны, киоски, спортивные площадки и другие объекты. Купеческие дачи на берегу Волги, также изначально имевшие рекреационный характер использования, присоединились к территории «Зеленой роши» для обеспечения связи парка с Волгой и расширения его территории. Такой способ формирования парка требовал минимум затрат. К моменту открытия аллеи дорожки не имели мощения, зеленые насаждения уже существовали. Были приспособлены существующие объекты и возведен ряд новых (перечисленных выше). Таким образом, можно сделать вывод о естественном эволюционном генезисе формирования территории Загородного парка. Эту историческую преемственность необходимо сохранить, а по возможности и дополнительно выявить во время планируемой реконструкции парка.



Рис. 4. Газетная заметка 1932 г.

(Официальная страница управления государственной архивной службы Самарской области https://vk.com/wall-77877225_5321)

Fig. 4. Newspaper article of 1932

(Official page of the Department of the State Archival Service of the Samara region https://vk.com/wall-77877225_5321)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классика самарского краеведения: антология: Вып. 2 / под ред. П.С. Кабытова, Э.Л. Дубмана. Самара: Самар. ун-т, 2006. 257 с.
2. Официальные периодические издания: «Самарская газета» / «Самарская газета» изучила уникальные документы об истории Загородного парка. Часть 2. URL: <https://sgpress.ru/news/118113> (дата обращения: 27.01.2024).
3. Синельник А.К., Самогоров В.А. Архитектура и градостроительство Самары 1920-х – начала 1940-х годов / Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2010. 480 с.
4. Центральный государственный архив Самарской области, Ф Р-56, Оп. 1, Д. 338. Л. 30.

Об авторах:

ОРЛОВА Наталья Александровна

доцент кафедры реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: pochto@yandex.ru

ОРЛОВ Дмитрий Николаевич

доцент кафедры реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: pochto@yandex.ru

РОЖДЕСТВЕНСКАЯ Екатерина Сергеевна

кандидат архитектуры,
доцент кафедры реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: rka-33@mail.ru

Для цитирования: Орлова Н.А., Орлов Д.Н., Рождественская Е.С. Архивные материалы об открытии Загородного парка в 30-е годы в Самаре // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 143–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.20.

For citation: Orlova N.A., Orlov D.N., Rozhdestvenskaya E.S. Archival materials about the opening of out of town park in the 30s in Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 143–148. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.20.

REFERENCES

1. P.S. Kabytov, E.L. Dubman. *Klassika samarskogo kraevedeniya: antologiya: Vypusk 2* [Classics of Samara local history: anthology: Issue 2]. Institute of History and Archeology of the Volga Region, Samara, SamSU, 2006. 257 p.
2. Official periodicals: Samara newspaper/Samara newspaper studied unique documents about the history of Zagorodny Park. Part 2. Available at: <https://sgpress.ru/news/118113> (accessed 27 January 2024).
3. Sinelnik A.K., Samogorov V.A. *Arhitektura i gradostroitel'stvo Samary 1920-h – nachala 1940-h godov* [Architecture and urban planning of Samara in the 1920s - early 1940s]. Samara, Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2010. 480 p.
4. Central State Archive of the Samara Region, F R-56, Op. 1, D. 338. L. 30.

ORLOVA Nataliya Al.

Associate Professor of the Reconstruction
and Restoration of the Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: pochto@yandex.ru

ORLOV Dmitry N.

Associate Professor of the Reconstruction
and Restoration of the Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: pochto@yandex.ru

ROZHDESTVENSKAYA Ekaterina S.

PhD in Architecture,
Associate Professor of the Reconstruction
and Restoration of the Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: rka-33@mail.ru

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 727.8

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.21

А. А. КУЗНЕЦОВА
А. А. НЕНАШЕВА

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МОДЕЛЬНЫХ ДЕТСКИХ БИБЛИОТЕК

FUNCTIONAL POTENTIAL OF MODEL CHILDREN LIBRARY

Рассматриваются основные функции, которые выполняют детские библиотеки, их значение и потенциал для дальнейшего развития. Проанализирован ретроспективный анализ функциональной структуры детских библиотек в разные эпохи становления общества. Рассмотрено, как детские библиотеки адаптировались к меняющимся условиям и требованиям общества. Выделены доминирующие функции: образовательная, культурно-просветительская, социальная и сопутствующие. К сопутствующим группам относятся развлекательная, творческая, цифровая. Определено направление дальнейшего исследования, ориентированного на поиск новой формы детской библиотеки, с учетом расширения функционального состава в современных социально-экономических условиях развития общества в России. Дано определение модельных детских библиотек как новой типологической модели библиотек в архитектурном проектировании. Намечен вектор дальнейшего исследования объемно-планировочных составляющих архитектурного решения данных объектов.

Ключевые слова: библиотека, медиацентр, книги, многофункциональная роль, цифровая грамотность, творческая мастерская, социализация, модернизация, цифровизация, традиции

The article discusses the main functions that children's libraries perform, their importance and potential for further development. A retrospective analysis of the functional structure of children's libraries in different eras of the formation of society is analyzed. The article examines how children's libraries have adapted to the changing conditions and demands of society. The dominant functions are identified: educational, cultural and educational, social and related. Related groups include entertainment, creative, digital. The direction of further research has been determined, focused on finding a new form of children's library, taking into account the expansion of the functional composition in modern socio-economic conditions of the development of society in Russia. A definition of model children's libraries is given as a new typological model of libraries in architectural design. A vector for further research into the space-planning components of the architectural solution of these objects has been outlined.

Keywords: library, media center, books, multifunctional role, digital literacy, creative workshop, socialization, modernization, digitalization, traditions

В условиях стремительно развивающегося информационного общества детские библиотеки остаются важнейшими культурно-образовательными центрами [1]. Они играют ключевую роль в формировании у подрастающего поколения не только читательских навыков, но и более широкого мировоззрения, критического мыш-

ления, социальной адаптации; современная библиотека способствует удовлетворению потребностей детей в интеллектуальном и духовном росте, самообразовании и самопознании.

Функции детских библиотек со временем претерпели значительные изменения, отражая изменения в обществе, технологиях и образо-

вательных подходах. До середины XX века выделялось три основные функции (рис. 1) детских библиотек: хранилище книг, образование и обучение, культурное просвещение. Основная функция – предоставление доступа к книгам в разных ее форматах. Также проводились различные мероприятия, связанные с обучением грамоте и чтением, и организовывались культурные мероприятия: литературные чтения и выставки, которые способствовали развитию кружозора детей [2]. Складывается традиционное восприятие понимания библиотеки как места для чтения и хранения.

Переходный период – вторая половина XX века, когда в детские библиотеки активно начали внедрять образовательные программы, способствующие развитию различных навыков. Появились развлекательные и досуговые функции: театральные постановки, игровые зоны и самое главное – внедрение технологий и предоставление доступа к мультимедийным материалам. Библиотека выходит за пределы традиционного книгохранения.

Если рассматривать период конца XX – начала XXI века, то можно проследить, как научно-технический прогресс повлиял на процессы, связанные с различными информационными ресурсами.

В этот период детские библиотеки проходили различные процессы трансформации, возникло значительное расширение функций, увеличился фокус на интеграцию и взаимодействие с окружающим сообществом. Детские библиотеки стали центрами цифровой грамотности – появился доступ к электронным книгам (платформа РГДБ) [3]. Формируются творческие мастерские, лаборатории и арт-пространства, которые способствуют развитию творческих способностей и технических

навыков у детей. Структуру и функционал зданий библиотек меняют новые понятия «инклюзивность» и «социальная функция». Детские библиотеки предлагают программы и услуги для детей с особыми потребностями, создается безопасная социальная среда.

Итак, можно проследить, как за один век функции детских библиотек эволюционировали от традиционного хранения книг и культурного просвещения к более комплексным и разнообразным ролям, включая цифровое обучение, творческое развитие и социальную интеграцию [4].

Для обеспечения соответствия современным требованиям и стандартам в сфере проектирования библиотек, в том числе и детских, важно проследить ретроспективный анализ законодательной и нормативно-правовой базы. Остановимся на ключевых аспектах нормативно-правовой базы и основных документах, регулирующих проектирование и строительство детских библиотек.

Документы «ВСН 17-73/Госгражданстрой» и «НП 5.4л-74 Библиотеки» были одними из первых, регулирующих нормы и требования к общественным библиотекам. Они регламентировали технические решения, требования по размещению зданий библиотек на проектируемом участке и некоторые таблицы с нормами по мебельному и инженерному оборудованию помещений. В данных нормах были заложены, актуальные и сегодня, основы проектирования библиотечных пространств и архивов, которые содержат требования и рекомендации, например принципы зонирования и требования к инженерным коммуникациям.

В документе «СН 548-82 Инструкция по проектированию библиотек» выделяли библиотеки по специализированным направлениям:



Рис. 1. Ретроспективный анализ функций детских библиотек

Fig. 1. Retrospective analysis of children's library functions

массовые, научные и специализированные. Впервые выделили понимание необходимости различного подхода к проектированию библиотек в зависимости от их функциональных групп и целевой аудитории.

В документах: СНиП 2.08.02-85, СНиП 2.08.02-89*, СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» также отсутствует отдельная типология с детскими библиотеками. Из нововведений в данных документах можно выделить то, что библиотечные пространства учебных заведений стали разделять по площади на одного учащегося в зависимости от типа образовательного учреждения (школы, профессиональные организации, вузы).

Начиная с СП 35-103-2001 «Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным посетителям» появились особые требования к проектированию, обеспечивающие доступность библиотек для маломобильных групп населения, что стало крайне важным элементом в современном проектировании зданий библиотек.

В СНиП 2.09.04-87 особое внимание уделено техническим библиотекам, их составу и площадям помещений. Однако позже, в СП 44.13330.2010, технический тип библиотек исключили, что отразило тенденцию к сужению типологической классификации библиотек.

Формулировка понятия «медиатека» впервые появилась в СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций», предлагающая объединение функций библиотеки и медиатеки в едином пространстве, что говорит о переосмыслении роли библиотек уже в 2016 году в России.

Многоуровневую структуру библиотек в вузах раскрывает СП 278.1325800.2016 «Здания образовательных организаций высшего образо-

вания», включая основную фундаментальную библиотеку и факультативы, что отражает комплексность и структурность современных библиотечных услуг в системе высшего образования.

Несмотря на то, что в актуальных на сегодняшний день нормативных актах и сводах правил до сих пор отсутствует отдельная категория «детская библиотека», – кардинально изменяющаяся система образования от дошкольного до высшего и послевузовского образования и современные тенденции в архитектуре акцентируют внимание на необходимости разработки и создания требований, а также включения в свод правил пространства, ориентированных на детей и учитывающих требования к безопасности, инклюзивности и образовательным потребностям.

Для понимания современной организации и востребованности детских библиотек рассмотрим примеры зарубежных практик, ориентированных на детей и семейное чтение.

Одной из самых уникальных библиотек, сочетающих в себе современные архитектурные решения и продуманное функциональное наполнение, ориентированное на развитие творческих и образовательных способностей учеников, является Экспериментальная школа Шанхайской консерватории при Хэбэйском филиале, построенная в 2023 году в Китае [5]. Здание отличается изящными формами, плавными линиями и минималистическим подходом в оформлении, создавая атмосферу, которая располагает к обучению и творчеству.

Фасад библиотеки оформлен в светлых тонах с большими панорамными окнами, что способствует естественному освещению внутренних пространств и создает ощущение открытости и связи с окружающей средой (рис. 2). Здание библиотеки состоит из трех уровней, разделенных на функциональные зоны. На пер-



Рис. 2. Экспериментальная школа Шанхайской консерватории при Хэбэйском филиале
Fig. 2. Shanghai Conservatory Experimental School at Hebei Branch

вом этаже расположены читальный зал начальной школы и секция с закрытыми полками, доступная учителям. Архитектура библиотеки предполагает наличие трансформируемых зон. Некоторые помещения оснащены раздвижными стеклянными перегородками, что позволяет менять конфигурацию пространства в зависимости от потребностей: от камерных уголков для индивидуального чтения до просторных залов для мероприятий и групповых занятий, а «прозрачность» также позволяет учителям контролировать учащихся, тем самым снижая потребность в управлении.

Центральным архитектурным элементом является атриум или открытое пространство, которое визуальнo объединяет все этажи библиотеки. Благодаря этому создается ощущение свободы и легкости, позволяющее посетителям чувствовать себя комфортно.

Второй этаж отведен под читальный зал для учащихся средней школы, где имеется множество «островков для чтения». Каждый «островок» рассчитан на целый класс и оформлен в одном тематическом цвете, имеет большой общий стол и книжную полку-домик для уединенного чтения. Большой стол также позволяет группе друзей открыто делиться своими книгами и мыслями. Третий этаж обустроен для учителей – это место для отдыха, общения, духовной реабилитации.

Учитывая музыкальную направленность школы, в дизайне библиотеки применены специальные акустические материалы и конструкции для звукоизоляции и звукопоглощения. Это позволяет создать комфортные условия для чтения, учебы и музыкальных занятий. Некоторые помещения могут трансформироваться для разных мероприятий – от камерных музыкальных выступлений до больших семи-

наров и выставок. Библиотека филиала Шанхайской Консерватории Музыки в Хэби – это образец современного образовательного пространства, которое совмещает в себе функции традиционной библиотеки, музыкального центра и места для креативного развития.

Следующим ключевым примером в области функциональной наполненности детской библиотеки является библиотека средней школы Ханькоу (рис. 3), спроектированная в 2020 году в Китае [5, 6]. Здание имеет необычную концепцию современного подхода к школьным библиотекам, обеспечивая гибкость использования и создавая комфортную среду для учебы и творчества. Библиотека выдержана в минималистичном стиле с акцентом на простые, чистые линии и формы. Данный подход способствует созданию спокойной и ненавязчивой атмосферы, которая не отвлекает, а, напротив, настраивает на учебу и творческий процесс.

Библиотека задумана так, чтобы органично вписаться в территорию школьного кампуса, а зоны для чтения и отдыха размещены таким образом, что из окон открываются виды на природу, что способствует расслаблению и концентрации учеников.

Здание библиотеки отличается открытой планировкой, где зонирование осуществляется с помощью мебели и уровней пола. Вместо классических стен используются стеллажи с книгами и легкие перегородки, что обеспечивает гибкость и адаптивность пространства. Архитекторы использовали натуральные материалы, такие как дерево, которые придают пространству теплоту и уют.

В библиотеке предусмотрены различные типы зон для чтения: от больших общих залов с длинными столами для групповых занятий до уютных уголков с мягкой мебелью для индиви-

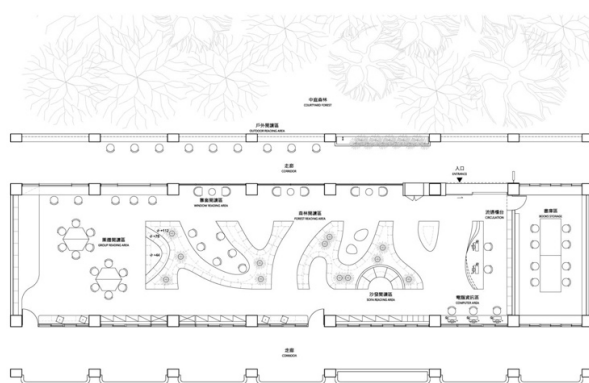
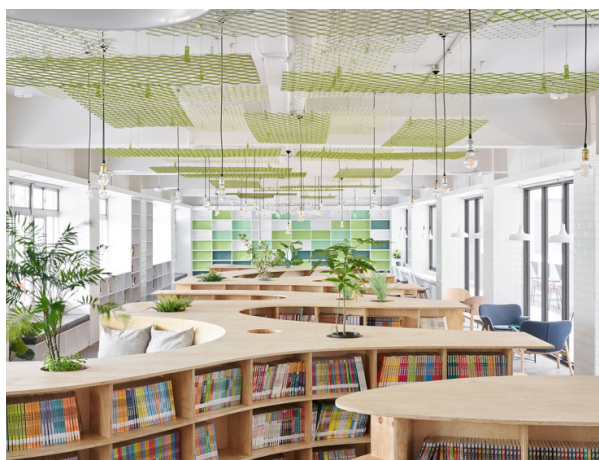


Рис. 3. Библиотека средней школы Ханькоу
Fig. 3. Hankou High School Library

дуального чтения. Такое зонирование позволяет удовлетворить разные потребности учеников в зависимости от характера их деятельности.

Несмотря на малую площадь в библиотеке есть зоны, предназначенные для работы с мультимедийными ресурсами, что делает библиотеку не только местом для чтения книг, но и центром доступа к цифровой информации и технологиям.

Особое внимание уделено сценарию освещения, который обеспечивает комфорт для чтения и работы. Применяются как естественные источники света – большие окна, так и искусственное освещение, позволяющее настроить необходимую атмосферу в зависимости от времени суток и характера мероприятий.

Библиотека средней школы Ханькоу – это пример того, как современные архитектурные и дизайнерские решения могут создавать комфортное и гибкое образовательное пространство даже на небольших площадях. Благодаря открытой планировке, использованию естественного света, гибким зонам и интерактивным элементам, эта библиотека является не просто местом хранения книг, а центром образовательной и культурной жизни детей.

Долгие годы библиотеки в России оставались без должного внимания: многие фонды устарели, развитие приостановилось, ремонт не проводился, а книжные полки давно не по-

полнялись современной литературой. Поэтому был разработан национальный проект «Культура» с 2019 по 2024 годы в регионах России, целью которого стало открытие модельных детских библиотек (рис. 4). Основное отличие между обычной детской библиотекой и детской модельной библиотекой заключается в подходе к организации пространства, материалов и услуг.

Модельная библиотека – это более современный, многофункциональный инновационный и гибкий формат традиционной библиотеки, ориентированный на потребности детей, центр использования передовых технологий, представляющий собой центр вариативной активности, творчества и общения.

Нынешние модельные детские библиотеки существенно расширили свой функциональный потенциал, выходя за рамки традиционного книгохранения. Сегодня у детей есть доступ к разнообразным формам образования, творческим занятиям и культурному обогащению [5, 6]. Однако ожидания пользователей библиотеки меняются, цифровые инструменты трансформируют роль библиотеки. В наше время успешные детские библиотеки – это не только грамотная дизайнерская организация помещений и инновационное библиотечное оборудование. Модельная детская библиотека сегодня сталкивается с трудностями в адаптации



Рис. 4. Детские модельные библиотеки на карте России
Fig. 4. Children's model libraries on the map of Russia

к новым интересам и требованиям детей, которые изменяются очень быстро, а также сталкиваются с проблемами создания равных возможностей для детей из разных социальных слоев и с различными интеллектуальными и физическими способностями [6, 7].

Модельные детские библиотеки нашего времени должны представлять собой многофункциональные, многослойные, гибкие динамичные центры, которые быстро адаптируются к требованиям времени и потребностям общества и выходят за рамки традиционного представления о библиотеке как о месте только для чтения книг. Рассмотрим варианты модернизации модельных детских библиотек за счет расширения функциональных программ.

В детской библиотеке можно выделить доминирующие и сопутствующие функции, которые определяют ее основные цели и потенциал [7-10].

Доминирующие функции:

1. Образовательная функция: одна из самых главных функций детской библиотеки. Библиотека способствует развитию навыков чтения, грамотной постановке речи, расширению кругозора.

2. Культурно-просветительская функция: библиотека организует встречи с писателями, конкурсы, выставки и другие мероприятия.

3. Социальная функция: модель библиотеки нового типа ярко выражена в концепции, сформированной за последние годы: «Библиотека – третье место», где «третье место» для человека является нейтральной средой для социального неформального взаимодействия и помогает формировать социальные навыки, создавать дружеские связи [11].

4. Информационная функция: в наше время, когда полки с книгами больше не определяют библиотеку, особенно важен доступ к информации и современным технологиям.

Сопутствующие функции:

1. Творческая функция: заключается в создании условий для развития креативного мышления, самовыражения и создании новых художественных продуктов.

2. Развлекательная функция: помимо образования и просвещения немаловажно создавать условия для отдыха и досуга, поддерживать эмоциональное развитие детей через развлекательные формы.

3. Экологическая функция: все чаще в современных библиотеках можно увидеть экозоны, зимние сады, теплицы, сенсорные сады, что несомненно развивает осознание важности защиты природы и учит бережно относиться к ней.

4. Релаксационная функция: организация комфортных и соразмерных читателям различных зон отдыха позволяет сделать детскую

библиотеку уютной, безопасной и помогает детям расслабиться.

Таким образом, доминирующие функции направлены на основной вклад в развитие детей, а сопутствующие, в свою очередь, расширяют и дополняют возможности библиотек и делают их более привлекательными и многофункциональными для детей разных возрастов [11, 12].

Функциональный потенциал детских библиотек в России является важным элементом образовательной и культурной системы страны. Сегодня требования к детским библиотекам особенно высоки, поскольку они должны не только сохранить традиции, но и адаптироваться к новым условиям цифровизации и автоматизации, поддерживать интерес чтения у детей, обладать современным книжным фондом. Ниже приведены примеры (рис.5) потенциально новых функциональных зон, которые могут появиться в современной детской библиотеке.

Медиацентр (медиаотека) – основное пространство с доступом к мультимедийным ресурсам и технологиям. Помещения должны быть оснащены рабочими станциями с компьютерами для просмотра, прослушивания и чтения материалов.

1. Лаборатория STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – специально оборудованное помещение для занятий научной и технической деятельностью, где дети могут экспериментировать, изучать физику, химию, математику и робототехнику.

2. Творческая мастерская (мастерская MakerSpace) – пространство для практической деятельности, где дети могут заниматься различными видами творчества, включая лепку, рисование, конструирование и работу с различными материалами.

3. Зона виртуальной реальности (VR-зона) – помещение, оборудованное системами виртуальной реальности, где дети могут путешествовать по различным уголкам мира, посещать музеи, исследовать космос или изучать биологию в виртуальной среде.

4. Арт-пространство – классы для проведения художественных и музыкальных занятий, мастер-классов и театральных постановок.

5. Коворкинг-зона для детей и родителей – помещения для совместного обучения и работы, где дети и родители могут проводить время вместе, выполняя задания, читая книги или обсуждая различные темы, также это могут быть форумные пространства или зона для индивидуальной работы.

6. Зона для игр и релаксации – место, где дети могут расслабиться, поиграть в настольные игры, посмотреть фильмы или просто отдохнуть в комфортной обстановке.

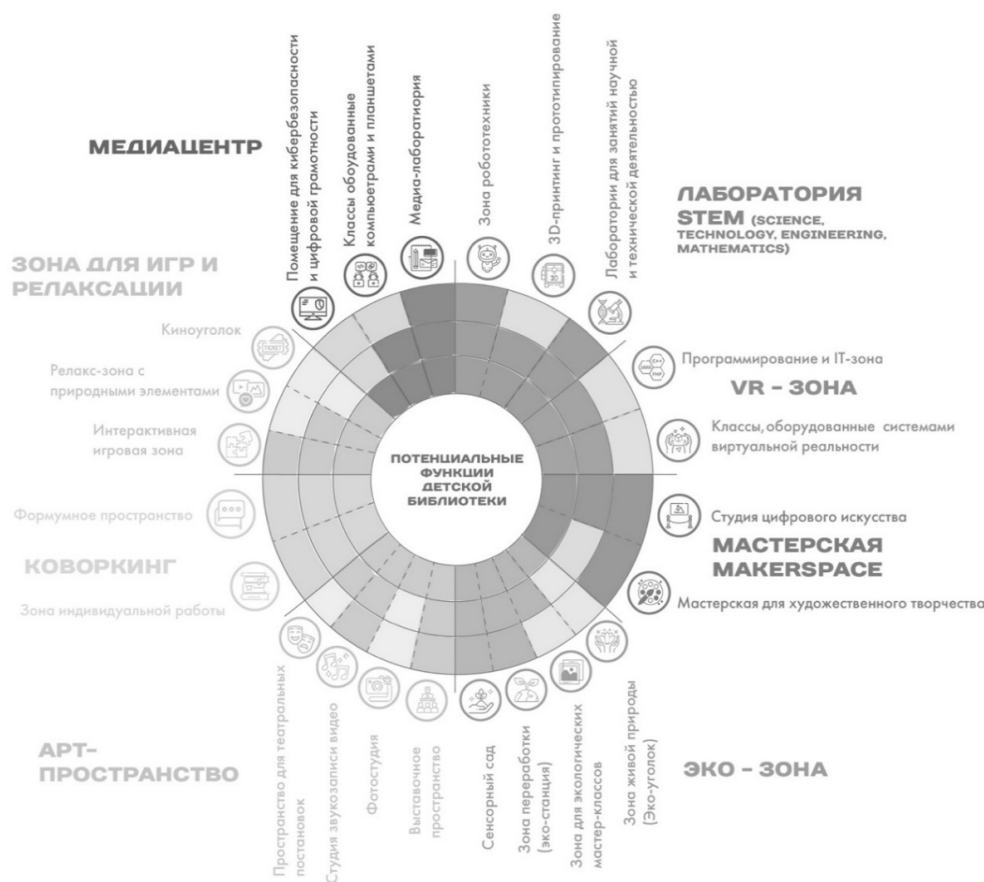


Рис. 5. Основные функции новой модельной детской библиотеки и их взаимодействие
Fig. 5. The main functions of the new model children's library and their interaction

7. Экозона – создание специальных локаций с живыми растениями, аквариумами или террариумами, где дети могут наблюдать за природой, ухаживать за растениями и учиться экологической ответственности.

Вывод. Расширение и адаптация функциональной программы позволит архитекторам за проектировать модельную детскую библиотеку более привлекательной для детей и их родителей, превращая ее в центр всестороннего развития и взаимодействия с современными технологиями и культурой [13,14]. Таким образом, функциональный потенциал модельных детских библиотек продолжает развиваться в соответствии с изменяющимися потребностями общества и современными образовательными тенденциями. В условиях цифровизации, расширения культурных и развивающих возможностей библиотеки остаются важным пространством для обучения, творчества, взаимодействия и личностного роста детей. Будущее детских модельных библиотек заключается в их способности интегрировать новые технологии, создавать интерактивные образовательные

программы, поддерживать культурное развитие и предоставлять доступ к информации в удобной и увлекательной форме, но в то же время важно сохранять традиции. Благодаря этому библиотеки смогут сохранять свою значимость как важные центры образования, досуга и социализации для подрастающего поколения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Досщанова Г.С. Детская библиотека на современном этапе развития [Электронный ресурс]. URL: https://otherreferats.allbest.ru/literature/00617490_0.html (дата обращения: 15.08.2024).
2. Бубекина Н.В., Волкова Н.С., Каверина В.А. Руководство для детских библиотек России [Электронный ресурс]. URL: <https://metodisty.rgdb.ru/02/dokumenty/144-rukovodstvo-dlya-detskikh-bibliotek> (дата обращения: 15.08.2024).
3. Проблемы, задачи и перспективы информационно-библиотечной работы с детьми: справка к заседанию Общественного совета по культуре при МК РФ. М.: РГДБ, 2016. 42 с.

4. Гущина А.Ю., Волков В.С. Эволюция библиотек в эпоху высоких технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://novainfo.ru/article/16200> (дата обращения: 05.09.2024).

5. Шанхайская экспериментальная школа [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/1011546/shanghai-conservatory-of-music-experimental-school-hebi-branch-library-interior-renovation-urbanus?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 10.09.2024).

6. Начальная школа [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/969536/lishin-elementary-school-library-tali-design?ad_medium=widget&ad_name=category-library-article-show (дата обращения: 10.09.2024).

7. Абубакирова А.Р. Детская библиотека в современный период [Электронный ресурс]. URL: <https://multiurok.ru/files/detskaia-biblioteka-v-sovremennyi-period.html> (дата обращения: 01.09.2024).

8. Кузнецова А.А., Ненасева А.А. Особенности расположения детских библиотек в структуре крупного города // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство. Самара, 2024. С. 449–456.

9. Кузнецова А.А. Особенности архитектурного проектирования спортивных школ современного пятиборья // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2 (51). С. 156–162. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.21.

10. Кузнецова А.А., Иконописцева О.Г., Ненасева А.А. Историческая трансформация библиотек // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство. Самара, 2022. С. 427–434.

11. Шкильнюк Е.В., Саньков П.Н. Библиотеки и медиатеки. Тенденции и проблемы размещения в структуре городской застройки [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017031966> (дата обращения: 05.09.2024).

12. Голубева Н.Л. Функции детской библиотеки как института инкультурации личности // Библиотековедение. 2007. №1. С. 24–28.

13. Трубецков К.Е. Библиотека нового тысячелетия // Архитектон: известия вузов. 2004. №2(7).

14. Гениева Е.Ю. Библиотека как центр межкультурной коммуникации. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2008. 208 с.

REFERENCES

1. Doshchanova G.S. Children's library at the present stage of development. Available at: https://otherreferats.allbest.ru/literature/00617490_0.html (accessed 15 August 2024).

2. Bubekina N.V., Volkova N.S., Kaverina V.A. Guide for children's libraries in Russia. Available at: <https://metodisty.rgdb.ru/02/dokumenty/144-rukovodstvo-dlya-detskikh-bibliotek> (accessed 15 August 2024).

3. *Problemy, zadachi i perspektivy informacionno-bibliotечноj raboty s det'mi: spravka k zasedaniyu*

Obshhestvennogo soveta po kul'ture pri MK RF [Problems, tasks and prospects of information and library work with children: reference to the meeting of the Public Council for Culture under the MK of the Russian Federation]. Moscow, RDGB, 2016. 42 p.

4. Gushchina A.Yu., Volkov V.S. Evolution of libraries in the era of high technologies. Available at: <https://novainfo.ru/article/16200> (accessed 05 September 2024).

5. Shanghai Experimental School. Available at: https://www.archdaily.com/1011546/shanghai-conservatory-of-music-experimental-school-hebi-branch-library-interior-renovation-urbanus?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed 10 September 2024).

6. Elementary school. Available at: https://www.archdaily.com/969536/lishin-elementary-school-library-tali-design?ad_medium=widget&ad_name=category-library-article-show (accessed 10 September 2024).

7. Abubakirova A.R. Children's library in the modern period. Available at: <https://multiurok.ru/files/detskaia-biblioteka-v-sovremennyi-period.html> (accessed 01 September 2024).

8. Kuznetsova A.A., Nenasheva A.A. Features of the location of children's libraries in the structure of a large city. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning]. Samara, 2024, pp. 449–456. (In Russian).

9. Kuznetsova A.A. Features of architectural design of sports schools of modern pentathlon. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2023, vol. 13, no. 2 (51), pp. 156–162. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.21

10. Kuznetsova A.A., Ikonistseva O.G., Nenasheva A.A. Historical transformation of libraries. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning]. Samara, 2022, pp. 427–434. (In Russian).

11. Shkilnyuk E.V., Sankov P.N. Libraries and media libraries. Trends and problems of placement in the structure of urban development. Available at: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017031966> (accessed 05 September 2024).

12. Golubeva N.L. Functions of the children's library as an institute of personality inculturation. *Bibliotekovedenie* [Library Science], 2007, no. 1, pp. 24–28. (in Russian)

13. Trubetskov K.E. Library of the new millennium. *Arhitekton: izvestija vuzov* [Architecton: university news], 2004, no. 2(7). (in Russian)

14. Genieva E.Yu. *Biblioteka kak centr mezhkul'turnoi kommunikacii* [Library as a center of intercultural communication]. Moscow, Russian Political Encyclopedia (ROSSPEN), 2008. 208 p.

Об авторах:

КУЗНЕЦОВА Анна Андреевна

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры
архитектуры жилых и общественных зданий
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: amore_86@mail.ru

KUZNETSOVA Anna An.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Associate Professor of the Architecture
of Residential and Public Buildings Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya st., 244
E-mail: amore_86@mail.ru

НЕНАШЕВА Анастасия Александровна

соискатель ученой степени кафедры архитектуры
жилых и общественных зданий
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

NENASHEVA Anastasia Al.

Applicant for an academic degree of the Architecture
of Residential and Public Buildings Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya st., 244

Для цитирования: Кузнецова А.А., Ненашева А.А. Функциональный потенциал модельных детских библиотек // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 149–157. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.21.

For citation: Kuznetsova A.A., Nenasheva A.A. Functional potential of model children library. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 149–157. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.21.

А. В. ПОПОВ
Е. Ю. ТУТЫШКИН

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ ТЕХНОПАРКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АРХИТЕКТУРНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ 110 ОБЪЕКТОВ В РОССИИ

FEATURES OF THE ARCHITECTURAL ORGANIZATION OF BUILDINGS
AND COMPLEXES OF TECHNOPARKS BASED ON THE RESULTS
OF AN ARCHITECTURAL SURVEY OF 110 OBJECTS IN RUSSIA

Для выявления особенностей практического опыта организации технопарков в России было проведено обследование 110 функционирующих зданий и комплексов технопарков, расположенных на территории 36 регионов, 8 федеральных округов. **Объектом исследования** являются здания и комплексы технопарков. **Предмет исследования** – архитектурные особенности зданий и комплексов технопарков. **Цель исследования** – выявление и систематизация достоверных данных о функционирующих зданиях и комплексах технопарков, их характерных архитектурных особенностях на основе архитектурного обследования 110 объектов. По результатам исследования выявлены характерные архитектурные особенности технопарков в России. Все 110 технопарков классифицированы по типу градостроительного размещения, объемно-пространственного решения и по типу базовой структуры. По каждому типу приведены наиболее наглядные проектные решения, по результатам архитектурного обследования сформулированы некоторые выводы.

Ключевые слова: технопарк, типология технопарков, технополис, наукоград, академгородок, бизнес-инкубатор, инновационный центр, кампус

Технопарк – это научно-производственная единица, состоящая из здания или комплекса зданий, оснащенных необходимой инфраструктурой, отвечающей требованиям непосредственных участников научно-производственных процессов, а также формирующая благоприятную среду для инноваций.

В России технопарк впервые создается в 1990 г. в городе Томске (на базе Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники) и в 1991 г. в городе Зеленограде (на базе Московского института электронной техники). За последующие 10 лет количество технопарков увеличивается до 46, а их роль и значимость в развитии современного государства подтверждается проводимым комплексом соответствующих мероприятий: Распоряжение правительства «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий» (2006 г.), Основные принци-

To identify the specifics of the practical experience of organizing technoparks in Russia, a survey of 110 functioning buildings and complexes of technoparks located in 36 regions and 8 federal districts was conducted. The object of the study is the buildings and complexes of technoparks. The subject of the study is the architectural features of buildings and complexes of technoparks. The purpose of the study is to identify and systematize reliable data on functioning buildings and complexes of technoparks, their characteristic architectural features based on an architectural survey of 110 objects. The results of the study revealed the characteristic architectural features of technoparks in Russia. All 110 technoparks in Russia are classified according to the type of urban planning, spatial solution and the type of basic structure. The most obvious design solutions are given for each type, and some conclusions are formulated based on the results of the architectural survey.

Keywords: technopark, typology of technoparks, technopolis, science city, akademgorodok, business incubator, innovation center, campus

пы создания и функционирования детских технопарков «Кванториум» (утв. Минобрнауки РФ в 2017 г.), Постановление Правительства «О промышленных технопарках и управляющих компаниях промышленных технопарков» (2019 г.), Приказ Минпромторга «Об утверждении Перечня требований к объектам технологической инфраструктуры промышленных технопарков» (2020 г.), Национальный стандарт ГОСТ Р 56425–2021 «Технопарки. Требования» [1].

В современных научно-исследовательских работах технопарк рассматривается в аспекте эволюционного функционально-структурного формирования [2, 3], самостоятельности структуры [4], наличия материальной базы [4], этажности [5] и иных аспектах [6–9], влияющих на его объемно-планировочную организацию.

Представляется важным проанализировать, обобщить и систематизировать данные по

объектам отечественной практики архитектурной организации технопарков, а также выявить их архитектурные особенности.

Для выявления особенностей практического опыта организации технопарков в России было проведено обследование 110 функционирующих зданий и комплексов технопарков, расположенных на территории 36 регионов, 8 федеральных округов. Географическое расположение обследованных объектов приведено на рис. 1. Обследование проводилось по письменным источникам, в том числе исчерпывающие данные по указанным функционирующим объектам получены из издания Бизнес-навигатор «Технопарки Рос-

сии-2023», подготовленного авторским коллективом Ассоциации кластеров, технопарков и ОЭЗ России при поддержке Минпромторга России и Минэкономразвития России [10].

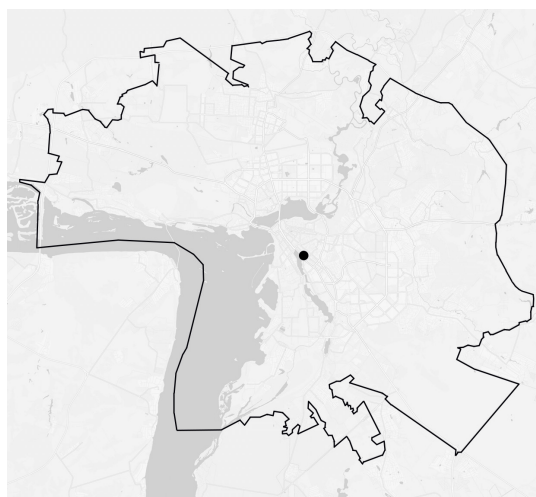
По результатам указанного обследования технопарков в данной работе были выявлены их характерные архитектурные особенности. Все 110 технопарков в России классифицированы по типу градостроительного размещения, объемно-пространственного решения и по типу базовой структуры. Выполнен ниже-следующий анализ сводных данных, сделаны заключения и построены иллюстрирующие их наглядные схемы и диаграммы.



Рис. 1. Географическое распределение 110 обследованных объектов на территории России
Fig. 1. Geographical distribution of 110 surveyed objects in Russia

Классификация технопарков и особенности архитектурной организации (рис. 2–4)

1. Технопарк в структуре поселения – тип технопарка, размещенный в регионе (ядре), обладающий признаками социальной среды и в зависимости от единицы расселения людей соответствующей инфраструктурой. Самой распространённой единицей для размещения технопарка в структуре поселения является город. Такая особенность сформировалась из-за существующей в городах фундаментальной образовательной среды и соответствующих возможностей для подготовки квалифицированных специалистов различных сфер профессиональной деятельности. В качестве примера можно привести Технопарк в сфере высоких технологий «ИТпарк», расположенный в городе Казани (см. рис. 2).



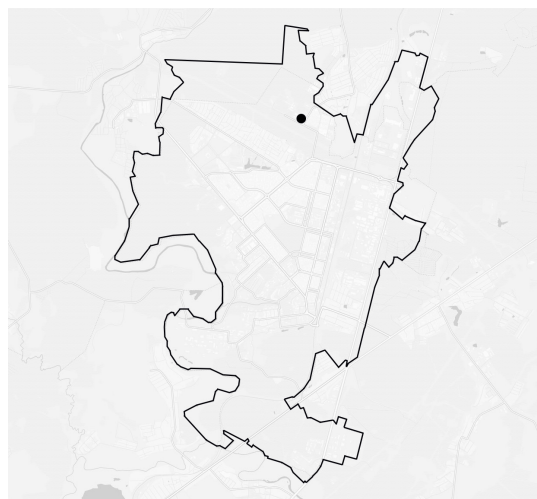
Тип 1. Технопарк в структуре поселения (пример: Технопарк в сфере высоких технологий «ИТпарк», г. Казань, Республика Татарстан)

Рис. 2. Типы градостроительного размещения технопарков
Fig. 2. Types of urban development of technoparks

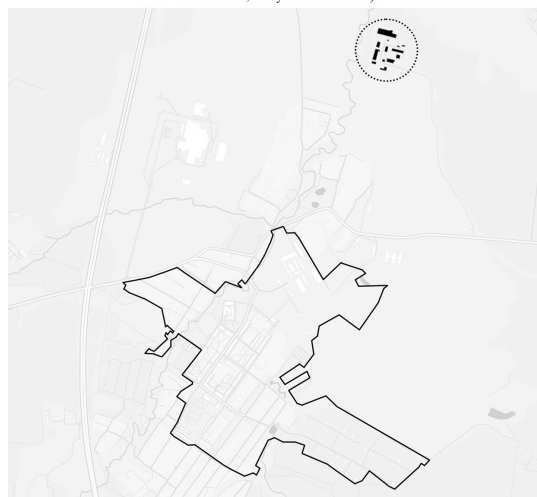
2. Технопарк на границе поселения – тип технопарка, размещенный на окраине региона (периферии), обладающий вышеперечисленными признаками. Особенностью данного типа технопарка является размещение в промышленных или спальных районах города и в зависимости от масштаба города относительная удаленность. В качестве примера технопарка на границе поселения приведен Технопарк «Обнинск», расположенный в городе Обнинске (см. рис. 2).

3. Технопарк за пределами поселения – тип технопарка, размещенный в регионе и не обладающий признаками социальной среды и всей необходимой для профессиональной самореализации человека инфраструктурой. Данный тип градостроительного размещения имеет значительный потенциал для расширения комплекса зданий и инфраструктуры технопарка, а также представляется удачным с точки зрения экологических параметров среды [11–13]. Характерный пример технопарка за пределами поселения приведен на рис. 2.

1. Здание – простейшая технопарковая единица, организованная под функции инновационных центров или бизнес-инкубаторов. Возможность размещения производственных мощностей не предусматривается. В качестве примера можно привести Технопарк «Анкудиновка», расположенный в Нижнем Новгороде (см. рис. 3).

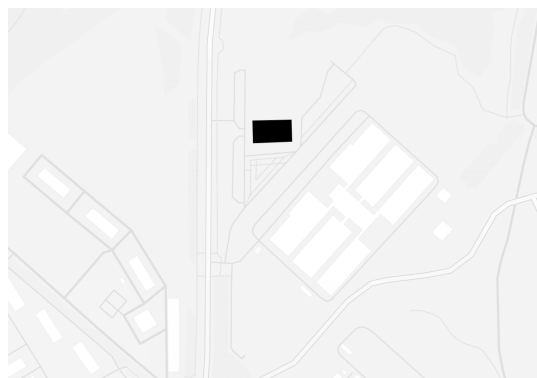


Тип 2. Технопарк на границе поселения (пример: Технопарк «Обнинск», г. Обнинск, Калужская область)



Тип 3. Технопарк за пределами поселения (пример: Технопарк «Био-Чехов», пос. Любучаны, Московская область)

Рис. 2. Типы градостроительного размещения технопарков (Окончание)
Fig. 2. Types of urban development of technoparks



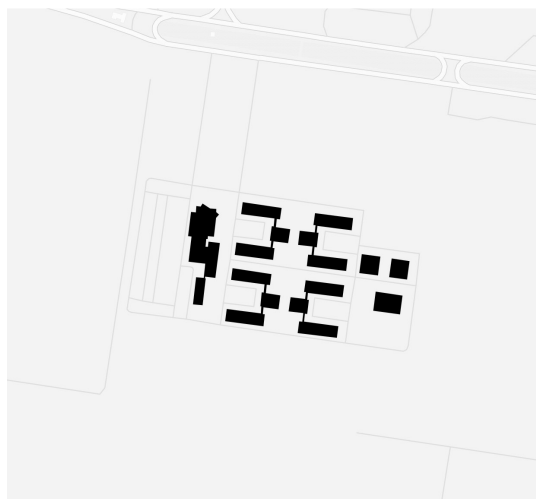
Тип 1. Здание (пример: Технопарк «Анкудиновка», г. Нижний Новгород, Нижегородская область)

Рис. 3. Типы объемно-пространственных решений технопарков
Fig. 3. Types of spatial solutions of technoparks

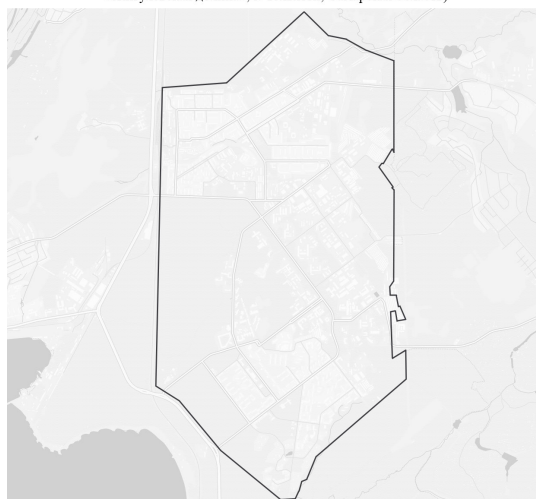
2. Комплекс зданий – технопарковая единица, состоящая из определенного количества зданий и объектов инфраструктуры, предназначенных для размещения научно-производственных организаций. Количество зданий и объектов комплекса определяется функцией технопарка и соответствующими требованиями. В качестве примера комплекса зданий технопарка приведен Технопарк в сфере высоких технологий «Жигулевская долина» в городе Тольятти (см. рис. 3).

3. Наукоград – крупнейшая технопарковая единица, сомасштабная поселению, инфраструктура которого является неотъемлемой частью научно-производственного комплекса и создает особую инновационную среду. Масштаб структуры наукограда определяется от объединения некоторого количества университетов, промышленных предприятий, НИИ и до слияния нескольких комплексов технопарков (см. рис. 3).

1. Университетский – тип технопарка, организованный на базе структуры университета. Может иметь общие с университетом объекты инфраструктуры (лаборатории), учреждения сервиса и ряд других пространств, связанных совместной деятельностью. Так, например, Промышленный технопарк «Бреслер» был основан на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры Чувашского государственного университета в городе Чебоксары (см. рис. 4).



Тип 2. Комплекс зданий (пример: Технопарк в сфере высоких технологий «Жигулевская долина», г. Тольятти, Самарская область)



Тип 3. Комплекс зданий (пример: Научно-технологический парк Новосибирского Академгородка «Академпарк», г. Новосибирск, Новосибирская область)

Рис. 3. Типы объемно-пространственных решений технопарков (Окончание)
Fig. 3. Types of spatial solutions of technoparks



Тип 1. Университетский (пример: Промышленный технопарк «Бреслер», г. Чебоксары, Чувашская Республика (на базе ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»))

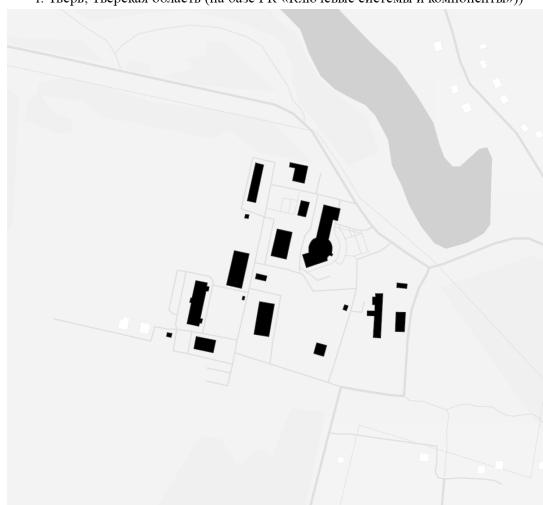
Рис. 4. Типы технопарков в зависимости от базовой структуры
Fig. 4. Types of technology parks depending on the basic structure

2. Промышленный – тип технопарка, организованный на базе структуры промышленного предприятия. Основными решениями являются комплексы зданий, расположенные в структуре или на границе поселения. Учитывая специфику производственных процессов, для данного типа технопарка характерна большая площадь помещений и низкая этажность. Например, Промышленный технопарк «КСК», расположенный в городе Твери (см. рис. 4).



Тип 2. Промышленный (пример: Промышленный технопарк «КСК», г. Тверь, Тверская область (на базе ГК «Ключевые системы и компоненты»))

3. Научный – тип технопарка, организованный на базе структуры НИИ или наукограда. Основными решениями являются комплексы зданий в структуре поселения и реже на границе или за пределами поселения. Для данного типа технопарка характерна высокая этажность, так как специфика научно-производственных процессов не подразумевает высоких нагрузок на несущие конструкции. Например, Технопарк «Саров», созданный на базе Российского федерального ядерного центра Всероссийского НИИ экспериментальной физики (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ») и Госкорпорации «Росатом» вблизи закрытого города Саров Нижегородской области (см. рис. 4).



Тип 3. Научный (пример: Технопарк «Саров», г. Саров, Нижегородская область (на базе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»))

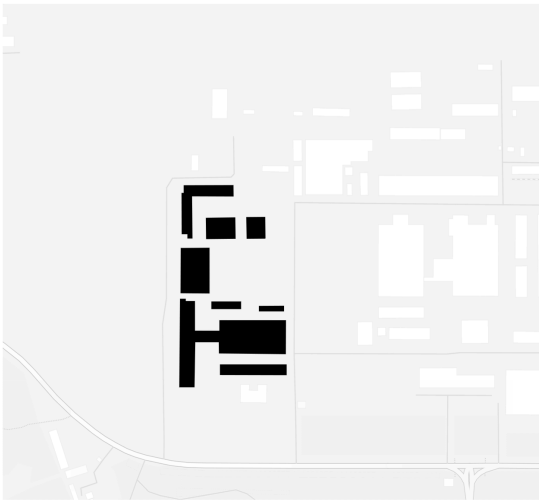
4. Бизнес – тип технопарка, организованный на базе бизнес-центра или бизнес-инкубатора. Основным решением является здание или комплексы зданий, расположенные преимущественно в структуре и реже на границе поселения. Для данного типа технопарка характерна упорядоченная объемно-планировочная организация и высокая этажность. В качестве примера можно привести Технопарк «Водный стадион» в Москве (см. рис. 4).



Тип 4. Бизнес (пример: Технопарк «Водный стадион», г. Москва, Московская область (на базе АО «Лаборатория Касперского»))

Рис. 4. Типы технопарков в зависимости от базовой структуры (Продолжение)
Fig. 4. Types of technology parks depending on the basic structure

5. **Комбинированный** – тип технопарка, организованный на базе нескольких структур (на базе структуры НИИ и промышленного предприятия или на базе промышленного предприятия и подразделения вуза и др.) [13]. Особенностью данного типа технопарка является многофункциональность, так как комплекс зданий состоит из различных по объемно-планировочному решению типов зданий, например из низкоэтажных производственных зданий, научно-образовательных зданий высокой этажности и других типологических групп. Характерный пример – Технопарк в сфере высоких технологий «Технопарк-Мордовия» в г. Саранске, функционирующий на базе промышленных предприятий (ООО «Регион-13 РУС») и научно-образовательного учреждения (ФГБОУ ВО «НИ МГУ им Н.П. Огарёва») (см. рис. 4).



Тип 5. Комбинированный (пример: Технопарк в сфере высоких технологий «Технопарк-Мордовия», г. Саранск, Республика Мордовия (на промышленной и научной базе))

Рис. 4. Типы технопарков в зависимости от базовой структуры (Окончание)

Fig. 4. Types of technology parks depending on the basic structure

Результаты архитектурного обследования 110 объектов в России (рис. 5–7)

Распределение обследованных зданий и комплексов технопарков по типу градостроительного размещения показало преобладание технопарков в структуре и на границе поселения (см. рис. 5).

По типу объемно-пространственного решения: 6 объектов представляют собой здание, 101 комплекс зданий и 3 наукограда (см. рис. 6).

По типу базовой структуры преобладают технопарки промышленного и научного типа (см. рис. 7).



Рис. 5. Диаграмма распределения обследованных технопарков по типу градостроительного размещения
Fig. 5. Diagram of the distribution of surveyed technoparks by type of urban development

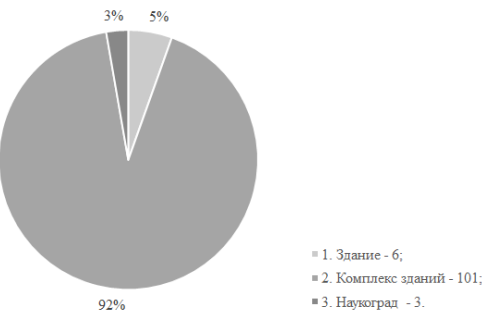


Рис. 6. Диаграмма распределения обследованных технопарков по типу объемно-пространственного решения

Fig. 6. Diagram of Distribution of Surveyed Technoparks by Volume and Space Solution

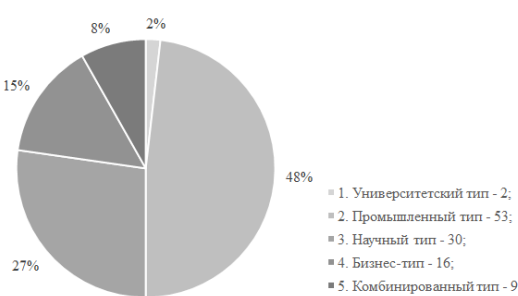


Рис. 7. Диаграмма распределения обследованных технопарков по типу базовой структуры
Fig. 7. Diagram of distribution of surveyed technoparks by type of basic structure

Вывод. Обобщая результаты рассмотрения отечественной практики проектирования зданий и комплексов технопарков, выявлено, что по типу градостроительного размещения преобладает тип технопарка в структуре поселения, по типу объемно-пространственного решения – комплексы зданий, по типу базовой структуры – промышленный и научный тип.

Архитектурными особенностями технопарков в России является их организация преимущественно на базе промышленных и научных структур. Такие комплексы состоят из определённого количества зданий и объектов инфраструктуры, размещённых в поселении с фундаментальной образовательной средой и соответствующими возможностями для подготовки квалифицированных специалистов различных сфер профессиональной деятельности. Для промышленного типа технопарка характерна большая площадь помещений и низкая этажность, а для научного типа характерна высокая этажность, так как специфика научно-производственных процессов не подразумевает высоких нагрузок на несущие конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шукшунув В.Е. О некоторых достижениях и многих проблемах действующих вузовских технопарков России на сегодняшний день: доклад на общем собрании Ассоциации «Технопарк» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.innovbusiness.ru> (дата обращения: 15.09.2024).
2. Авдулов А.Н., Кулькин А.М. Научные и технологические парки, технополисы и регионы науки. М., 1992. 166 с.
3. Пащенко А.Ф. Технопарковые структуры и свободные экономические зоны – центры регионального развития. М., 2006. 147 с.
4. Агистова О.В. Основы построения бизнес-инкубаторов. М., 1999. 122 с.
5. Вершинин В.И. Эволюция промышленной архитектуры. М.: Архитектура-С, 2007. 176 с.
6. Минат В.Н. Технополисы и технопарки США и их роль в региональном развитии: дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.02. Воронеж, 1999. 207 с.
7. Агирречу А.А. Историко-географические особенности формирования наукоградов России: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24. М., 2006. 172 с.
8. Суховой А.Ф. Развитие форм интеграции науки и производства в России и за рубежом. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2000. 52 с.
9. Лянгузова Ю.Н. Опыт создания технополисов и предприятий венчурного бизнеса в Японии с учетом возможностей его применения в России // Технопарк как модель интеграции технологии, науки и образования: материалы Летней философской школы «Голубое озеро – 2006». Новосибирск, 2006. С. 38–47.

10. Технопарки России – 2023: ежегодный бизнес-навигатор/ А.А. Ахматов, В.П. Жеребцов, Е.И. Кравченко, М.С. Серёгин, А.Ц. Чумашкаев, И.А. Шпиленко; Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России: АКИТ РФ. 2023. 96 с.

11. Попов А.В. Концепция архитектурного формирования кампусов вузов в России: дис. ... д-ра архитектуры. Нижний Новгород, 2022. 321 с.

12. Попов А.В., Тутышкин Е.Ю. Вопросы архитектурно-градостроительной организации кампусов вузов Уральского федерального округа // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 145–150. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.18.

13. Вавилова Т.Я., Каясова Д.С. Анализ тенденций совершенствования архитектурной среды университетов в контексте устойчивого развития // Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 79–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.15.

14. Попов А.В. Архитектура вузов (история, современное состояние, особенности проектирования): монография. М.: ИНФРА-М, 2024. 492 с.

15. Лилуева О.В. Архитектурное формообразование технопарков на базе наукоградов: дис. ... канд. архитектуры. Нижний Новгород, 2011. 332 с.

REFERENCES

1. Shukshunov V.E. On some achievements and many problems of existing university technoparks in Russia today: a report at the general meeting of the Technopark Association. Available at: <http://www.innovbusiness.ru> (accessed 15 September 2024)
2. Avdulov A.N., Kulkin A.M. *Nauchnye i tekhnologicheskie parki, tehnopolisy i regiony nauki* [Scientific and technological parks, technopolises and regions of science]. Moscow, 1992. 166 p.
3. Pashchenko A.F. *Tehnoparkovye struktury i slobodnye jekonomicheskie zony – centry regional'nogo razvitiya* [Technopark structures and free economic zones - centers of regional development]. Moscow, 2006. 147 p.
4. Aigistova O.V. *Osnovy postroeniya biznes-inkubatorov* [Fundamentals of building business incubators]. Moscow, 1999. 122 p.
5. Vershinin V.I. *Jevoljucija promyshlennoj arhitektury* [Evolution of industrial architecture]. Moscow, Architecture-C, 2007. 176 p.
6. Minat V.N. *Tehnopolisy i tehnoparki SShA i ih rol' v regional'nom razvitii*. Cand. Diss. [US Technopolis and Technology Parks and their Role in Regional Development. Cand. Diss.]. Voronez, 1999. 207 p.
7. Agirrechu A.A. *Istoriko-geograficheskie osobennosti formirovaniya naukogradov Rossii*. Cand. Diss. [Historical and geographical features of the formation of science cities of Russia. Cand. Diss.]. Moscow, 2006. 172 p.
8. Suhovej A.F. *Razvitie form integracii nauki i proizvodstva v Rossii i za rubezhom* [Development of forms of integration of science and production in Russia and abroad]. Yekaterinburg, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 52 p.

9. Lyanguzova Y. Experience in creating technopolis and venture capital enterprises in Japan, taking into account the possibilities of its application in Russia. *Tehnopark kak model' integracii tehnologii, nauki i obrazovaniya: materialy Letnej filosofskoj shkoly «Goluboe ozero – 2006»* [Technopark as a model of integration of technology, science and education: materials of the Summer Philosophical School "Blue Lake - 2006"]. Novosibirsk, 2006, pp. 38–47. (In Russian).
10. Akhmatov A.A., Zharebtsov V.P., Kravchenko E.I., Seregin M.S., Chumashkaev A.TS., Shpilenko I.A. *Tehnoparki Rossii – 2023: ezhegodnyj biznes-navigator* [Technoparks of Russia - 2023: annual business navigator]. Association of Clusters, Technoparks and SEZs of Russia, AKIT RF, 2023. 96 p.
11. Popov A.V. *Koncepcija arhitekturnogo formirovaniya kampusov vuzov v Rossii*. Doct. Diss. [The concept of architectural formation of university campuses in Russia. Doct. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2022. 321 p.
12. Popov A.V., Tutyshkin E.Yu. Issues of architectural and urban planning organization of university campuses of the Ural Federal District. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 145–150. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.18
13. Vavilova T.Ya., Kayasova D.S. Analysis of trends in improving the architectural environment of universities in the context of sustainable development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2016, no. 2(23), pp. 79–84. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.15
14. Popov A.V. *Arhitektura vuzov (istoriya, sovremennoe sostojanie, osobennosti proektirovaniya): monografiya* [Architecture of universities (history, current state, design features): monograph]. Moscow, Infra-M, 2024. 492 p.
15. Lilueva O.V. *Arhitekturnoe formoobrazovanie tehnoparkov na baze naukogradov*. Cand. Diss. [Architectural formation of technoparks on the basis of science cities. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2011. 332 p.

Об авторах:

ПОПОВ Алексей Владимирович

доктор архитектуры, доцент кафедры архитектуры
Московский государственный строительный
университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: da945@yandex.ru

ТУТЫШКИН Евгений Юрьевич

аспирант кафедры архитектуры
Московский государственный строительный
университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: evgeniy.tutyshkin@yandex.ru

POPOV Alexey V.

Doctor of Architecture, Associate Professor
of the Architecture Chair
Moscow State University of Civil Engineering
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26
Email: da945@yandex.ru

TUTYSHKIN Evgeniy Yu.

Post-graduate student of the Architecture Chair
Moscow State University of Civil Engineering
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26
E-mail: evgeniy.tutyshkin@yandex.ru

Для цитирования: Попов А.В., Тутышкин Е.Ю. Особенности архитектурной организации зданий и комплексов технопарков по результатам архитектурного обследования 110 объектов в России // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 158–165. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.22.

For citation: Popov A.V., Tutyshkin E.Yu. Features of the architectural organization of buildings and complexes of technoparks based on the results of an architectural survey of 110 objects in Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 158–165. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.22.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ



UDC 711.8

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.23

TRUNG HIEU LE
VAN TRONG LE

FEATURES OF PLANNING FOR THE DEVELOPMENT OF URBAN UNDERGROUND SPACE IN VIETNAM

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ С ЦЕЛЮ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО
ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ВО ВЬЕТНАМЕ

Developing countries such as Vietnam lead the way in terms of urban population growth. As you know, the territories of large cities are rapidly expanding, so city authorities are faced with the task of meeting the growing demand for infrastructure and public spaces. The relevance of the work is due to the fact that in the context of economic development, the local land fund is increasingly narrowing, with the trend of developing green, clean, beautiful and sustainable cities. In recent years in Vietnam more attention has been and is being paid to the advantage of urban underground space. This paper examined the legal, scientific and practical aspects of planning in Vietnam, including issues of underground construction and underground space planning. According to the development trend, construction, reconstruction and urban development activities in Vietnam should be closely related to the use of underground urban space. Effective use of underground space, saving land resources and proper organization of underground work contribute to the development of cities, improving the quality of people's life and economic growth.

Keywords: Urban population, urban territory, urban planning, underground space, construction, urban planning solutions

Развивающиеся страны, такие как Вьетнам, являются лидерами по темпам прироста городского населения. Как известно, территории больших городов интенсивно расширяются, поэтому перед городскими властями стоит задача обеспечить растущий спрос на инфраструктуру и общественные пространства. Актуальность работы обусловлена тем, что в условиях экономического развития земельный фонд на местах все больше сужается, с тенденцией развития зеленых, чистых, красивых и устойчивых городов. В последние годы во Вьетнаме уделяется большое внимание преимуществу городского подземного пространства. В данной работе рассмотрены правовые, научные и практические аспекты планирования во Вьетнаме, включая вопросы подземного строительства и планирования подземного пространства. Отмечено, что в соответствии с тенденцией развития деятельность по строительству, реконструкции и городскому развитию во Вьетнаме должна быть тесно связана с использованием подземного городского пространства. Эффективное использование подземного пространства, экономия земельных ресурсов и правильная организация подземных работ способствуют развитию городов, повышению качества жизни людей и экономическому росту.

Ключевые слова: городское население, городская территория, городское планирование, подземное пространство, строительство, градостроительные решения

Introduction

Developing countries, including Vietnam, are the places where most of the world's urban population growth occurs. Cities are expanding rapidly, so city authorities must meet the growing demand for infrastructure and public spaces [1,2].

Nowadays, the urbanization process in Vietnam is developing more and more, which leads to the formation of an increasing number of urban areas throughout the country. Knowing that the growing concentration of population in urban areas leads to overload of both urban infrastructure and public space, especially in two large urban areas, Hanoi (the capital, north) and Ho Chi Minh City (south). Thus, urban infrastructure such as housing, urban transport and urban public spaces are under great pressure [4]. Meanwhile, land reserves for development are increasingly depleted, and the number of green spaces is decreasing. Consequently, to meet these needs, urban areas must take advantage of both the height and depth of urban space [5].

In recent years, underground space planning has become relevant for large cities such as Hanoi and Ho Chi Minh City in the context of the need to deploy underground parking projects and metro development projects, as well as the need to renovate the central business district while preserving the unique landscape.

Based on the growing demand for underground construction, which is proportional to the increase in land use value and the lack of land areas for construction, in addition to public underground parking projects. All of them are being implemented slowly due to many legal procedures and lack of funding. This confirms that planning the construction of underground spaces in large cities is a very urgent need to guide construction investment and ensure long-term vision and efficient use of space in the future [8, 9, 11, 12].

In the context of active economic development, there is a tendency towards a reduction in urban land resources. In recent years, Vietnam has been increasingly focusing on the benefits of using underground space to create green, clean and sustainable cities. Therefore, the research topic should be recognized as relevant.

Materials and methods

The aim of this study is to synthesize aspects of the multi-purpose use of underground space within such disciplines as economics, sociology, politics, law and ideology of urban areas, including the adaptation of underground spaces for public use and improving Vietnam's economic value.

The research tasks that need to be solved to achieve the stated objective:

- Analyze the shallow and deep use of the city's underground space;

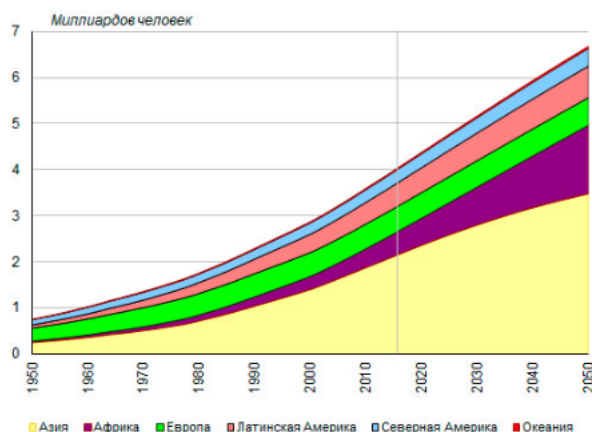


Fig. 1. Data on the urban population in the main geographical regions of the world for the period from 1950 to 2050 are presented in billions of people [3]

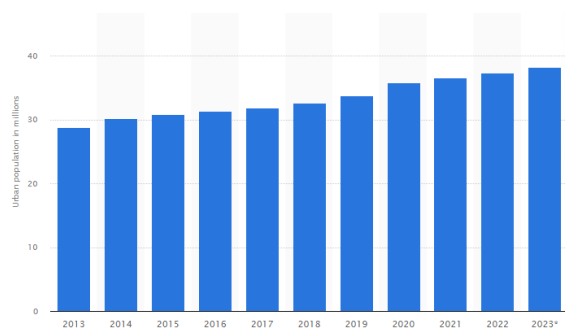


Fig. 2. Vietnam Urban Population 2013-2023 (in millions) [6]

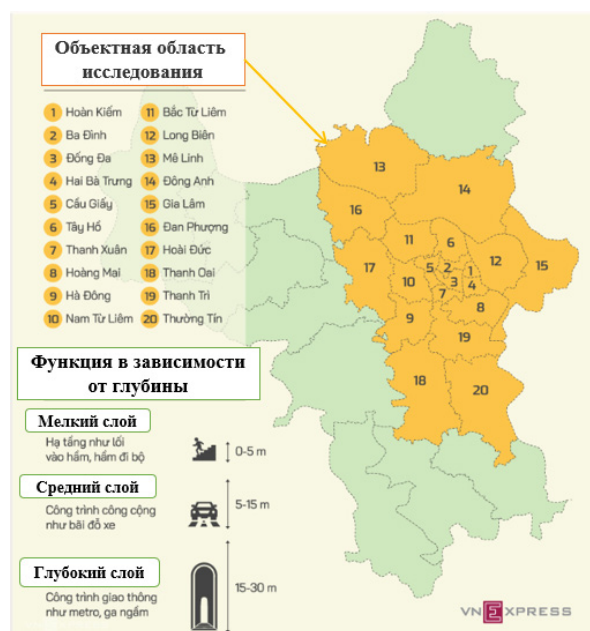


Fig. 3. Planning of underground urban development in the center of the capital city of Hanoi [7]

- Evaluate the planning of connecting the underground space with key road infrastructure and other construction facilities.
- Review the current trends of urban planning and underground space organization in Vietnamese cities that are given attention.
- Present some proposals for underground space management in the near future and draw conclusions.

This paper was conducted on the legal, scientific and practical aspects of planning in Vietnam, including underground construction and underground space planning. The study also includes an analysis and processing of survey data.

Results and discussion

One of the features of the urban microclimate is the emergence of a «heat island», or «urban heat island». In this «island», the share of technogenic heat can reach half the value of solar radiation (fig. 4). In order to create green spaces that will

contribute to the effective cooling of the urban environment, it is necessary to pay more attention to the spatial dimension of such areas for each specific area when planning them.

The main results of the research are presented as follows:

- Urban underground space is an important city system, considered an effective additional solution to solving urgent urban development problems (fig. 5). However, the use of urban underground space also has potential negative impacts (deformation, displacement, subsidence...) on urban development;
- It should be stated that underground space (or subsurface) is a geological area with diverse and complex geological characteristics, physical and chemical states. Depending on the level of development of each city, underground resource extraction activities could and will be carried out at different levels;
- Given the development trend, construction, reconstruction and urban development ac-

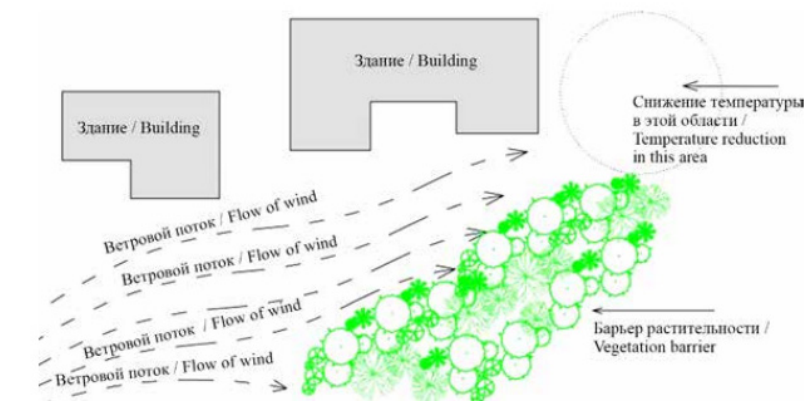


Fig. 4. Landscape and buildings act as a barrier to wind [10]

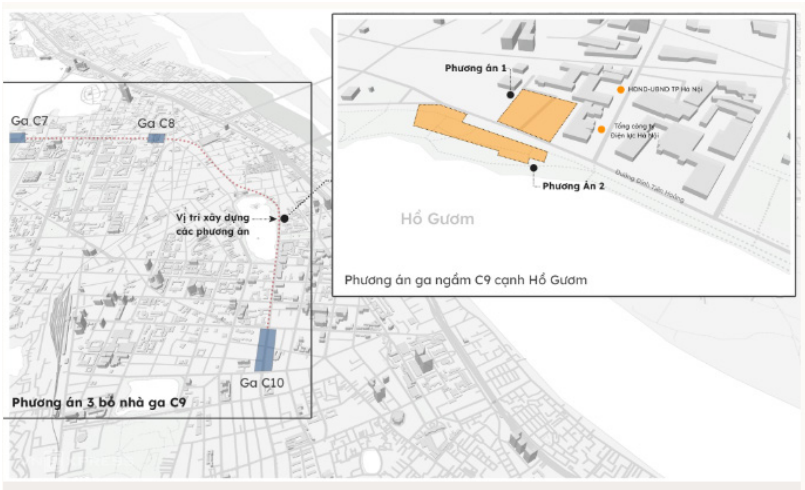


Fig. 5. Three options for metro station near Hoan Kiem Lake, Hanoi (Northern Vietnam)



Fig. 6. Three Underground Spaces in Ho Chi Minh City of the Future (South Vietnam)

tivities in Vietnam must always have a close combination between underground urban space and ground-level urban space. The effective use of underground space, land savings and proper organization of underground work contribute to urban development, improve people's quality of life and serve economic growth.

Conclusions

Based on the research conducted, the following conclusions can be drawn:

- The development of urban underground space is an inevitable necessity of the urbanization process. The development of underground areas is an important solution in the development and transformation of urban areas to meet future challenges;
- Using underground space to integrate services and transportation is a solution that meets the criteria for sustainable urban development: improving land use efficiency, significantly enhancing public service systems, combining territories helps reduce pressure on existing urban areas and improve the overall planning and architectural structure, while maintaining the form inherent in urban space;
- Effective use and integration of the urban underground space system is one of the solutions that can help improve the efficiency of the infrastructure system, especially transport infrastructure, save land and help to enhance the quality of life. The lives of city dwellers become safer and healthier, more convenient and comfortable;
- In short, using underground space should be considered an essential part of urban planning solutions. Underground space is a strategic part of modern urban structure and can provide the city with new creative and valuable spaces.

REFERENCES

1. Shilin A.A. *Osvoenie podzemnogo prostranstva (zazhdenie i razvitie)* [Development of underground space (origin and development)]. Moscow, Publishing House Mosk. state mining university, 2005. 303 p.
2. Gurbanov Y., Ashyrov A., Ashyrov E. Development of compact urban spaces with developed public infrastructure: an integrated approach. *Vestnik nauki* [Herald of Science], 2024, vol. 3, no. 6(75), pp. 1685–1688. (in Russian)
3. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Urbanization Prospects. 2014.
4. Smirnov O.O. Impact of high-rise development on the city and urban environment. *Zhishishnye strategii* [Housing strategies], 2019, vol. 6, no. 1, pp. 45–64. (in Russian) DOI: 10.18334/zhs.6.1.40471
5. Denisova Yu.V., Korenkova G.V. On the need to develop the underground space of cities. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov], 2016, vol. 1, no. 11, pp. 99–102. (in Russian)
6. Urban population of Vietnam from 2013 to 2023 (millions). Available at: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.9939e298-6673dd4a-a71bf91e-74722d776562/https/www.statista.com/statistics/603397/vietnam-urban-population/ (accessed 05 June 2024).
7. Nguyen Tien Chung. *Inzhenerno-geologicheskij monitoring podzemnogo prostranstva istoricheskogo centra Hanoja (Socialisticheskaja respublika V'etnam)*. Cand, Diss. [Geotechnical monitoring of the underground space of the historical center of Hanoi (Socialist Republic of Vietnam). Cand. Diss.]. St. Petersburg, CPSU, 2018. 154 p.
8. Korosteleva N.V., Ganiev E.R., Nasirov R.K. Urban planning prospects for the development of underground space. urbanized areas. *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], 2023, no. 3–4 (92), pp. 211–220. (in Russian)

9. SP 473.1325800.2019. Underground buildings, structures and complexes. Town planning rules. Moscow. Standartinform. 2020. 40 p.

10. Le M.T. The influence of the layout of the city on the emergence of heat islands in megacities with a tropical climate (Hanoi). *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2019, vol. 14, № 2, pp. 148–157. (in Russian)

11. Generalov V.P., Generalova E.M. High-rise residential buildings-complexes as an element of creating a highly comfortable living environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, vol. 3, no. 2, pp. 12–16. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.2

12. Veretennikov D.B. Technologies of Planning and Construction of High-Rise Complexes within the Concept of Development of «Vertical City». *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 163–171. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шилин А.А. Освоение подземного пространства (зарождение и развитие). М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2005. 303 с.

2. Гурбанов И., Ашыров А., Ашыров Е. Развитие компактных городских пространств с развитой общественной инфраструктурой: комплексный подход // *Вестник науки*. 2024. Т. 3, №6(75). С. 1685–1688.

3. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Urbanization Prospects. 2014.

4. Смирнов О.О. Влияние высотной застройки на город и городскую среду // *Жилищные стратегии*. 2019. Т. 6, №1. С. 45–64. DOI: 10.18334/zhs.6.1.40471.

5. Денисова Ю.В., Коренькова Г.В. К вопросу необходимости освоения подземного пространства городов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. Т. 1, №11. С. 99–102.

6. Urban population of Vietnam from 2013 to 2023 (millions) [Электронный ресурс]. URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.9939e298-6673dd4a-a71bf91e-74722d776562/https/www.statista.com/statistics/603397/vietnam-urban-population/ (дата обращения: 05.06.2024).

7. Нгуен Тьен Чунг. Инженерно-геологический мониторинг подземного пространства исторического центра Ханоя (Социалистическая республика Вьетнам): дис. ... канд. геолог.-мин. наук / СПГУ. Санкт-Петербург, 2018. 154 с.

8. Коростелева Н.В., Ганиев Э.Р., Насиров Р.К. Градостроительные перспективы освоения подземного пространства урбанизированных территорий // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2023. № 3–4 (92). С. 211–220.

9. СП 473.1325800.2019. Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования. М.: Стандартинформ, 2020. 40 с.

10. Ле М.Т. Влияние планировки города на возникновение островов тепла в мегаполисах с тропическим климатом (г. Ханой) // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14, № 2. С. 148–157.

11. Генералов В.П., Генералова Е.М. Высотные жилые дома-комплексы как элемент создания высоко комфортной жилой среды // *Градостроительство и архитектура*. 2013. Т. 3, №2. С. 12–16. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.2.

12. Веретеников 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.

About the authors:

LE TRUNG HIEU

Post-graduate student of the Automobile Roads, Airfields, Bases and Foundations
Russian University of Transport
127994, Russia, Moscow, Obraztsova st., 9
E-mail: letrunghieu531996@gmail.com

LE VAN TRONG

PhD in Engineering Sciences, Lecturer
of the Department of Civil Engineering
Vietnam, Da Nang, Hoa Quong Nam, Nui Thanh st., 566
E-mail: tronglv@dau.edu.vn

ЛЕ ЧУНГ ХИЕУ

аспирант кафедры автомобильных дорог,
аэродромов, оснований и фундаментов
Российский университет транспорта
127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9
E-mail: letrunghieu531996@gmail.com

ЛЕ ВАН ЧОНГ

кандидат технических наук, преподаватель
кафедры строительного факультета
Архитектурный университет Дананга
Вьетнам, г. Дананг, Хоа Куонг Нам, ул. Нуи Тхань, 566
E-mail: tronglv@dau.edu.vn

For citation: Le Trung Hieu, Le Van Trong. Features of planning for the development of urban underground space in Vietnam. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 166–170. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.23.

Для цитирования: Ле Чунг Хиеу, Ле Ван Чонг. Особенности планирования с целью развития городского подземного пространства во Вьетнаме // *Градостроительство и архитектура*. 2024. Т. 14, № 4. С. 166–170. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.23.

M. M. KASHIRIPOOR

FOURTH WAVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE: FROM IDEA TO REALIZATION (PART 3: SAMPLE APPLICATIONS OF THE FOURTH WAVE TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE)

ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ВОЛНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ИДЕИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ (ЧАСТЬ 3: ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЧЕТВЕРТОЙ ВОЛНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ)

*The Industrial Revolution is the restructuring of society under the influence of innovations in technology and technique, which is accompanied by a jump in productivity. Today, the 4th revolution is taking place, which is rapidly changing the landscape of various areas of life, including architecture and the construction industry. The Industry 4.0 revolution connects technologies used in organizations and people's daily lives. It combines physical and digital technologies. But it doesn't develop as a daily simple life in architecture and construction industry like many other industries like as automotive, aircraft, electronic etc. **The relevance of the study** is to study and analyze the stage of the historical event on the industrial revolutions (specially fourth industrial revolution) and his realization in today's construction and architecture industry. **Purpose of study:** a comprehensive review of contemporary and historical literature related to fourth industrial revolution, and his realization level in the industry with specific focus on construction and architecture industry. Thus, **the main tasks of the study** can be distinguished as follows: review of historical literature and basic understanding of the industrial revolutions; understanding of Industry 4.0 and its principles and benefits; reveal and introduce Industry 4.0 in construction and architecture industry; some samples about using Industry 4.0 in construction and architecture industry. The third-part of research is devoted to the implementation of the fourth wave technology idea in construction and architecture. The research used the **method of analysis** of scientific and historical literature and documents related to the Industrial Revolution (specially fourth industrial revolution) and his achievement in the construction and architecture industry to achieve and formulate conclusions. **The conclusion of study** is about today's stage of realization of fourth industrial revolution in the construction and architecture industry and his point of view to next industrial revolution which start from 2017. The author believes that the development of the construction and architecture industry now and in the future depends on the attention and use of new industries and professionals in this industry*

*Промышленная революция – это перестройка общества под влиянием инноваций в технологиях и технике, которая сопровождается скачком производительности труда. Сегодня происходит четвертая строительная революция, которая стремительно меняет картину различных сфер жизни, в том числе архитектуры и строительной отрасли. Революция «Индустрия 4.0» объединяет технологии, используемые в организациях и в повседневной жизни людей. Она сочетает в себе физические и цифровые технологии. Но в архитектуре и строительстве она не развивается так, как во многих других отраслях. **Актуальность исследования** заключается в изучении и анализе этапа исторического события, связанного с промышленными революциями (в частности, четвертой промышленной революцией), и его реализации в современной строительной-архитектурной отрасли. **Цель исследования** – это всесторонний обзор современной и исторической литературы, связанной с четвертой промышленной революцией и уровнем ее реализации в отрасли, с особым акцентом на строительстве и архитектуре. Таким образом, основными **задачами исследования** можно назвать следующие: обзор исторической литературы и базовое понимание промышленных революций; понимание Индустрии 4.0, ее принципов и преимуществ; выявление и внедрение Индустрии 4.0 в сферу строительства и архитектуры; примеры использования Индустрии 4.0 в строительной и архитектурной отраслях. Третья часть исследования посвящена реализации идей технологии четвертой волны в строительстве и архитектуре. В **исследовании использован метод анализа** научно-исторической литературы и документов, связанных с промышленной революцией (особенно четвертой промышленной революцией), и ее успехи в строительной и архитектурной отраслях для достижения и формулировки выводов. **Вывод исследования** заключается в сегодняшнем этапе*

specially IT specialists and technology. **The scientific novelty of the study** is to study, analysis, identify main factors of Industry 4.0, and collection of some samples of realization of this technology (fourth wave technologies) in construction and architecture industry.

Keywords: construction, fourth wave technology, 4IR, Industry 4.0, construction robot, artificial intelligence, augmented reality (AR), virtual reality (VR), extended reality (XR)

Introduction

The relevance of the study. The Industrial Revolution is the process of transition from an agrarian economy characterized by manual labor and handicraft production to an industrial society dominated by machine production. The history of human activity related to the invention, design and manufacture of technical products and devices. It is a story of evolution from the handicraft production of single objects to the assembly industrial production of series products [1, 2]. The development of mankind is inextricably linked with the progress of science and technology, which is confirmed by several industrial revolutions. Construction and architecture which appeared in ancient times and as an industry that creates complex technical devices, such as buildings and structures – is also evolving in this direction and went through several stages of evolution.

There are many reasons why construction has not yet evolved into precision housing. Many of these reasons lie in the realm of finance and marketing rather than engineering and technology. Where modern products of the automotive, aircraft, electronic and other industries of mechanical engineering have been phenomenal in reducing product costs through mass production and in increasing sales through clever marketing and distribution, the construction industry has choked. In light of the development of the concept of “Industry 4.0”, the term “Construction 4.0” appeared but this term didn’t develop in real life of humans like another industries!

Thus, the *research objectives* are as follows:

- basic understanding of the industrial revolutions (see part 1);
- review and analysis of literature about the industrial revolutions specially about Industry 4.0; its principles; main challenges and benefits (see part 1);

реализации четвертой промышленной революции в строительной и архитектурной отраслях и ее точки зрения на следующую промышленную революцию, которая началась с 2017 года. Автор считает, что развитие отраслей строительство и архитектура сейчас и в будущем зависит от внимания и использования новых отраслей и профессионалов в этой сфере, особенно IT-специалистов и технологий. Научная новизна исследования заключается в изучении, анализе, выявлении основных факторов Индустрии 4.0 и подборке образцов реализации этой технологии (технологии четвертой волны) в строительстве и архитектуре.

Ключевые слова: строительство, технология четвертой волны, 4ИР, индустрии 4.0, строительный робот, искусственный интеллект, дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), расширенная реальность (XR)

- reveal and introduce Industry 4.0 in construction and architecture industry (see part 2);
- search and find some samples about using Industry 4.0 in construction and architecture industry.

Research methodology would be used literature review, pattern recognition, identification and conceptualization method for contribute the results of study. For this occasion, main stages and methodology of this research are like as follows:

Literature review and analysis method: latest scientific literature, interdisciplinary text and documents with a suitable thematic analysis related to industrial revolutions, Industry 4.0, construction and architecture;

Pattern recognition is the ability to see patterns in seemingly random information. The goal is to note the main patterns and concepts in the results of the first step. The second step looks for similarities or patterns in the sample and codes the results by concept;

Identification method: to recognize specific, problems and characteristic of Industry 4.0 and its relation to modern construction and architecture (results of part one and two);

Conceptualization method: in order to find a suitable theoretical connection between the identified concept and its relation to Industry 4.0, urban development, modern construction and architecture.

Main part

The Industrial Revolution is a period of global changes related to industrial production processes, machines and technologies that took place in Europe in the 18th and 19th centuries. This historical period led to tremendous economic, social and technological progress and was one of the most significant in world history. The technological changes that were

taking place at that time gave impetus to innovation not only in industry, but also in many other areas of life. The process of industrialization began with the transformation of agriculture, the mining industry and the textile industry, which improved the lives of millions of people. One of the main industries which effected by industrial revolutions are architecture and construction industry.

Thus, the purpose of this article is to study the history and causes of the industrial revolution, as well as its consequences and effect on the latest industrial technology (4th industrial technology) in construction and architecture. We will review the key facts and events associated with this area, as well as discuss all the changes that it made to the development of mankind especially associated with architecture and construction industry.

Sample application of the fourth wave technology in construction

Building “Mini Sky City” – Changsha, China Chinese builders once again surprise the world with their record speed in the construction of high-rise buildings. They recently completed the construction of a 57-story skyscraper called Mini Sky City, which was completed in the shortest possible time – in just 19 days (fig. 1).

The Mini Sky City skyscraper was built by Broad Sustainable Building Corporation, known for its use of prefabricated house technologies in construction. The secret of this company lies in the maximum possible preparation of all structural elements of buildings at individual factory sites, as well as a perfect and error-free logistics process. The main structures, as well as part of the exterior and interior decoration of this 57-story skyscraper, took only nineteen days. After the final commissioning, Mini Sky City will house 800 residential apartments, as well as office space for 4,000 people. The building will be operated by Broad Sustainable Building itself and will be one of its headquarters. The Mini Sky City skyscraper will differ from other skyscrapers in the city of Changsha by the active use of “green” technologies, including triple air purification both inside the building and outside.

3D printing in construction

In 2017, the Irkutsk company Apis Cor for the first time in Russia printed a house on a 3D printer. The building, with an area of only 38 m², was printed at the factory. In 2019, the same company built a two-story building in Dubai using 3D printing [3, 4]. This time the printer was already working on the construction site, and its creators proudly declared that the device does not need rails, since it can be installed on an uneven surface. With this project, Russian builders got

into the Guinness Records Book. A house in Dubai has become the first building in the world to be 3D printed on site. Printing took 500 hours (fig. 2).

Another 3D printer project in 2021: the first residential building in Germany to be completely printed on a construction printer [3, 5]. It is believed that 3D printing is mainly for load-bearing structures, but here the printer also made a fireplace, a staircase and a bathtub. The whole house took 13.5 hours. The house is located in the German city of Beckum, its area is 160 m², the contractors were Peri 3d Construction and Heidelberg Cement Group (fig. 3).

Internet of Things (IoT) and Smart Sensors

In the summer of 2021, the Russian company Sitronics introduced the Sitronics Smart Watch, which is designed specifically for construction teams. Among other things, the watch measures the pulse and body temperature and, in the event of critical deviations, transmits an alarm. The foreman can assign tasks to the brigadier through the web interface, and he can send back the status of completion. The foreman and brigadier can see in real time where the workers are.

In 2020, the Canadian company AOMS Technologies developed sensors and software that allow real-time monitoring of the state of concrete: its humidity and temperature in different areas [6, 7]. The information collected from the sensors is processed by a program that builds a curve of curing and evaluates the maturity of the structure. All information is transmitted in real time via Wi-Fi (fig. 4).

Robots and drones in construction

In the village of Danube and the city of Fokino in the Primorsky Territory, drones were used to inspect heating networks. Drones are also used for photogrammetry – creating maps and plans with automatic calculation of volumes and sizes of objects: for this system AutoDesk ReCAP, Pix2Dmapper, Datagram and other software are used.

The Axora Digital Solutions Marketplace in 2021 explored the adoption of innovations in the industry: according to the survey, 73 % of respondents believe that remote control technologies have already become indispensable in metallurgy and mining. Under these technologies, remote operations centers are being created, which are designed to improve production safety and show the social responsibility of companies [8, 9, 10].

Australian robot mason Hadrian X. lays up to 1000 bricks per hour. In December 2021, a robot built 16 townhouses in the village of Villages in Western Australia for local construction company Inspired Homes (fig. 5).



Fig. 1. The Mini Sky City skyscraper, China



Fig. 2. The two-story building using 3D printing, Dubai



Fig. 3. The residential building construction with 3D printer, Germany

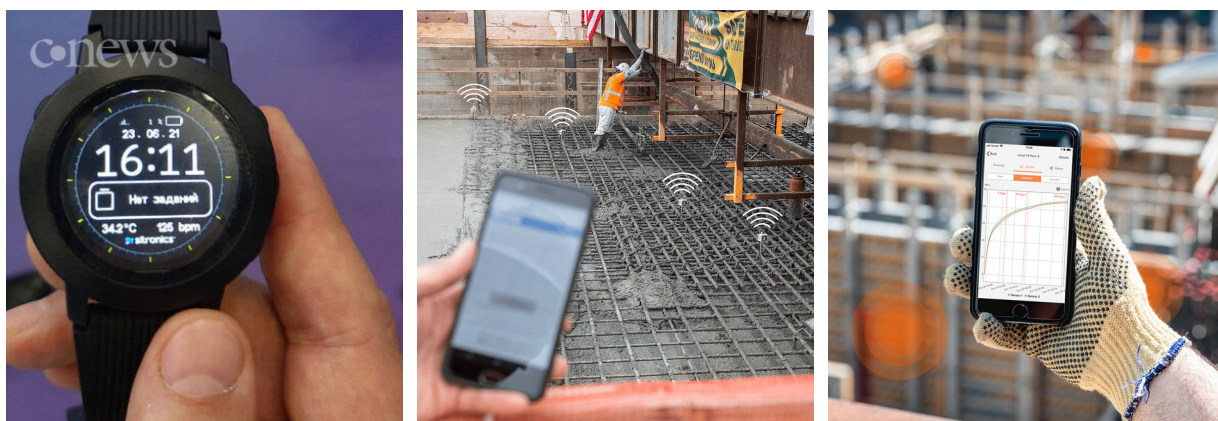


Fig. 4. Smart Sensors and gadget in construction



Fig. 5. Hadrian X. construction robot

Artificial intelligence (AI)

U.S. modular steel construction company ConX-tech and Autodesk Research said in 2021 that they had jointly developed an AI module for bidding analysis. It analyzes steel structure price data, finds profitable options, and even suggests the most economical building configuration for the developer.

Company's ConXtech module with AI allows at the initial stage to estimate the cost of materials and the entire building without the involvement of professional estimators.

In May 2020, during the lockdown, Severstal's Cherepovets site launched a machine vision algorithm that calculates the distance between workers on a rest. More recently, the use of AI has become the norm for factories to control the wearing of respirators and other personal protective equipment (fig. 6).

Virtual and augmented reality

The construction industry uses VR/AR to train operators of complex mechanisms like as cranes, demolition machines, hydraulic lifts and excavators.

Crane Planner software from Liebherr, which is based on virtual reality technologies. The program allows you to reproduce the process of lifting the load. The algorithm contains the parameters of all Liebherr cranes: the program automatically cal-

culates the ground pressure and the position of the center of gravity.

The planitec AR app from Paschal allows you to recreate the formwork project in the real environment and original size directly from your smartphone or tablet. The English app is available for free on the App Store (fig. 7).

Blockchain

A consortium on blockchain in construction has been created in the world. The consortium members managed to integrate the Autodesk Forge platform and the Ethereum blockchain: the actions that the engineers performed in the Autodesk cloud were successfully recorded as transactions on the blockchain. Thus, the blockchain can become a reliable and the only reliable source about all the changes in the construction project that are made by different people and different programs, the researchers conclude, adding that the same integration can be done for AutoCAD and Revit. The general scheme of the blockchain operation: the actions of different teams that can work with different applications are recorded in a smart contract. Integration of the 3D model and the blockchain: the engineer writes a "check depth" comment for the pile, a window opens on the right, where the comment is recorded as a transaction in the blockchain: it is assigned a time and an identifier (fig. 8).

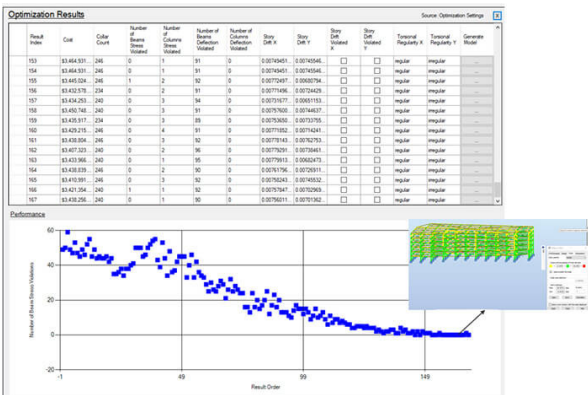


Fig. 6. Artificial intelligence implication in construction

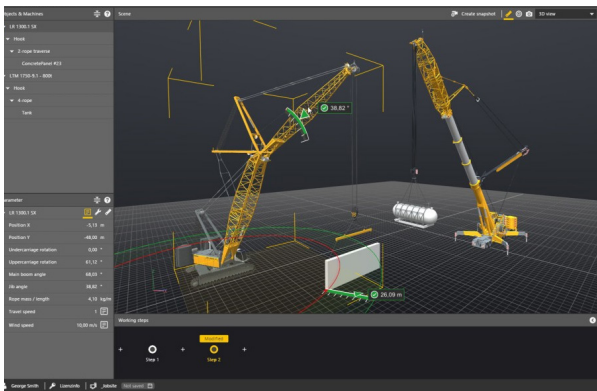


Fig. 7. Crane Planner software and the planitric AR app

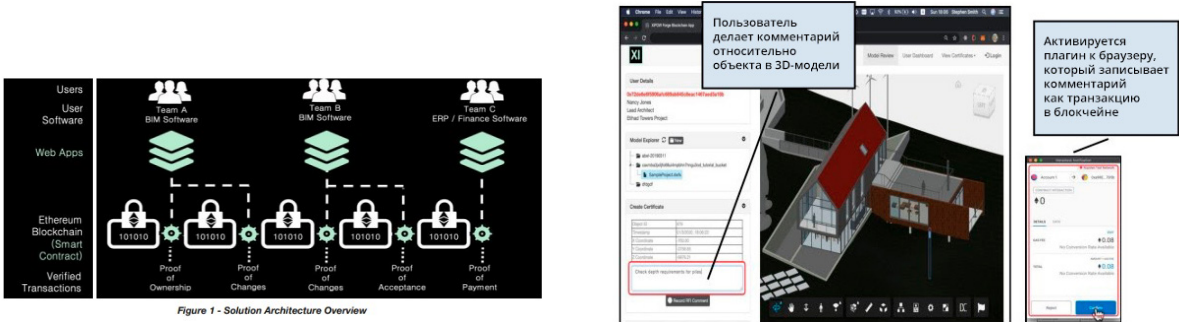


Fig. 8. Using blockchain in construction project

Results

Based on the summary of this study, we could draw the following conclusions:

- Basic understanding of the industrial revolutions in which describes four main industrial revolutions in the history based on literature review (starts from machine production era (1784) up to days cyber physical system);
- Describes the fourth wave technology (or Industry 4.0) and detection of its principles, benefits and main challenges;

- There is the concept of the fifth industrial revolution, but so far from its signs in construction and architecture;
- Consideration of fourth wave technology in today's construction and architecture shows new initiatives, including: improve communication and data management; planning projects with the help of artificial intelligence and machine learning; construction robots; research drones (drones in construction); advancement of building information modeling (BIM); projects that have been completed virtually before the start of work; computer optimized design;

real-time processing of information with the help of internet of things (IoT); digital twins of designs to optimize the manufacturing process. This research tries to explain all indicated initiatives and shows some realization samples related to these points;

- Draw/Shows some sample application of the fourth wave technology in today's construction like as high-speed skyscraper's building; 3-d printing in construction; Internet of Things and Smart Sensors; Robots and drones in construction; Artificial intelligence (AI); virtual and augmented reality; and blockchain.

Conclusion

During the last three industrial revolutions, not only did people's personal and professional lives change over and over again, but sometimes they were even threatened. After each revolution, the world took a new direction. This time, the fourth industrial revolution will change our lives; although the speed and dimensions of this change will be very different and bigger than the changes of the past three industrial revolutions.

We must recall that there is the concept of the fifth industrial revolution, which began from 2017, but as we know this industry is still at the level of definition and development, and the fourth industrial industry has not yet been practically finalized in construction and architecture, a specific feature for its implementation in these branches cannot be seen.

In the coming years, the construction industry can radically change its appearance due to the introduction of IT technologies. Construction will become more transparent and understandable for everyone, which means that the advantage will be given to those companies that are already thinking about their efficiency, reducing costs and developing client work. The fourth industrial revolution and digital technologies in construction are able to increase labor productivity, improve safety at the construction site, ensure the "broach" of any little things throughout the entire construction process from design to operation of the facility. Perhaps now some technologies seem like science fiction or useless dreams, but large developers have already understood the prospects: they are strengthening IT departments and teaching employees' new digital specialties. In the coming years, the construction industry, in addition to the traditional shortage of workers, will face a shortage of IT specialists which would help them for using fourth industrial revolution and technology in construction industry.

REFERENCES

1. Schwab K. The fourth industrial revolution. Currency. 2017.

2. Kashiripoor M.M. *Sovershenstvovanie arhitekturno-planirovochnoj struk-tury malyh gorodov regiona Blizhnego Vostoka na osnove koncepcii ustojchivogo raz-vitija*. Cand, Diss. [Improving the architectural and planning structure of small towns in the Middle East region based on the concept of sustainable development. Cand. Diss.]. Minsk, 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761

3. Kashiripoor M.M., Garagozov S.B. New trends and innovations in construction: construction with a 3d printer. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike: Sat. articles*. Minsk, 2022, pp. 94–99. (In Russian).

4. Kashiripoor M.M., Gayevskaya Yu.N. Basics of understanding BIM technologies in construction. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike: sb. statej* [Science - Education, Production and Economics "and the 78th student scientific and technical conference of BNTU: Sat. articles]. Minsk, 2022, pp. 89–93. (In Russian).

5. Kashiripoor M.M., Kukhareva I.V. Innovations in construction: construction of houses from waste. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike: sb. statej* [Science - Education, Production and Economics "and the 78th student scientific and technical conference of BNTU: Sat. articles]. Minsk, 2022, pp. 100–103. (In Russian).

6. Kashiripoor M.M. Application of metaverse in cities, its concept, pre-property and disadvantages. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2023, vol. 13, no 3, pp. 168–173. (in Russian). DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.21

7. Kashiripoor M.M. Metaverse city: definition and direction of development for urban planning and architecture. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Bulletin of Brest State Technical University], 2023, vol. 3, no. 132, pp. 2–10. (in Russian) DOI: 10.36773/1818-1112-2023-132-3-2-10

8. Noskov I.V., Noskov K.I., Tinenskaya S.V., Ananiev S.A. Drone technology in construction – modern solutions and capabilities. *Vestnik evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2020, vol. 12, no. 5, pp. 27. (in Russian)

9. Kashiripoor M.M., Boreyko V.M. Automatic monitoring for complex structures and infrastructure of the city. *Dorozhnoe stroitel'stvo i ego inženernoe obespechenie: materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-tehničeskoy konferencii* [Road construction and its engineering support: materials of the III International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 2022, pp. 90–94. (In Russian).

10. Kashiripoor M.M., Al-Sayyab A.A. Proper methodology for automated monitoring during construction. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike: sb. statej* [Science - Education, Production and Economics "and the 78th student scientific and technical conference of BNTU: Sat. articles]. Minsk, 2022, pp. 84–88. (In Russian).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schwab K. The fourth industrial revolution. Currency. 2017.

2. *Каширипор М.М.* Совершенствование архитектурно-планировочной структуры малых городов ре-

гиона Ближнего Востока на основе концепции устойчивого развития: дис. ... канд. арх-ры. Минск, 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761.

3. Каширипур М.М., Гарагозов С.Б. Новые тенденции и инновации в строительстве: строительство с помощью 3d принтера // Наука – образованию, производству и экономике: сб. статей. Минск, 2022. С. 94–99.

4. Каширипур М.М., Гаевская Ю.Н. Основы понимания BIM-технологий в строительстве // Наука – образованию, производству и экономике: сб. статей. Минск, 2022. С. 89–93.

5. Каширипур М.М., Кухарева И.В. Инновации в строительстве: строительство домов из отходов / Наука – образованию, производству и экономике: сб. статей. Минск, 2022. С. 100–103.

6. Kashiripoor M.M. Применение метавселенной в городах, её понятие, преимущества и недостатки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 168–173. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.21

7. Каширипур М.М. Город метавселенной: определение и направление развития для градостроительства и архитектуры // Вестник Брестского государственного технического университета. 2023. Т.3, №132. С. 2–10. DOI: 10.36773/1818-1112-2023-132-3-2-10.

8. Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Аняев С.А. Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12, № 5. С. 27.

9. Каширипур М.М., Борейко В.М. Автоматический мониторинг для сложных сооружений и инфраструктуры города // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение: материалы III Международной научно-технической конференции. Минск, 2022. С. 90–94.

10. Каширипур М.М., Аль-Сайяб А.А. Надлежащая методология автоматизированного мониторинга в процессе строительства // Наука – образованию, производству и экономике: сб. статей. Минск, 2022. С. 84–88.

About the authors:

KASHIRIPOOR Mohammad Mahdi

PhD in Architecture, Associate Professor, Postdoctoral Researcher, Associate Professor of the Building Materials and Construction Technology Chair
Belarusian National Technical University
220013, Belarus, Minsk, Y. Kolas st., 12
E-mail: mkashiripoor@gmail.com

КАШИРИПУР Мохаммад Махди

кандидат архитектуры, доцент, постдокторский исследователь, доцент кафедры строительных материалов и технологии строительства
Белорусский национальный технический университет
220013, Беларусь, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12
E-mail: mkashiripoor@gmail.com

For citation: Kashiripoor M.M. Fourth wave technologies in construction and architecture: from idea to realization. (part 3: Sample applications of the fourth wave technology in construction and architecture). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 171–179. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.24.

Для цитирования: Каширипур М.М. Технологии четвертой волны в строительстве и архитектуре: от идеи до реализации (Часть 3: Примеры применения технологий четвертой волны в строительстве и архитектуре) // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 4. С. 171–179. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.04.24.