

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 1 Т. 13
2023

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



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. 13, № 1

САМАРА
2023

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)

И.И. АРТЮКОВ, д.т.н., профессор (Саратов)

Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор

Ю.П. БОЧАРОВ, д. арх., профессор (Москва)

А.Л. ВАСИЛЬЕВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)

В.В. ВАХНИНА, д.т.н., профессор (Тольятти)

А.Л. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор (Н. Новгород)

В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор

А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор

В.В. ЕЛИСТРАТОВ, д.т.н., профессор (С.-Петербург)

В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор

А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор

И.В. ЛИПАТОВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)

Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент

А.А. ПРОКОПОВИЧ, д.т.н., доцент

В.А. СЕЛЕЗНЕВ, д.т.н., профессор (Тольятти)

Н.С. СЕРПОКРЫЛОВ, д.т.н., профессор (Ростов-на-Дону)

С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., профессор

К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор

Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор

В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор

Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент

А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)

З. ВОЙЧИЦКИ, D.Sc., профессор (Вроцлав, Польша)

Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)

М. КНЕЗЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)

Я. МАТУШКА, Ph.D, доцент (Пардубице, Чешская Республика)

А. МОЧКО, Ph.D, доцент (Вроцлав, Польша)

С. ОГНЕНОВИЧ, Ph.D, профессор (Скопье, Македония)

М. ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)

Д. САФАРИК, главный редактор СТВУН Journal (Чикаго, США)

Editor in Chief – D. Eng., Prof. A.K. STRELKOV

Deputy Editor (Construction) – D. Eng., Prof. 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)

I.I. ARTYUKHOV, D. Eng., Prof. (Saratov)

E.A. AKHMEDOVA, D. Arch., Prof.

Y.P. BOCHAROV, D. Arch., Prof. (Moscow)

A.L. VASILYEV, D. Eng., Ass. Prof. (N. Novgorod)

V.V. VAKHINA, D. Eng., Prof. (Tolyatti)

A.L. GELFOND, D. Arch., Prof. (N. Novgorod)

V.P. GENERALOV, PhD in Architecture, Prof.

A.I. DANILUSHKIN, D. Eng., Prof.

V.N. ELISTRATOV, D. Eng., Prof. (Sa. Petersburg)

V.N. ZENTSOV, D. Eng., Prof. (Ufa)

T.V. KARAKOVA, D. Arch., Prof.

A.A. KUDINOV, D. Eng., Prof.

I.V. LIPATOV, D. Eng., Ass. Prof. (N. Novgorod)

N.D. POTIENKO, PhD in Architecture, Ass.Prof.

A.A. PROKOPOVICH, D. Eng., Ass. Prof.

V.A. SELEZNEV, D. Eng., Prof. (Tolyatti)

N.S. SERPOKRYLOV, D. Eng., Prof. (Rostov-on-Don)

S.V. STEPANOV, D. Eng., Prof.

K.L. CHERTES, D. Eng., Prof.

N.G. CHUMACHENKO, D. Eng., Prof.

V.A. SHABANOV, PhD in Engineering, Prof.

D.A. SHLYKHIN, D. Eng., Ass. Prof.

A. BORODINECS, D.Sc., Prof. (Riga, Latvia)

Z. WOJCICKI, D.Sc., Prof. (Wroclaw, Poland)

G. RADOVIC, D.Sc. arch., Prof. (Podgorica, Montenegro)

M. KNEZEVIC, D.Sc., Prof. (Podgorica, Montenegro)

J. MATUŠKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)

A. MOCZKO, Ph.D., Ass. Prof. (Wroclaw, Poland)

S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)

M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)

D. SAFARIK (Chicago, the USA)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-68052 от 13 декабря 2016 года

Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал индексируется в системе РИНЦ

Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина

Корректор М.В. Веселова

Дизайн обложки: А. П. Раков, зав. каф. ИП АСА СамГТУ

Подписано в печать 21.03.2023 г. Выпуск в свет 31.03.2023 г.

Формат 60x90 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная.

Печ. л. 22,75. Тираж 300 экз. Заказ № 2054

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; 8-927-651-07-09Интернет-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

Содержание

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 **Гужова О.А., Дидковская О.В., Хайруллин М.Ф.** Формирование маневренного фонда с использованием сборно-разборных конструкций
- 10 **Тошин Д.С., Долгополов Д.А.** Прочность, жесткость и трещиностойкость модели облегченной плитной конструкции со сферическими пустообразователями

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 17 **Кичигин В.И.** Марганец: польза или вред? (Обзор)
- 30 **Панфилова О.Н., Степанов С.В.** Разработка и обоснование технологии сорбционной доочистки производственных сточных вод
- 37 **Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М.** Использование лужки гречихи (гранулированной) в очистке городских поверхностных сточных вод
- 45 **Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Черноситов М.Д.** Реконструкция сетей дождевой канализации в исторической границе города Самары
- 53 **Шувалов М.В., Тараканов Д.И.** Применение труб из различных материалов для устройства водопроводных сетей

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 60 **Баландина О.А., Филатова Е.Б., Пуринг С.М., Филатова А.И.** Построение алгоритма расчета расстояний между опорами надземного газопровода различного диаметра в зависимости от климатических характеристик
- 67 **Едуков Д.А., Сайманова О.Г., Едуков В.А.** Исследование энергоэффективности системы кондиционирования воздуха с вторичным охлаждающим контуром
- 74 **Сапарёв М.Е., Вытчиков Ю.С., Чулков А.А., Дядин А.А.** Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций здания Самарского академического театра драмы

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 82 **Кондратьева Н.В., Головатюк М.А.** Исследование технических характеристик стеклофибробетона
- 92 **Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Недосеко И.В.** К вопросу оптимизации структуры для получения высокопрочной керамики

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 97 **Дидковская О.В., Власова Н.В., Селезнева Ж.В.** Новые методы в проектировании зданий

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

- 105 **Данилова Э.В., Вальшин Р.М.** Концептуальные основания постиндустриального города
- 114 **Литвинов Д.В., Яшина А.В.** Приспособление и реконструкция краснокирпичных памятников архитектуры XIX века в современном стиле «лофт»
- 121 **Монастырская М.Е.** «Циркумбалтийское пространство»: исторические предпосылки и теоретико-методологические основы делимитации
- 135 **Самогоров В.А.** Архитектура подземных объектов «запасной» столицы СССР – города Куйбышева
- 142 **Солодилов М.В., Иванова А.А.** Вопрос создания исторического центра Тольятти: психологические предпосылки и проектная практика сохранения памяти места

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 151 **Колесников С.А., Медведева Н.Ю.** Атриумные пространства высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры
- 158 **Шлиенкова Е.В., Кайгородова Х.В.** Протомузей – иммерсия – празритель. Визуальная природа иммерсивности. Пространственный и чувственный опыт

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 166 **Рынкoвская М.И., Цурин Е.Д.** Процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России
- 177 **Тюкленкова Е.П., Першина (Королева) М.Е.** Роль религиозных комплексов в развитии территории г. Пензы
- 182 **ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ
И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 69

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.01

О. А. ГУЖОВА
О. В. ДИДКОВСКАЯ
М. Ф. ХАЙРУЛИН

ФОРМИРОВАНИЕ МАНЕВРЕННОГО ФОНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

FORMATION OF A MANEUVERABLE FUND
WITH THE USE OF ASSEMBLED STRUCTURES

В статье обозначена необходимость совершенствования системы формирования маневренного фонда. Сформулирована цель исследования – совершенствование положений механизма формирования маневренного жилищного фонда в России на основе использования сборно-разборных конструкций. Рассмотрены особенности возведения маневренного жилья с использованием модульных конструкций. Представлены примеры их использования в мировой практике, теоретические и методические положения по формированию маневренного фонда. Разработана блок-схема формирования и предоставления дополнительного объема маневренного фонда муниципальному образованию на основе использования сборно-разборных конструкций.

Ключевые слова: маневренный фонд, сборно-разборные конструкции, модульное здание, блок-схема

Понятие «маневренный фонд» было введено в 60-х гг. прошлого века, когда в рамках исполнения постановления Совета Министров СССР было принято решение обеспечить жильем всех граждан Советского Союза. На время капитального ремонта квартир гражданам предоставлялись специально освобожденные для этого административные и конторские помещения и общежития. Также при возникновении чрезвычайных ситуаций человек может лишиться своего единственного жилья. В таких случаях на время восстановления государство предлагает использовать помещения маневренного фонда.

The article outlines the need to improve the system for the formation of a maneuverable fund. The purpose of the study is formulated – to improve the provisions of the mechanism for the formation of a maneuverable housing stock in Russia based on the use of prefabricated structures. The features of the construction of flexible housing using modular structures are considered. Examples of their use in world practice, theoretical and methodological provisions for the formation of a maneuverable fund are presented. A block diagram has been developed for the formation and provision of an additional volume of the maneuverable fund to the municipality based on the use of prefabricated structures.

Keywords: maneuverable fund, assembled structures, modular building, block diagram

В настоящее время в ряде стран применяются различные технологии возведения временного жилья, быстровозводимых жилых конструкций, а также сборно-разборных (модульных) построек. Все эти проекты можно направить на решение проблемы нехватки помещений маневренного фонда. Таким образом, необходимость совершенствования системы формирования маневренного фонда обусловлена невозможностью предсказать чрезвычайные ситуации, а также следующие за ними последствия, что предопределяет актуальность настоящего исследования.



Целью данного исследования является совершенствование положений механизма формирования маневренного жилищного фонда в России на основе использования сборно-разборных конструкций.

На данный момент решение проблем маневренного фонда ложится на плечи каждого региона Российской Федерации. Они должны иметь в своём распоряжении отдельные объемы жилья, которые могут быть предоставлены гражданам в случае необходимости. Практика показывает, что маневренный (резервный) фонд создается с целью неотложного и экстренного обеспечения жильем граждан в случаях стихийных бедствий, разрушений, аварий. Поэтому маневренный фонд – это не только помещения, предназначенные для временного проживания. Для некоторых граждан маневренный фонд превращается в постоянное жилище из-за невозможности государства предоставить иное жилье.

Маневренный фонд относится к категории специализированных помещений. Жилые помещения маневренного фонда предоставляются гражданам только на определенный срок [1].

Помещения маневренного фонда можно отнести к категории временного жилья, которое подвергается критике за то, что это дорогие, длительные по возведению, поздно возводимые и недолго существующие конструкции. От временного жилья зависит скорость возвращения к нормальному укладу жизни.

Как отмечено в работе [2], «универсальный жилой модуль является оптимальным типом жилья для всех групп потребления и может быть использован на любой территории в условиях крупного и крупнейшего города, туристско-паломнических центров. Временное жилье – это новый тип жилищной архитектуры в условиях города, который являет собой сложную систему из модульных сплетений, образующих временные жилые комплексы, жилые образования, включающие в себя необходимые функции и отвечающие эргономическим аспектам жизнедеятельности человека. При разворачивании временных лагерей добавляется универсальный мобильный общественный модуль, а также быстровозводимые временные инженерные и транспортно-пешеходные коммуникации. Временное жилье может представлять постоянный фонд мобильных жилых модулей, посредством которых можно в кратчайшие сроки обеспечить среду жизнедеятельности».

Временное жилье может представлять собой конструкцию из блок-модулей, включающих две или несколько модульных ячеек, создавая новые пространственные решения за счет возможностей сборно-разборных конструкций.

Так, модули могут реагировать на количественные и эргономические параметры населения и из набора базовых элементов формировать объекты временной жизнедеятельности [3].

В 2015 г. IKEA Foundation, дочерняя компания мирового шведского бренда IKEA, разработала и реализовала концепцию временного жилья для лагерей беженцев. Площадь каждого из сооружений составляет 17,5 м². На сборку сооружения уходит не более четырех часов. Данный объект получил название Better Shelter («Лучшее укрытие») и представляет собой сооружение, похожее на металлический вагончик, в котором созданы все условия для комфортного проживания пяти человек. Все материалы, необходимые для его сборки, помещаются в две коробки, каждая размером 2х1х0,23 м. В одну фуру помещается до 52 разобранных домов [4]. На рис. 1 показано сравнение объемов сооружения в собранном и разобранном виде.



Рис. 1. «Better Shelter» в собранном и разобранном виде

Для решения проблемы создания временного жилья в кратчайшие сроки после стихийного бедствия студентами университета Аалто (Хельсинки) был разработан проект модульного жилья Liina Shelter («Укрытие Лийна»), который мог служить независимо от климата. Данный проект уникален тем, что для его сборки не требовались инструменты. На рис. 2 показан процесс сборки проекта «Liina Shelter» [5].

Строительные блоки для этого сооружения представляют собой сборные деревянные панели из фанеры и клееного бруса с изоляцией на основе древесного волокна. Эти панели могут легко соединяться друг с другом, образуя каркас в виде дома. Нейлоновые ремешки («Liina» по-фински), в честь которых был назван проект, служат соединительным материалом для панелей из дерева. Они оборачиваются вокруг рам, чтобы поддерживать плотное соединение, затем соединенные панели ставят в необходимое рабо-

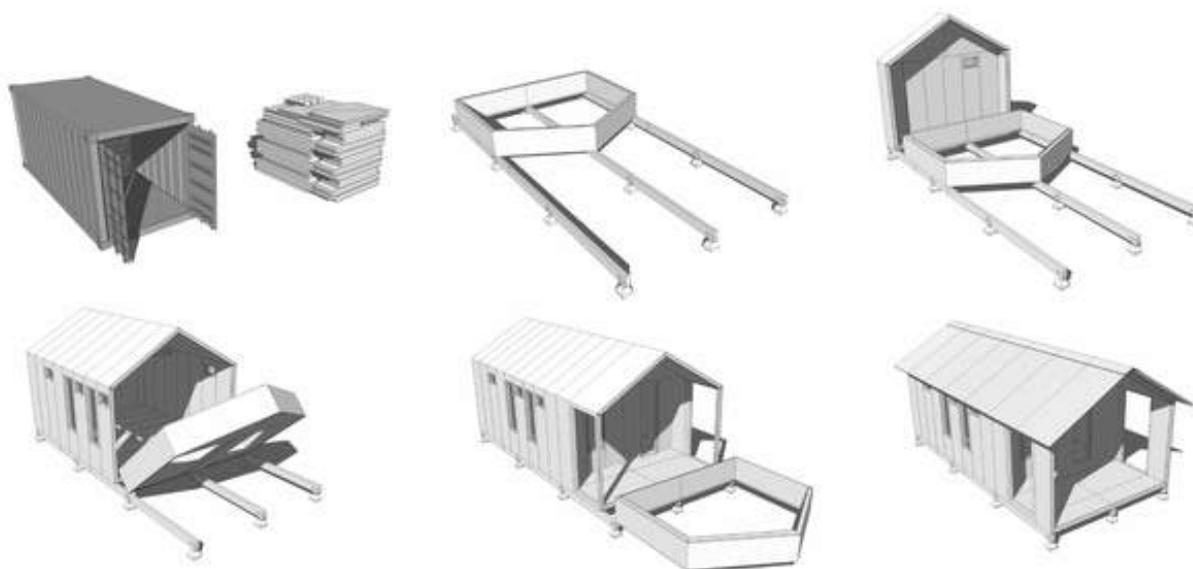


Рис. 2. Процесс сборки проекта Liina Shelter

чее положение. После установки собранных стен их накрывают тентом, чтобы защитить здание от воды и ультрафиолетовых лучей. Сборку осуществляют два человека за 6 часов. Поэтому данный проект идеально подходит для восстановления жилища после чрезвычайных ситуаций. Конструкция предназначена для 4–5 человек на срок до 5 лет. Внутри предусмотрена планировка для комфортного проживания: две спальни, кухня-столовая и гостиная. Чердак под крышей можно использовать для организации дополнительного спального либо рабочего места. На рис. 3 показан проект Liina Shelter на финальной стадии сборки до полной натяжки тента.

Изначально этот проект предназначался для региона Восточная Анатолия, который известен большим количеством стихийных бед-

ствий, однако конструкция и оснащённость позволяют расположить модульное здание в любой климатической зоне.

Модульные здания состоят из заводских компонентов и узлов (так называемых модулей), которые транспортируются и собираются на месте для создания целого здания. Применение различных структурных компонентов и материалов, а не концентрирование на одном типе модуля – идеально подходящая стратегия для модульных зданий. Смешанное использование модулей, панелей и строительных каркасов более целесообразно и экономично для строительства адаптируемого здания. Применение сборных компонентов, используемых в проектах общественного жилья и частных жилых домов, и их анализ показал, что наиболее часто используемые сборные компоненты представляют собой сборные фасады (51 %), за которыми следуют сборные лестницы (22 %), полупрозрачные плиты (9 %) и полусборные балконы (7 %).

Установка является ключевым аспектом модульной конструкции. Основные конструктивные соображения для установки включают в себя грузоподъемность крана, транспортировку и доступ к площадке. Занимаемая площадка должна быть хорошо подготовлена к приему и хранению строительных модулей при доставке. Конструкция системы соединения сборных модулей должна быть согласована с возможностью монтажа на месте. Чтобы обеспечить идеальную сборку соединений, рабочим необходимо получить безопасный и легкий доступ к точкам подключения. Специальные инстру-



Рис. 3. Проект Liina Shelter на финальной стадии сборки

менты и механизмы также могут быть использованы для точного размещения модулей. Этот альтернативный процесс сборки сводит к минимуму человеческие ошибки и обеспечивает более безопасную рабочую среду во время установки. Однако использование оборудования может увеличить стоимость установки в зависимости от конструкции. На рис. 4 показаны элементы модульного строительства.

В настоящее время существующая концепция маневренного фонда нуждается в пересмотре и реформации под реальные нужды регионов, ведь зачастую маневренного фонда в областях не хватает и регионы вынуждены в срочном порядке переселять граждан в другие регионы либо строить временные постройки.

В некоторых регионах чрезвычайные ситуации настолько крупномасштабные, что нет возможности покрыть в полном объеме потребность во временном жилье.

Поэтому предлагается для регионов, которые регулярно сталкиваются с крупномасштабными чрезвычайными ситуациями различного характера и имеют острую нехватку средств для финансирования маневренного фонда, сформировать дополнительный фонд маневренного жилья за счет федерального бюджета.

Конечно, для этого необходимо внести соответствующие изменения в нормативно-пра-

вовые акты в части формирования и использования маневренного фонда. При этом следует отметить, что существующий порядок формирования и использования маневренного фонда, находящегося в подчинении муниципального образования, не изменится. Речь идет о выделении дополнительного объема в случае возникновения крупной чрезвычайной ситуации, когда маневренного фонда, находящегося в распоряжении муниципального образования, будет недостаточно.

Маневренный фонд, находящийся в распоряжении федеральных органов власти, предлагается предоставить в распоряжение Федерального агентства по управлению государственным имуществом (Росимущество).

В рамках проведенного исследования была разработана блок-схема предоставления дополнительного объема маневренного фонда для муниципального образования из федерального источника в случае возникновения чрезвычайной ситуации (рис. 5).

На основе разработанной блок-схемы алгоритм формирования и предоставления дополнительного объема маневренного фонда муниципальному образованию в случае возникновения чрезвычайной ситуации можно представить в виде следующих последовательных этапов:

1. В случае возникновения чрезвычайной ситуации власти муниципального образования

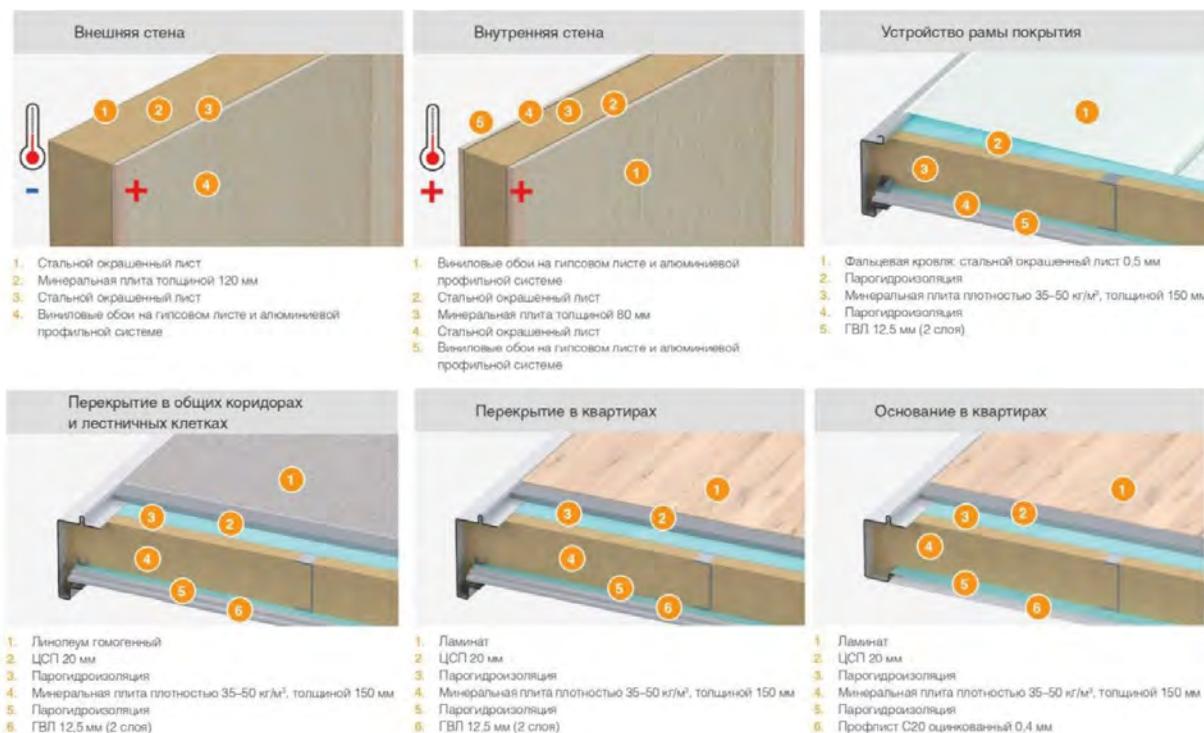


Рис. 4. Элементы модульного строительства

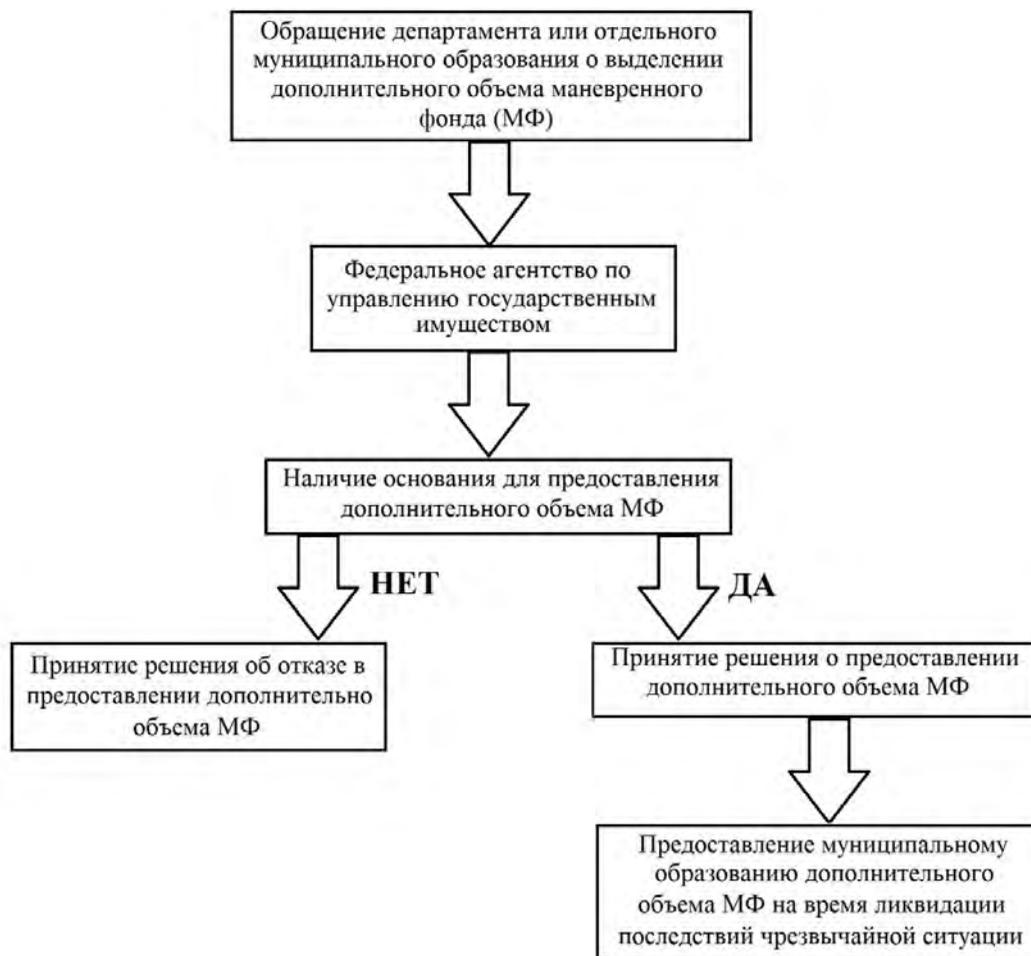


Рис. 5. Блок-схема формирования и выделения дополнительного объема маневренного фонда в виде сборно-разборных конструкций

должны обратиться в федеральный орган – Росимущество с просьбой о выделении дополнительного объема маневренного фонда.

2. На основе сложившейся ситуации Росимущество выносит решение о выделении дополнительного объема маневренного фонда.

3. В случае отказа в Администрацию муниципального образования направляется отказ в предоставлении дополнительного объема маневренного фонда.

4. При наличии оснований муниципальное образование получает дополнительный объем маневренного фонда.

5. После ликвидации последствий чрезвычайной ситуации муниципальное образование должно вернуть предоставленный дополнительный объем маневренного фонда в Росимущество.

Хранение дополнительного объема маневренного фонда осуществляется на складах для

хранения имущества, находящихся в ведомстве Росимущества. Каждый склад находится в административном центре каждого из федеральных округов и в случае возникновения чрезвычайной ситуации может быть оперативно направлен к месту использования. Затраты на хранение и транспортировку от места складирования к месту возникновения чрезвычайной ситуации и обратно на склад берет на себя Росимущество, сбор и разбор конструкции осуществляется за счет средств муниципального образования.

Вывод. В данной статье авторами разработаны теоретические и методические положения по формированию маневренного фонда и разработана блок-схема формирования и предоставления дополнительного объема маневренного фонда муниципальному образованию на основе использования сборно-разборных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 188-ФЗ [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057 (дата обращения: 23.03.2022).
2. Аширова М.В., Аидарова Г.Н. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 2(36). С. 17–22.
3. Панфилов А.В. Мобильное жилище. Анализ эволюции и направлений дальнейшего развития // Объединенный научный журнал. 2008. № 7. С. 58–62.
4. Container Temporary Housing, Onagawa [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-temporales-container-3> (дата обращения: 20.06.2022).
5. The Liina Transitional Modular Shelter Needs No Tools for Assembly [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://inhabitat.com/the-liina-transitional-modular-shelter-needs-no-tools-for-assembly/> (дата обращения: 20.06.2022).

Об авторах:

ГУЖОВА Оксана Александровна

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

ДИДКОВСКАЯ Ольга Всеволодовна

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

ХАЙРУЛЛИН Марсель Фаритович

старший преподаватель кафедры стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: marsel-716@mail.ru

Для цитирования: Гужова О.А., Дидковская О.В., Хайруллин М.Ф. Формирование маневренного фонда с использованием сборно-разборных конструкций // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.1.

For citation: Guzhova O.A., Didkovskaya O.V., Khairullin M.F. Formation of a Maneuverable Fund with the Use of Assembled Structures. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.1.

REFERENCES

1. Housing Code of the Russian Federation of 29 December 2004, N188-FZ. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057 (accessed 23 March 2022).
2. Ashirova M.V., Aidarova G.N. Architecture of rapid response: the concept of temporary mobile housing in emergency situations. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering], 2016, no. 2(36), pp. 17–22. (in Russian)
3. Panfilov A.V. Mobile dwelling. Analysis of evolution and directions of further development. *Ob'edinenyyj nauchnyj zhurnal* [Joint Scientific Journal], 2008, no 7, pp. 58–62. (in Russian)
4. Container Temporary Housing, Onagawa. Available at: <https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-temporales-container-3> (accessed 20 June 2022)
5. The Liina Transitional Modular Shelter Needs No Tools for Assembly. Available at: <http://inhabitat.com/the-liina-transitional-modular-shelter-needs-no-tools-for-assembly/> (accessed 20 June 2022)

GUZHOVA Oksana A.

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of Value Engineering and Technical Expertise of Buildings and Structures Samara State Technical University Architecture and Civil Engineering Academy 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: guzhova_oksana@inbox.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 Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: kafedra_cen@mail.ru

KHAIRULLIN Marsel F.

Senior Lecturer of the Department of Value Engineering and Technical Expertise of Buildings and Structures Samara State Technical University Architecture and Civil Engineering Academy 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: marsel-716@mail.ru

Д. С. ТОШИН
Д. А. ДОЛГОПОЛОВ

ПРОЧНОСТЬ, ЖЕСТКОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ МОДЕЛИ ОБЛЕГЧЕННОЙ ПЛИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ СО СФЕРИЧЕСКИМИ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЯМИ

STRENGTH, STIFFNESS AND CRACK RESISTANCE OF A LIGHTWEIGHT
SLAB STRUCTURE MODEL WITH SPHERICAL VOID FORMERS

Сборный железобетон многие десятилетия применяется при оптимизированных расходах бетона и арматуры. Использование монолитного железобетона в РФ нельзя назвать сбалансированным с точки зрения его материалоемкости. Одной из конструкторских идей создания облегченных плитных железобетонных конструкций в монолитном строительстве является технология «BubbleDeck». Сферические вкладыши располагаются в местах наименьших напряжений в конструкции, что приводит к существенному снижению собственного веса. В статье представлены результаты оценки прочности, жесткости и трещиностойкости уменьшенной модели железобетонной плиты в сравнении с аналогичными параметрами плиты сплошного сечения.

Ключевые слова: железобетонная плита, облегченная конструкция, сферический пустотообразователь, вкладыш, прочность, жесткость, деформативность, трещиностойкость, изгиб, технология «BubbleDeck»

Строительное производство, как любой другой вид экономической деятельности, направлено на получение максимальной прибыли при наименьших расходах ресурсов и одновременном обеспечении предъявляемых к продукции требований [1–3]. Так, серии сборных железобетонных изделий, например многопустотных или ребристых панелей перекрытия и покрытия, являются ярким примером конструкций с разумным и рациональным расходом бетона и арматуры. Поперечные сечения сборных железобетонных элементов имеют достаточно сложную конфигурацию, а расчетная форма сечения, как правило, представляется тавровым или двутавровым сечением, оптимальным с точки зрения распределения материала по конструкции. Удаление из элементов значительно объема бетона, практически не влияющего на прочностные и эксплуатационные показатели, во-первых, уменьшает расход бетона, во-вторых, сокращает армирование за счет снижения соб-

Precast concrete has been used for many decades with optimized consumption of concrete and reinforcement. The use of monolithic reinforced concrete in the Russian Federation cannot be called balanced in terms of its material consumption. One of the design ideas for creating lightweight slab reinforced concrete structures in monolithic construction is the BubbleDeck technology. Spherical bushings are located in places of the least stresses in the structure, which leads to a significant reduction in the own weight. The article presents the results of assessing the strength, stiffness and crack resistance of a reduced model of a reinforced concrete slab in comparison with similar parameters of a solid section slab.

Keywords: reinforced concrete slab, lightweight construction, spherical void former, insert, strength, rigidity, deformability, crack resistance, bending, BubbleDeck technology

ственного веса конструкции, в-третьих, влияет на снижение стоимости строительства в целом за счет облегчения нижерасположенных конструкций, поскольку уменьшаются нагрузки на стены, колонны и фундаменты. Технологически сложная конфигурация поперечного сечения окупается многократным использованием стальной опалубки.

Изготовление и применение таких сборных элементов исчисляется десятилетиями и оправдало целесообразность реализации заложенной идеи [4–7]. На историческом этапе высокого уровня индустриализации строительного производства с применением оптимизированных железобетонных изделий было обеспечено не только интенсивное гражданское и промышленное строительство, но и высокий уровень надежности и долговечности возведенных зданий и сооружений.

За последние годы доля монолитных конструкций существенно возрастает. При этом

вопросы уменьшения трудозатрат и сокращения сроков строительства остаются актуальными. Считается нерациональным усложнение опалубочных и арматурных работ, поэтому конструкции по геометрической форме сечения зачастую принимаются максимально простыми. Преимущественно для изгибаемых балок и плит, сжатых элементов и других видов конструкций применяются прямоугольные формы поперечного сечения без дополнительных пустотообразователей. Такую тенденцию развития железобетона, с точки зрения конструкторской инженерии, нельзя назвать прогрессивной. Так, нормативная нагрузка от собственного веса многопустотной плиты при толщине 220 мм составляет 300 кг/м², сборная ребристая плита при высоте сечения 400 мм имеет вес около 250 кг/м². А монолитная плита сплошного сечения, широко применяемая в гражданском строительстве, при толщине 160-200 мм создает постоянную нагрузку с нормативным значением 400–500 кг/м². Таким образом, при переходе от сборных конструкций перекрытий к монолитным наблюдается одновременно значительное увеличение нагрузки от собственного веса и уменьшение рабочей высоты сечения элемента. Оба фактора в конечном итоге приводят к необходимости повышения расхода арматуры в монолитных конструкциях для обеспечения требуемых показателей прочности, жесткости и трещиностойкости по сравнению со сборным железобетоном.

Изучение опыта строительства в развитых странах показывает, что подходы оптимального проектирования и возведения железобетонных конструкций могут быть применены не только для сборных изделий, но и в монолитном строительстве. Одной из актуальных и прикладных разработок является технология «BubbleDeck» [8, 9], которая заключается во введении внутрь плоского перекрытия неизвлекаемых сферических пустотообразователей, выполненных, например, из полиэтилена высокого давления. Шарообразная форма вкладышей обеспечивает формирование продольных и поперечных ребер в плите, что сохраняет удобство армирования и работоспособность конструкции плиты в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Вытеснение части объема бетона на 20–40 % приводит к снижению собственного веса конструкции, расхода бетонной смеси, включая сокращение затрат на ее доставку. Сферические пустотообразователи равномерно распределяют внутри пространственного арматурного каркаса, а за счет подобранных форм ячеек нижней и верхней сеток обеспечивается максимальное вытеснение бетона при размещении вкла-

дышей и сохранность проектного положения шаров при бетонировании.

Введение сферических пустотообразователей в конструкцию предполагает изготовление монолитной плиты полностью на строительной площадке, использование армирующих модулей из арматурных сеток и шаров-вкладышей заводского изготовления или применение сборно-монолитной конструкции. В последнем варианте сборная часть конструкции предварительно изготавливается на заводе ЖБИ, включает нижнюю полку из бетона, арматурные сетки, шары-вкладыши, при этом сборная часть конструкции выполняет также функцию несъемной опалубки.

Гипотеза применения плитных железобетонных конструкций, выполняемых по технологии «BubbleDeck», заключается в вытеснении части бетона из наименее напряженной части сечения с сохранением верхней и нижней полок, в которых располагаются горизонтальные сетки с продольной арматурой в двух направлениях. В зависимости от положения рассматриваемого сечения плиты и знака усилия несущую способность по изгибающему моменту обеспечивает преимущественно сжатая полка и арматура растянутой зоны. При положении нижней границы сжатой зоны в пределах полки несущая способность такой конструкции сохраняется прежней, не требуется введение дополнительного армирования. За счет снижения размеров поперечного сечения можно ожидать некоторое уменьшение жесткости и трещиностойкости таких конструкций. В зонах продавливания таких плит возможно сохранение сплошного сечения, что обеспечивает требуемую несущую способность исключительно за счет бетона или при минимальном поперечном армировании. В итоге формируется конструкция, рациональная с точки зрения сечения, расхода бетона и арматуры, практически не уступающая по несущей способности и эксплуатационным параметрам.

Для подтверждения описанных предположений было запланировано проведение экспериментальных исследований по оценке прочности, жесткости и трещиностойкости модели железобетонной плиты с неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями. При планировании эксперимента было предусмотрено изготовление двух образцов плит, одна из которых проектировалась эталонной сплошного сечения, а вторая – облегченной, для последующего сравнения результатов проведенного исследования. Геометрические размеры плит назначались одинаковыми: длина 1100 мм, ширина 1100 мм, толщина 54 мм. При изготовлении образцов использовался бетон

класса В25 по прочности на сжатие с применением доломитового заполнителя крупностью не более 8 мм, что обусловлено размерами моделей.

Для армирования предусматривалась проволока класса В500 диаметром 3 мм, сетки устанавливались по верхней и нижней граням модели плиты. В связи с применением готовой сварной сетки фактический шаг расположения стержней армирования составил 56×56 мм. В качестве неизвлекаемых пустотообразователей для облегченной модели плиты использовались пенопластовые шары диаметром 40 мм. На изготовление одной плиты потребовался 361 сферический пенопластовый пустотообразователь. Пустотообразователи укладывались в каждую ячейку между стержнями сеток армирования (рис. 1).

При проведении экспериментальных исследований моделей плит использовался стенд для испытания плоских конструкций. Опирание плит осуществлялось по контуру, схемы опирания принимались по ГОСТ 8829-2018 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости». Нагрузка на образцы прикладывалась снизу вверх с помощью гидравлического домкрата и перераспределялась через замкнутую траверсу с фактическим приложением четырех равных сил, равноудаленных от осей симметрии плит. Подобная передача нагрузки позволила получить участок постоянного изгибающего момента в средней зоне плиты, свободно расставить измерительные приборы по верхней грани, что гарантировало их сохранность при исчерпании

несущей способности плиты, а также обеспечило возможность визуальной фиксации момента появления, процесса развития трещин и характера разрушения образцов со стороны доступной растянутой зоны. При проведении испытаний с помощью прогибомеров 6-ПАО с ценой деления 0,01 мм фиксировался прогиб плиты по ее центру, а также вертикальные перемещения посередине каждой опорной грани. Также оценивалась величина продольных деформаций арматуры в растянутой зоне на базе 300 мм с помощью мессур, выполненных с применением индикаторов часового типа (цена деления 0,01 мм) и удлинителей, закрепленных на резьбовые втулки, приваренные к стержням сетки. Высота втулок назначалась равной толщине защитного слоя, их фиксация осуществлялась до бетонирования образцов. Всего на каждую плиту устанавливалось по пять прогибомеров и две мессуры (рис. 2).

Нагружение осуществлялось путем ступенчатого приложения нагрузки. Величина каждого шага нагружения назначалась небольшой с существенным запасом по требованиям ГОСТ 8829-2018. После образования трещин в растянутой зоне величина нагрузки на каждом шаге увеличивалась.

При обработке результатов испытания по величине приложенной нагрузки определялись изгибающие моменты на каждом шаге нагружения. По показаниям прогибомеров устанавливался прогиб как результат измерения по центрально установленному прибору за вычетом усредненного значения осадок четырех опор. Величина деформаций по мессурам переводилась в относительные величины и усреднялась по двум индикаторам часового типа.



Рис. 1. Общий вид опалубки с установленными сетками нижнего, верхнего армирования и сферическими пустотообразователями



Рис. 2. Расстановка измерительных приборов при испытании образцов плит

Обработанные результаты экспериментальных исследований представлены в графическом виде на рис. 3. Момент трещинообразования, который оценивался одновременно по визуальным признакам и по резкому увеличению деформаций ϵ_s продольных стержней армирования, для экспериментальной плиты с облегчающими вкладышами оказался на 25 % меньше, чем для эталонного образца без пустотообразователей.

Характер развития трещин для двух моделей также оказался различным. В плите сплошного сечения первые трещины образовались параллельно торцевым плоскостям элемента с последующим появлением диагональных трещин (рис. 4, а). В модели со сферическими пустотообразователями последовательность развития трещин была иной: первые трещины образовались по диагонали плиты, а последующие – параллельно боковым граням (рис. 4, б).

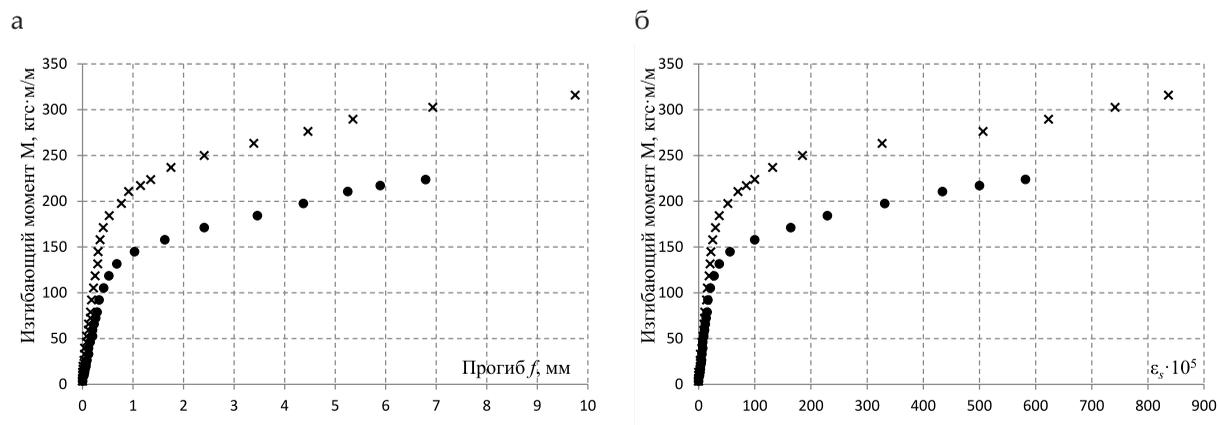


Рис. 3. Экспериментальная зависимость «изгибающий момент М – прогиб f» (а) и «изгибающий момент М – средние деформации арматуры растянутой зоны ϵ_s » (б):
 × – опытные данные для полнотелых плит;
 • – опытные данные для плит со сферическими пустотообразователями

а



б

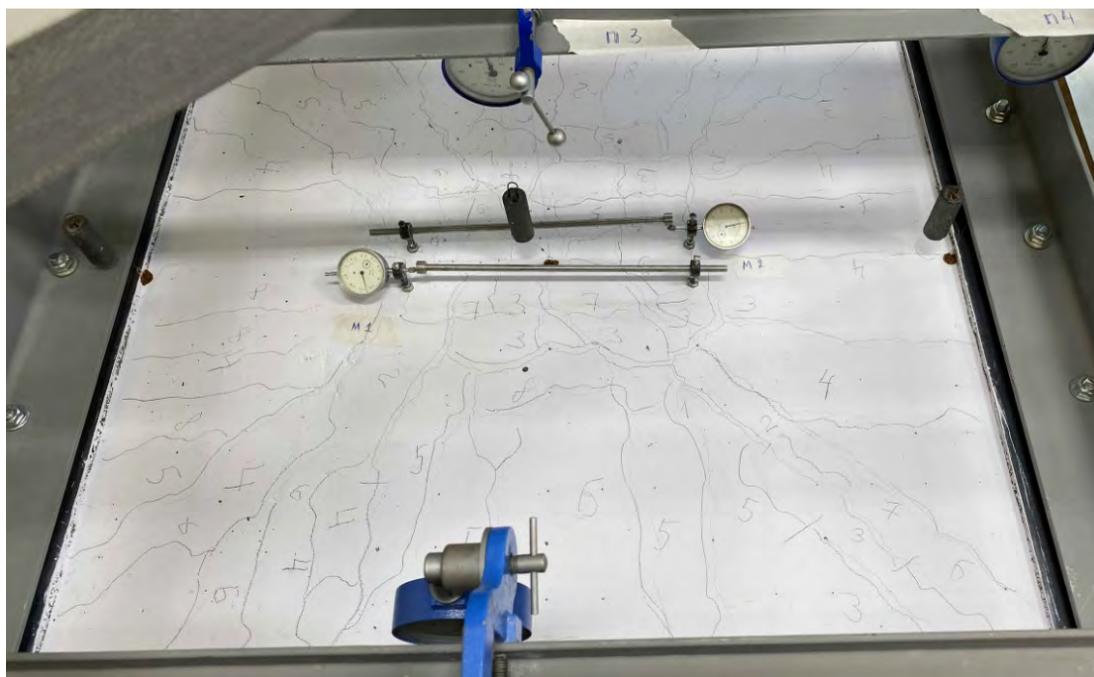


Рис. 4. Характер развития трещин в железобетонной плите сплошного сечения (а) и в железобетонной плите со сферическими пустотообразователями (б)

Общее число трещин при достижении максимальной нагрузки на облегченную модель плиты превышало количество трещин в эталонной плите сплошного сечения.

Как и предполагалось, облегченная конструкция плиты оказалась более деформативной, что обусловлено меньшими геометрическими характеристиками поперечного сечения элемента и более ранним трещинообразованием. При одинаковом уровне нагружения на любом шаге приложения нагрузки прогибы плит с пустотообразователями имели большую величину.

Вопреки ожиданиям несущая способность плиты, установленная по величине нагружения при продольных деформациях арматуры $\varepsilon_s = 250 \cdot 10^{-5}$, для конструкции с вкладышами-пустотообразователями оказалась меньше примерно на 25 %. Однако выяснилось, что при бетонировании облегченной модели плиты у отдельных шаров нарушилось крепление и не было обеспечено их проектное положение, частично пустотообразователи всплыли при уплотнении бетонной смеси, что в итоге уменьшило площадь сжатой зоны бетона при изгибе. Полученный результат не противоречит ранее обозначенной гипотезе о несущей способности плит, выполняемых по технологии типа «BubbleDeck», а лишь расширяет область дальнейших исследований, в частности по необходимости учета влияния высоты (площади) сжатой зоны.

Несмотря на то, что полученные значения прочности, жесткости и трещиностойкости моделей облегченных плит оказались ниже, важным фактом является снижение собственного веса такой плиты на 19 %, что не является пределом сокращения расхода бетона и, как следствие, нагрузки и усилий в расчетных сечениях. При проектировании объектов, в которых постоянная нагрузка является преобладающей, например жилых и некоторых общественных зданий, даже при таких эксплуатационных показателях можно получить более экономичную конструкцию с меньшим собственным весом.

Выводы. 1. При конструировании и изготовлении модели железобетонной плиты со сферическими пустотообразователями получен элемент, собственная масса которого на 19 % меньше, чем аналогичной по размерам плиты сплошного сечения.

2. При изготовлении облегченной конструкции плиты часть пенопластовых шаров поднялась при уплотнении бетонной смеси, что уменьшило площадь сжатой зоны при изгибе образца; при изготовлении подобных конструкций следует особое внимание уделять

конструктивным решениям, обеспечивающим проектное положение вкладышей.

3. При испытании облегченных плит со сферическими пустотообразователями прочность, жесткость и трещиностойкость оказались ниже, чем в эталонных плитах сплошного сечения.

4. Первые трещины в облегченной модели плиты образовались при средних деформациях растянутой арматуры и прогибах на 10,5 % меньше, чем в эталонной плите, и располагались по диагонали (схема «конверт») в отличие от образца сплошного сечения с появлением первых трещин параллельно продольным граням.

5. При достижении соответствующих разрушающих нагрузок прогиб полнотелой и пустотелой плиты был практически одинаковым и составил около 3,9 мм.

6. Приведенные результаты получены на единичных образцах, требуются дальнейшие исследования прочности, жесткости, трещиностойкости, а также совершенствование конструктивной части армирования и фиксации сферических пустотообразователей на этапе изготовления облегченных железобетонных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко Г.В., Дудина И.В., Назарова Н.О. Оптимизация железобетонных конструкций заводского изготовления на вероятностной основе как фактор снижения их материалоемкости // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2018. Т.1. С. 156–160.
2. Кузнецов В.С., Шапошникова Ю.А. Структура стоимости материалов в ребристых плитах при переменной высоте сечения // Инженерный вестник Дона. 2022. № 3 (87). С. 421–432.
3. Тамразян А.Г., Долганов А.И., Калеев Д.И. К вероятностной оценке надежности железобетонных многопустотных панелей перекрытий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4 (370). С. 267–271.
4. Юмашева Е.И., Сапачева Л.В. Домостроительная индустрия и социальный заказ времени // Строительные материалы. 2014. № 10. С. 3–11.
5. Аль Каради А. Производство, эффективность и применение многопустотных плит в строительстве // Технологии бетонов. 2014. № 5 (94). С. 32–36.
6. Землянский А.А., Жуков А.Н., Булавина Д.А. Опыт натурного испытания железобетонных ребристых плит // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. № 4 (43). С. 79–82. DOI: 10.25628/UNIP.2019.43.4.014.
7. Босаков С.В., Мордич А.И., Симбиркин В.Н. К повышению несущей способности и жесткости перекрытий, образованных многопустотными плитами //

Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 4. С. 30–36.

8. Sergiu Călin, Ciprian Asăvoaie, N. Florea. Issues for Achieving an Experimental Model Concerning Bubble Deck Concrete Slab with Spherical Gaps // Gheorghe Asachi" Technical University of Iași Department of Concrete Structures, Building Materials, Technology and Management. 2016. 8 s.

9. BubbleDeck Режим доступа: <https://www.bubbledeck.com>.

REFERENCES

1. Kovalenko G.V., Dudina I.V., Nazarova N.O. Optimization of prefabricated reinforced concrete structures on a probabilistic basis as a factor in reducing their material consumption. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki* [Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and engineering sciences]. 2018, V.1. pp. 156–160. (In Russian).

2. Kuznecov V.S., SHaposhnikova YU.A. The structure of the cost of materials in ribbed slabs with a variable section height. *Struktura stoimosti materialov v rebristyh plitah pri peremennoj vysote secheniya* [Inzhenerny Bulletin of the Don], 2022, no. 3 (87), pp. 421–432. (in Russian)

3. Tamrazyan A.G., Dolganov A.I., Kaleev D.I. et al. On the probabilistic assessment of the reliability of reinforced concrete multi-hollow floor panels. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstilnoj promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry], 2017, no. 4(370), pp. 267–271. (in Russian)

4. Yumasheva E.I., Sapacheva L.V. House-building industry and the social order of time. *Stroitelnye materialy* [Building materials], 2014, no. 10, pp. 3–11. (in Russian)

5. Al Karadi A. Production, efficiency and application of multi-hollow slabs in construction. *Tekhnologii betonov* [Tekhnologii betonov], 2014, no. 5(94), pp. 32–36. (in Russian)

6. Zemlyanskij A.A., ZHukov A.N., Bulavina D.A. Experience of full-scale testing of reinforced concrete ribbed slabs. *Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN* [Academic Bulletin UralNIIproekt RAASN], 2019, no. 4(43), pp. 79–82. (in Russian) DOI: 10.25628/UNIP.2019.43.4.014

7. Bosakov S.V., Mordich A.I., Simbirkin V.N. To increase the bearing capacity and rigidity of floors formed by multi-hollow slabs. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2017, no. 4, pp. 30–36. (in Russian)

8. Sergiu Călin, Ciprian Asăvoaie, N. Florea. Issues for Achieving an Experimental Model Concerning Bubble Deck Concrete Slab with Spherical Gaps. Gheorghe Asachi" Technical University of Iași Department of Concrete Structures, Building Materials, Technology and Management. 2016. 8 p.

9. BubbleDeck. Available at: <https://www.bubbledeck.com> (accessed 20 September 2022).

Об авторах:

ТОШИН Дмитрий Сергеевич

кандидат технических наук, доцент, доцент Центра архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. (8482) 54-63-08

E-mail: D.Toshin@tltsu.ru

TOSHIN Dmitry S.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Center for Architectural, Structural Solutions and Construction Management

Togliatti State University
445020, Russia, Samara region, Togliatti,
Belorusskaya str., 14,
tel. (8482) 54-63-08

E-mail: D.Toshin@tltsu.ru

ДОЛГОПОЛОВ Дмитрий Александрович

генеральный директор ООО «СПК-Центр»
Общество с ограниченной ответственностью
«СПК-Центр»

445032, Россия, г. Тольятти, ул. Свердлова, 72, кв. 94
E-mail: dmteta@mail.ru

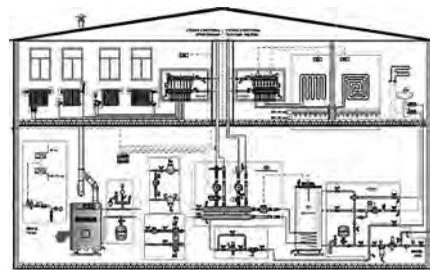
DOLGOPOLOV Dmitry A.

General Director
Limited Liability Company SPK-Center
445032, Russia, Samara Region, Tolyatti,
Sverdlova str., 72, apt. 94

E-mail: dmteta@mail.ru

Для цитирования: Тошин Д.С., Долгополов Д.А. Прочность, жесткость и трещиностойкость модели облегченной плитной конструкции со сферическими пустообразователями // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 10–16. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.2.

For citation: Toshin D.S., Dolgoplov D.A. Strength, Stiffness and Crack Resistance of a Lightweight Slab Structure Model with Spherical Void Formers. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 10–16. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.2.



В. И. КИЧИГИН

МАРГАНЕЦ: ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД? (ОБЗОР)

MANGANESE: BENEFIT OR HARM? (OVERVIEW)

Показано, что марганец (Mn) является крайне необходимым микроэлементом для всего живого на Земле. Превышение или недостаток этого нутриента от нормы приводит к тяжелым заболеваниям растений, животных и человека. Установлено, что до настоящего времени единая точка зрения на допустимое содержание в питьевой воде отсутствует. Оно изменяется от 0,05 мг/дм³ в Европе до 0,4 мг/дм³ в Сингапуре. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует предельно допустимую концентрацию марганца в питьевой воде в 0,5 мг/дм³, а желательную – 0,1 мг/дм³. В подземных водах характерно многократное превышение нормативов на питьевую воду, особенно в водах Западной Сибири и северных районах Европейской части РФ. Так, в подземных водах, связанных с месторождениями, его содержание может достигать 4 мг/дм³, связанных с месторождениями – выше 300 мг/дм³. В поверхностных водах наблюдаются концентрации марганца до 8 мг/дм³. В речных водах содержание марганца колеблется обычно от 0,001 до 0,160 мг/дм³.

Ключевые слова: марганец, избыток, недостаток, норма для растений, животных, человека, почвы и воды

Возвращаясь мысленно к полезным минералам и микроэлементам, мы, прежде всего, вспоминаем о кальции, железе и, в крайнем случае, о магнии или цинке. Но существуют вещества с менее известными свойствами, играющими важнейшую роль для живого организма. Одним из таких элементов является **марганец** (Mn) [1]. В химических соединениях этот элемент проявляет положительную валентность от 2 до 7. Кислотные свойства Mn усиливаются с увеличением его валентности. С кислородом Mn способен

It has been shown that manganese (Mn) is an essential trace element for all life on Earth. Excess or deficiency of this nutrient from the norm leads to severe diseases of plants, animals and humans. It has been established that so far there is no single point of view on the permissible content of Mn in drinking water. It varies from 0.05 mg/dm³ in Europe to 0.4 mg/dm³ in Singapore. The World Health Organization (WHO) recommends the maximum permissible concentration of manganese in drinking water at 0.5 mg/dm³, and the desired concentration is 0.1 mg/dm³. In groundwater, a multiple excess of drinking water standards is typical, especially in the waters of Western Siberia and the northern regions of the European part of the Russian Federation. Thus, in groundwater not associated with Mn deposits, its content can reach 4 mg/dm³, associated with deposits – above 300 mg/dm³. In surface waters manganese concentrations up to 8 mg/dm³ are observed. In river waters, the manganese content usually ranges from 0.001 to 0.160 mg/dm³.

Keywords: manganese, excess, deficiency, norm for plants, animals, humans, soil and water

образовывать ряд основных, амфотерных и кислотных окислов [2].

По содержанию в земной коре Mn занимает 10-е место, а в морской воде – 19-е [3]. В природе в чистом виде не встречается. В глубоководье океанов и морей его около 0,03 %. Это связано со свойством марганца растворяться в воде, которая его и уносит в моря и океаны [4]. Содержание марганца составляет 0,09–0,1 % массы земной коры при средней его концентрации: в земной коре – 1,0 мг/кг [5]; в горных породах – 350–2000. Среднее

его содержание в почвах оценивается в 0,085 % [6]. Преобладает Mn в почвообразующих породах [2]. Обычно находится в виде *солей, оксидов, гидроксидов, карбонатов, силикатов и комплексных ионов*. По данным работы [6] количество усвояемых его форм, переходящих в солянокислую или солевую форму, может быть явно недостаточно (среднее значение растворимой части в почвах составляет 1–10 % от общего его содержания). Считается [2], что оксиды представлены аморфными соединениями, но в некоторых видах почв обнаружены кристаллические разновидности.

Главным природным источником Mn в атмосфере является эрозия почвенных покровов. Содержание марганца, например, в почвах равнинной части России и стран СНГ колеблется от 0,1 до 4 г/кг почвы (в среднем это около 1 г/кг). Замечено, что различные виды почв значительно различаются по содержанию *общего и обменного* марганца. Так, содержание общего марганца может колебаться от 43 до 1800 мг/кг [2, 5]. В воздушную среду он поступает с промышленными выбросами и продуктами сгорания бензина [3]. В питьевой воде может быть от 1 до 100 мг/дм³ [7], а в продуктах питания – от 0,16 до 24,6 мг на 200 г продукта [1, 8] (таких как орехи, фрукты, злаки, чай и листовые овощи). Содержание марганца в растениях – от 0,001 до 0,01 % (по массе) [9]. Нет его только в белке куриного яйца и очень мало в молоке [10].

Соединения Mn меняют цветность в зависимости от степени окисления элемента в веществе. Так, соли Mn²⁺ – бледно-розовые, Mn³⁺ – вишневые, Mn⁴⁺ – черные, Mn⁵⁺ – синие, Mn⁶⁺ – зеленые, а Mn⁷⁺ – ярко-малиновые. Соединения марганца очень разнообразны по своим свойствам и возможностям. Например, перманганат калия (KMnO₄) оказывает антисептическое действие в медицине [3, 11]. Иногда раствор KMnO₄ применяют внутрь для окисления токсичных органических веществ в менее токсичные формы (например, морфин в оксиморфин), в комплексе с другими компонентами используют MnSO₄ и MnCl₂ для лечения анемии, а при больших кровопотерях – соединения марганца в сочетании с солями Cu²⁺ и Co²⁺ [11]. Оксид марганца (Mn₂O₇) является взрывчатым веществом [2]. Взрыв возможен и при соединении KMnO₄ с активными металлами и неметаллами в форме порошков и органических веществ (например азотом, алюминием, бором, кальцием, кремнием, магнием, серой, фосфором, хлором [4]). Как окислитель органических веществ перманганат калия используется для отбеливания льна, шерсти и для обесцвечивания растворов, а в санитарно-гигиенической практике – для определения величины окисляемости воды (питьевой, бытовых и промышленных сточных вод).

В общей структуре потребления свыше 90 % марганца используется в металлургии в виде различных марганцевых ферросплавов (в среднем 7–9 кг на 1 т стали). Так, в ферромарганце (сплаве Mn с Fe), используемом в качестве раскислителя и науглероживателя стали, может содержаться 25–35 % и даже 70–80 % марганца. Сталь Годфилда, используемая для изготовления ковшей экскаваторов, камнедробилок, шаровых мельниц, броневых листов, содержит 11–15 % Mn и 1–1,5 % углерода. Манганит (сплав 83 % Cu, 13 % Mn и 4 % Ni), обладающий высоким электросопротивлением, применяют для изготовления реостатов. Марганец используют для очистки стали от серы, при производстве хлора, его вводят в состав бронзы и латуни. Сплавы марганца и меди обладают высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Из этих сплавов делают лопатки турбин, а из марганцовистых бронз – винты самолетов и другие авиадетали [13]. Кроме того, марганец – *незаменимый микроэлемент для всего живого на Земле* [2–4, 6, 8–11, 12, 21, 23, 29, 31, 33].

Распределение марганца в толще почвы приведено в табл. 1. Наиболее высокое содержание наблюдается в почвах, богатых органическими веществами, оксидом и гидроксидом железа, но чаще всего Mn концентрируется в верхнем слое почвы, где он сорбируется органическими веществами [2].

В аэробных условиях марганец растворяется плохо. В щелочной среде растворимость снижается из-за образования гидроксидов. Основными барьерами на пути перемещения марганца в почве являются *щелочная среда, карбонаты*, а также *повышенное содержание гумуса*. Марганец образует соединения с гуминовыми веществами почв. Соединения марганца с фульвокислотами отличаются повышенной миграционной способностью и доступностью для растений. Отмечается [2], что направленность окислительно-восстановительных реакций с участием Mn зависит от деятельности микроорганизмов, участвующих в аккумуляции и окислении данного элемента.

Влияние марганца на человека

Этот микроэлемент необходим всем, он играет значительную роль в жизнедеятельности *всего живого на земле* (табл. 2). Только марганец является биогенным элементом и одним из десяти «металлов жизни», необходимых для нормального протекания процессов в живых организмах [19]. Влияние на организм человека двоякое – и положительное, и негативное. Он оказывает непосредственное влияние на работу половых желез и образование крови [14, 19], на развитие и процессы репродукции [4], уси-

Таблица 1

Содержание общего и подвижного марганца в почвах стран СНГ [2]

Тип почвы	Значения содержания, мг/кг, в почвах Mn*	
	общего	подвижного
Подзолистые песчаные	(40-330) / 170	(60-1700) / 590
Подзолистые глинистые	(230-7200) / 1270	(60-1700) / 590
Болотные	(50-1000) / 330	(190-640) / 320
Серые лесные	(149-3980) / 1000	(115-1360) / 460
Черноземы	(200-5600) / 840	(54-2100) / 430
Каштановые	(600-1270) / 960	(210-640) / 410
Засоленные	(400-1640) / 730	(130-840) / 420
Сероземы	(310-3800) / 790	-
Красноземы	(200-4000) / 1440	-
Горные	(100-650) / 1170	(60-1220) / 670

* – В числителе диапазон изменения содержания Mn, в знаменателе – среднее значение

ливаает рост [18]. Марганец активизирует многие ферменты [4, 6]: дипептидазы, аргиназу (связывание токсичного аммиака), карбоксилазу, каталазу, оксидазы, фосфатазы (совместно с магнием). Установлена связь марганца с обменом витаминов группы В, Е, С, холина, меди [4].

Содержание марганца в тканях у млекопитающих находится в диапазоне от 0,3 до 2,9 мг/г веса. У человека находится во всех органах и тканях [16], но распределен неравномерно [10]. Всего в организме может быть от 10 до 15–20 мг [1, 4, 11, 19]. В теле взрослого человека (70 кг) содержится 12–20 мг (1,6–10⁻⁵ %) марганца [10, 18, 19]. Одни считают [10, 11], что в основном он содержится в костях, печени, почках, поджелудочной железе и гипофизе (1–3 мг/кг). Другие утверждают [19], что «в организме человека больше всего марганца (до 0,0004 %) содержат сердце, печень и надпочечники». Третьи показывают [16], что наиболее богаты марганцем трубчатые кости и печень (в трубчатых костях на 100 г свежего вещества содержится 0,3 мг, а в печени – 0,170–205 мг). Четвертые отмечают, что марганец концентрируется в костях (43 %), остальное – в мягких тканях, в том числе и в мозге [11, 19].

Влияние Mn на жизнедеятельность очень разнообразно и сказывается главным образом на росте, образовании крови и функции половых желёз [19, 20]. В крови человека и большинства животных концентрация марганца составляет примерно 0,02 мг/дм³, а в крови овец – 0,06. Содержание марганца в крови имеет большое диагностическое значение. Так, при инфаркте миокарда и язвенной болезни двенадцатиперстной кишки его уровень всегда повышен, а у больных первичным раком и циррозом печени уровень марганца в крови весьма низок [10].

Суточная потребность организма человека в Mn зависит от *возраста* [4, 14], *гендерной принадлежности* [4, 12, 13] и *характера его трудовой деятельности* (люди, занятые тяжелым физическим трудом, нуждаются в большем количестве марганца [9]). Например, взрослому человеку необходимо от 2,0 до 5,0 мг [7, 9, 14], детям до года – от 0,003 до 0,6–1,0 мг [12, 13], от 1 года до 18 лет – от 1,2 до 2,2 мг [12–14].

В ряде публикаций [1, 4, 7, 16, 17] указано, что среднее потребление Mn находится в пределах от 1 до 10 мг/сут, установленные уровни потребности – 2–5 мг/сут, верхний допустимый уровень потребления 5 мг/сут, а физиологическая потребность для взрослых – 2 мг/сут. У 97–98 % взрослых здоровых людей потребность в марганце составляет 2,0–2,3 мг/сут для мужчин и 1,8–2,0 – для женщин [13]. Считается [18], что для детского организма необходимо в сутки 0,2–0,3 мг Mn на 1 кг веса тела, а для взрослого – 0,1. Ориентировочные показатели суточных норм потребления Mn приведены в табл. 3.

В воде Mn растворяется и поглощает водород. Он важен для образования крови, метаболизма различных веществ, активации ферментов. Биологическая роль марганца в организме выполняется только его двухвалентной Mn (II) и трехвалентной Mn (III) формами. Всасывание Mn происходит в тонком кишечнике, откуда он в количестве 5 % поступает в кровь и по воротной вене достигает печени – главного депо элемента в теле. Остальные 95 % марганца выводятся с калом и немного с мочой. Кроме печени, значительные отложения Mn присутствуют в почках, поджелудочной железе, печени, миокарде, мозге [4].

Таблица 2

Влияние марганца на человека [4, 9, 12, 13, 16, 18, 19–23]

Функции, выполняемые марганцем в организме человека
1. Принимает участие в продуцировании и обмене нейромедиаторов в ЦНС, способствует ее формированию
2. Усиливает действие инсулина за счет синтеза гормонов поджелудочной железы
3. Препятствует окислению свободными радикалами, развитию онкологии, преждевременному старению, поддерживает устойчивость структуры клеточных мембран
4. Способствует образованию и нормальному функционированию соединительной мышечной ткани
5. Повышает функциональную активность щитовидной железы при синтезе гормона – тироксина
6. Обеспечивает формирование нормальной структуры костей, развитие соединительной ткани, хрящей (особенно во время роста организма)
7. Вовлечен в регуляцию уровня сахара в крови, повышая поглощение клеткой глюкозы
8. Участвует в синтезе жирных кислот, способствует снижению уровня липидов в организме, усиливает процесс утилизации жиров и углеводов
9. Входит в структуру ферментов, катализирующих биохимические реакции, отвечающие за обезвреживание и выведение некоторых токсичных продуктов обмена веществ из организма; дыхание тканей
10. Улучшает антиоксидантные свойства организма и работоспособность нервной системы
11. Уменьшает содержание глюкозы в крови, улучшая ее усвоение тканями, поддерживает факторы свертывания крови
12. Препятствует жировой дегенерации печени, содействует отложению гликогена в печени, синтезу холестерина и превышению его определенного уровня в крови
13. Координирует обмен витаминов группы В, Е, С, холина, меди
14. Способствует обеспечению полноценной репродуктивной функции, поддерживая работу мужских и женских половых гормонов; предупреждает бесплодие, помогает формированию плода, улучшает лактацию; улучшает менструальный цикл
15. Содействует нормализации энергетического баланса за счет активации ферментативной деятельности
16. Улучшает работу иммунной системы (необходим для синтеза интерферона)
17. Защищает стенки артерий, делая их устойчивыми к образованию атеросклеротических бляшек

Таблица 3

Суточная норма потребления марганца [12, 13]

Возраст потребителей	Рекомендованная норма потребления, мг/сут		Возраст и состояние потребителей	Рекомендованная норма потребления, мг/сут	
	мужчины	женщины		мужчины	женщины
0-6 мес.	0,003	0,003	От 18 лет	2,3	1,8
6-12 мес.	0,6	0,6	Старше 30 лет	2,0	2,0
1-3 лет	1,2	1,2	Старше 60 лет	2,0	2,0
4-8 лет	1,5	1,5	Беременные (2-я половина)	-	2,0-2,2
9-13 лет	1,9	1,6	Кормящие (1-6 мес.)	-	2,6-2,8
14-18 лет	2,2	1,6	Кормящие (7-12 мес.)	-	2,6-2,8

Уровень, приводящий к дефициту Mn, оценивается в 1 мг/сут [9]. Соблюдая разнообразное меню, богатое овощами, обрести дефицит Mn практически невозможно. Наиболее распространенной причиной развития дефицита может стать нарушение всасывания полезных веществ из пищи. Марганец влияет на процессы кроветворения. При недостатке Mn развивается анемия, связанная с нехваткой эритроцитов [10]. Избыточный прием *фосфора, кальция, меди*

(и особенно *железа*) снижает усвоение марганца, поэтому его рекомендуется принимать с *цинком* [16]. В то же время большие дозы марганца делают недоступным для организма другой очень важный микроэлемент – *медь*, что также приводит к анемии [10]. Появление признаков гипертонии, ухудшение работы сердца, боли в костях, повышение холестерина, ухудшение зрения, слуха и памяти – это признаки недостатка в организме. Очень сильный дефицит

минерала может привести к женскому бесплодию, остеопорозу, раку поджелудочной железы, кардиологическим проблемам [1].

Применение марганца в дозах выше 11 мг в сутки не рекомендуется [1, 4, 13, 16]. Токсической дозой для человека считается 40 мг марганца в день [4, 14, 16], при которой появляется снижение аппетита, угнетение роста, нарушение метаболизма железа и работы мозга. Отрицательное влияние марганца в первую очередь сказывается на функционировании центральной нервной системы. Его избыточное накопление проявляется в виде постоянной сонливости, ухудшения памяти, повышенной утомляемости. Марганец является политропным ядом, ко-

торый оказывает вредное воздействие на работу легких, сердечнососудистой системы, может вызвать аллергический или мутагенный эффект и заболевание костной системы [12]. Летальная доза перманганата калия для взрослых при приеме внутрь считается 0,3–0,5 г/кг веса тела.

Отравление марганцем может происходить при употреблении питьевой воды с избыточным содержанием марганца либо при повышенной концентрации марганца в воздухе (например, при работе сварщиков и рабочих в ферросплавной промышленности и производстве аккумуляторов) [7]. Симптомы, указывающие на дефицит или избыток марганца, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Признаки дефицита и избытка марганца в организме человека [4, 7, 9, 13, 16, 18]

Основные проявления <i>дефицита</i> марганца	Основные проявления <i>избытка</i> марганца
<ol style="list-style-type: none"> 1. Нарушение функции кроветворения, анемии, снижение уровня «полезного» холестерина в крови 2. Нарушение толерантности к глюкозе, развитие диабета I типа 3. Нарастание избыточного веса, ожирение 4. Развитие атеросклероза, гипертонии, ревматоидного артрита, сердечнососудистых расстройств 5. Нарушение панкреатической функции, зрения (катаракта) и слуха, ухудшение ориентации в пространстве 6. Утомляемость, слабость, головокружение, раздражительность, депрессионное состояние 7. Ухудшение процессов мышления, способности к быстрым решениям, снижение памяти, замедление развития у детей 8. Нарушение сократительной способности мышц, двигательных функций, спазмы, судороги, тремор боли в мышцах 9. Дегенеративные изменения суставов, склонность к растяжениям и вывихам, окостенения во всем скелете, трубчатые кости утолщаются и укорачиваются 10. Истончение зубной эмали, задержка роста ногтей и волос 11. Нарушения пигментации кожи, появление мелкой чешуйчатой сыпи, витилиго 12. Расстройство иммунитета, возникновение аллергических реакций, интенсивное потоотделение, частые простудные и инфекционные заболевания 13. Нарушение репродуктивной функции яичников и яичек, бесплодие, заболевание молочной железы, ранний климакс, остеопороз в климактерическом периоде, преждевременное старение 14. Повышение вероятности онкологических заболеваний 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вялость 2. Утомляемость 3. Сонливость 4. Заторможенность 5. Снижение памяти 6. Депрессия 7. Нарушения мышечного тонуса 8. Парестезии 9. Замедленность и скованность движений 10. Нарушения походки 11. Снижение мышечного тонуса 12. Атрофия мышц 13. Паркинсонизм, энцефалопатия 14. Диффузное узелковое поражение легких 15. Развитие манганокониоза (при вдыхании пыли) 16. Тяжелое нарушение психики (галлюцинации, гипермоторика, гиперраздражительность)

Считается [9, 13, 17], что абсорбция марганца из пищевого рациона составляет 3–5 %, но не более 10 %. Известно, что усвоение марганца возрастает при низком его потреблении, но причины этого пока не изучены. Исследования показали, что процент поглощаемого марганца гораздо выше у детей, чем у взрослых [13]. Экспериментами с лабораторными животными и наблюдениями на человеке установлено [8], что 1–5 % Mn поступает в организм через абсорбцию в желудочно-кишечном тракте. Не абсорбированная в желудке часть Mn абсорбируется в тонком кишечнике.

После проникновения ионов Mn в кровь они быстро проникают во все ткани и в значительной степени концентрируются в костях, печени, поджелудочной железе, почках и мозге. При этом наиболее высокая концентрация Mn наблюдается в печени, где его большая часть поглощается, а некоторая выделяется в желчь. Считается [8], что ионы Mn^{3+} легче проходят через печень и поступают в другие органы по сравнению с ионами Mn^{2+} , которые быстро выводятся из крови и выделяются с желчью. Всосавшийся с пищей марганец поступает с кровью в печень, где он отлагается, а затем выводится из организма вместе с калом, потом и мочой [13, 19].

Особенно интенсивно марганец накапливается в печени в последние три месяца эмбриональной жизни. Благодаря этому запасу, грудной ребенок безболезненно переносит относительный недостаток марганца во время кормления его бедным марганцем материнским молоком [18]. Более низкая масса тела при рождении наблюдалась у детей, родившихся у матерей, концентрация марганца в крови которых была ниже средней. Низкие концентрации марганца в крови у детей приводят к снижению показателей когнитивной гибкости и скорости обработки информации [7].

В работе [13] отмечено, что фактов отравления человека марганцем из пищевых продуктов выявлено не было, но зафиксированы случаи острой интоксикации производственной марганцевой пылью, поступающей в кровь через дыхательные пути. Показано [8], что вдыхание и последующее осаждение Mn в лёгких зависит от размеров, плотности, массы, состава и растворимости его частиц, а отравление парами Mn приводит к развитию марганцевой пневмонии и отёку лёгких. Однако появлению симптомов при хроническом отравлении должно предшествовать несколько лет [16].

При нормальных условиях марганец попадает в организм человека в основном с растительной и животной пищей. Больше всего его содержится в говяжьей печени, мясе, ростках

пшеницы, орехах, бобовых, чернике, крупах, муке (особенно грубого помола), шпинате, чесноке, листьях свеклы, ананасе и ряде грибов [1, 4, 14]. По данным работы [1] типичный рацион «мясоедов» содержит примерно 2–7 мг марганца в сутки, «травоядные» способны ежедневно обеспечивать себя почти 10 мг Mn. Таким образом, здоровому человеку отравиться марганцем из продуктов питания практически нереально, так как верхний допустимый уровень потребления для взрослых – 11 мг в сутки [1, 4, 13, 16]. Диетологи рассчитали, что наиболее адекватная дневная доза марганца составляет 2 мг на 2000 килокалорий [1].

Содержание марганца в водоисточниках

Марганец поступает в *поверхностные* воды в результате выщелачивания минералов: железомарганцевых руд, пиролюзита, псиломелана, браунита, манганита и черной охры [24, 25]. Значительные количества Mn поступают в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений. Соединения марганца выносятся в водоемы со стоками и дымовыми выбросами марганцевых обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и с шахтными водами [24, 25]. Mn мигрирует в окружающей среде с частичками промышленной пыли. При попадании в почву он подвергается биологическому окислению или восстановлению в форме Mn^{2+} или Mn^{4+} , что зависит от величины pH, аэрации почвы, ее температуры. Затем он оказывается в воде. Вполне возможно поступление марганца в водоемы как со стоками сельскохозяйственных ферм, так и с поверхностными стоками с полей, обрабатываемых комплексными минеральными удобрениями.

В поверхностных водах соединения марганца мигрируют вместе с *взвешенными веществами*, состав которых зависит от состава пород, дренируемых водами, а также *в виде коллоидных гидроксидов* тяжелых металлов с сорбированными соединениями марганца. Существенное значение на миграцию Mn в растворенной и коллоидной формах имеют органические вещества и процессы комплексообразования марганца с неорганическими и органическими лигандами. Так, двухвалентный марганец способен образовывать *растворимые комплексы* с бикарбонатами и сульфатами (комплексы Mn с Cl⁻ встречаются редко). Комплексные соединения Mn^{2+} с органическими веществами обычно менее прочны, чем с другими переход-

ными металлами. К ним относятся соединения с аминами, органическими кислотами, аминокислотами и гумусовыми веществами. Mn (III) в повышенных концентрациях может находиться в растворенном состоянии только в присутствии сильных комплексообразователей, Mn (VII) в природных водах не встречается [26].

Марганец в природной воде присутствует преимущественно в виде углеводов, сульфатов, хлоридов (редко), гумусовых соединений и иногда фосфатов. Он находится в растворимых комплексах с бикарбонатами ($Mn(HCO_3)_2$) и сульфатами ($MnSO_4$). С органическими и неорганическими лигандами комплексообразующая способность Mn^{2+} невелика. Марганец образует соединения, имеющие различные свойства в зависимости от своей валентности.

Он окисляется до Mn^{3+} и Mn^{4+} кислородом или другими окислителями, а затем гидролизуется в виде $Mn(OH)_3$ и $Mn(OH)_4$, растворимость которых в воде при $pH > 7$ не превышает 0,01 мг/дм³. При $pH > 9,5$ Mn^{2+} окисляется достаточно быстро. Образование труднорастворимых оксидных и гидроксидных соединений идет по схеме окислительных преобразований:



Процесс окисления облегчается резким уменьшением электродного потенциала реакции при увеличении pH среды. Марганец принадлежит к числу элементов, у которых более окисленные формы являются менее растворимыми. В маломинерализованных кислородсодержащих подземных водах с различными концентрациями органических веществ преобладают простые катионные формы Mn^{2+} (более 90 %). В нейтральных и слабощелочных водах, имеющих высокие суммарные концентрации $[HCO_3^-]$ и $[CO_3^{2-}]$, часть марганца представлена комплексными соединениями.

Роль марганца в жизни высших растений и водорослей водоемов весьма велика. Марганец способствует утилизации CO_2 растениями, чем повышает интенсивность фотосинтеза, участвует в процессах восстановления нитратов и ассимиляции азота растениями. Способствуя переходу активного Fe^{2+} в Fe^{3+} , марганец предохраняет клетку от отравления и ускоряет рост организмов [5]. Концентрация марганца в поверхностных и подземных водах изменяется по сезонам. Факторами, определяющими изменения концентраций марганца, являются соотношение между поверхностным и подземным стоком, интенсивность потребления его при фотосинтезе, разложение фитопланктона, микроорганизмов и высшей водной растительности, а также процессы осаждения его на дно водных объектов [26]. В речных

водах содержание марганца колеблется обычно от 1 до 160 мкг/дм³, в подземных – $n \cdot 10^2$ – $n \cdot 10^3$ мкг/дм³, среднее содержание в морских водах составляет 2 мкг/дм³ [27].

Снижение концентрации ионов марганца в природных водах может произойти в результате окисления иона Mn до MnO_2 и других, выпадающих в осадок высоковалентных оксидов. Реакцию окисления Mn определяют: величина pH, концентрация растворенного кислорода и температура воды. Содержание растворенных соединений марганца понижается и за счет утилизации их водорослями [24, 25]. Для водоемов санитарно-бытового использования установлена величина ПДКв (по иону марганца), равная 0,1 мг/дм³ [10]. При повышении концентрации марганца в воде водоемов с 0,1 до 10 мг/дм³ происходит заметное снижение темпов самоочищения водоемов. Доказано [28–32], что соединения марганца оказывают общетоксичное и мутагенное действие на человека, поэтому содержание Mn в воде не должно превышать 0,05–0,1 мг/дм³.

Помимо органов дыхания и пищеварения, марганец попадает в организм человека и с водой. Однако до настоящего времени единая точка зрения на допустимое содержание Mn в питьевой воде отсутствует (табл. 5). Например, СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» устанавливает его предельное содержание в питьевой воде в 0,1 мг/дм³, в Европе и ряде других стран – не более 0,05 мг/дм³ [14, 33, 34], в Сингапуре – до 0,4 мг/дм³ (табл. 6). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует предельно допустимую концентрацию марганца в питьевой воде в 0,5 мг/дм³ [11, 14], а желательную – 0,1 мг/дм³ [33, 34].

Существующие технологии и сооружения для очистки воды из поверхностных и подземных источников рассчитаны (как правило) только на извлечение из них взвешенных веществ и загрязнений коллоидной степени дисперсности. Барьерная роль таких сооружений по отношению к растворенным химическим загрязнениям антропогенного происхождения крайне низка. Традиционно действующие водные технологии (хлорирование, коагуляция, отстаивание и фильтрование) не только не могут обеспечить удаление растворенных химических загрязнений, но в ряде случаев способствуют образованию (даже накоплению некоторых соединений (например, образованию ряда хлорорганических соединений при первичном хлорировании поверхностных вод [27])).

С водой человек получает до 25 % суточной потребности химических веществ, до 20 %

Таблица 5

Нормирование концентрации Mn в питьевой воде различных стран [35, табл. 1]

Показатель	Значение показателя
Рекомендуемая ВОЗ величина	0,1 мг/дм ³ (не уст. в 4-м изд.)
ПДК, рекомендуемая ВОЗ, для здоровья	0,4 мг/дм ³
Количество стран, устанавливающих нормативную величину	103 из 104
Количество стран с нормативной величиной выше рекомендованной ВОЗ	19
Количество стран с нормативной величиной, рекомендованной ВОЗ	11
Количество стран с нормативной величиной ниже рекомендованной ВОЗ	73
Максимальное значение, мг/дм ³	0,5
Среднее значение, мг/дм ³	0,1
Минимальное значение, мг/дм ³	0,05

суточной дозы кальция, до 25 %, магния, до 50–80 % фтора, до 50 % йода [20–22]. Положительное и отрицательное влияние марганца на здоровье человека показано в табл. 5–8, т. е. воздействие водного фактора на здоровье населения – факт неопровержимый [21–23, 36]. К сожалению, по средней продолжительности жизни население России отстает от промышленно развитых стран, что в значительной степени связано с негативным влиянием на организм человека химического состава потребляемой питьевой воды.

В водах, используемых для питьевого водоснабжения большинства российских регионов,

Таблица 6

Сравнение международных и национальных стандартов по концентрации Mn в питьевой воде [33]

Страна	Нормативный показатель, мг/дм ³
РФ	0,1
ВОЗ	0,1
ЕС	0,05
США	0,05
Япония	0,05
Канада	0,05
Финляндия	0,05
Великобритания	0,05
Австралия	0,1
Китай	0,1
Сингапур	0,4
Нигерия	0,2

наиболее часто обнаруживаемыми растворенными загрязнителями являются железо, марганец и кремний. Методы очистки таких вод либо довольно дороги, продолжительны и требуют значительного количества реагентов, либо энергоемки и часто сопровождаются образованием вторичных загрязнений. Детальное изложение этой проблемы приведено, например, в работах [5, 24, 25, 27, 37–43].

В подземных водах большинства регионов страны характерно многократное превышение нормативов на питьевую воду [42]. Так, в подземных водах, не связанных с месторождениями Mn, его содержание может достигать 4 мг/дм³ (см., например, г. Салехард (табл. 7) [37–39]), связанных с месторождениями, – до 300 мг/дм³ и выше. В поверхностных водах концентрация марганца может достигать до 8 мг/дм³ [28]. В речных водах содержание марганца колеблется от 0,001 до 0,160 мг/дм³, среднее содержание в морских водах составляет 0,002 мг/дм³ [29–32]. Для водоемов санитарно-бытового использования установлена ПДК (по иону Mn), равная 0,1 мг/дм³, ПДК_{вр} – 0,01 мг/дм³ (ЛПВ – токсикологический) [27]. Фактическая концентрация марганца в воде ряда районов страны приведена в табл. 7.

Более жесткие требования к содержанию марганца в воде представляют некоторые производства (бумаги, текстиля, пластмасс, синтетических волокон и др.) [43]. При наличии в воде марганца образуется осадок Mn(OH)₄, который (часто совместно с соединениями железа), отлагается, например, в трубах, арматуре или остается в виде пятен на ряде изделий и материалов [27].

Выводы. 1. Показано, что марганец является крайне необходимым микроэлементом для всего живого на Земле. Превышение или недостаток этого нутриента от нормы приводит

Таблица 7

Цветность и содержание марганца в природной подземной воде

Населенный пункт	Цветность воды, град	Концентрация Mn, мг/дм ³	Первоисточник
Первая группа подземных вод (цветность до 30 град)			
п. Беломорье (Архангельская обл.)	0-10	0,4-0,7	[39, табл. 1; 40, табл. 1; 44, табл. 1]
Академгородок (Новосибирская обл.)	3-5	0,3-0,5	[38, 39]
г. Черепанов (Новосибирская обл.)	3-6	0,3-0,9	[38, 39]
Краснодар	2,0-10	0,1-0,34	[44, табл. 1]
г. Пермь	5-10	0,05-0,4	[39, табл. 1]
Салым I	12	До 0,01	[41, табл. 1]
Кемеровская обл.	12	0,54	[37, табл. 1]
г. Салехард (водозабор)	3-19	0,8-3,8	[39, табл. 1; 40, табл. 1; 44, табл. 1]
г. Томск	7-19	0,2-1,3	[38, 39]
Кемеровская обл. (Пугачевский водозабор)	3-21	0,03-1,8	[66, табл. 1]
Куть-Ях	24-25	До 0,037	[41 табл. 1]
Сингапай	25	-	[41, табл. 1]
г. Краснодар	0,4-28	0,1-0,24	[66, табл. 1]
г.Краснодар (Компрессорный з-д)	9-20	0,1-0,24	[40, табл.1]
Сентябрьский	16-28	-	[41, табл. 1]
г. Салехард (мыс Корчаги)	10-31	0,0-1,4	[40, табл. 1; 44, табл. 1]
Вторая группа подземных вод (цветность от 30 до 60 град)			
Чеускино	35	0,04	[41, табл. 1]
г. Стрежевой (Томская обл.)	19-36	0,1-0,6	[38, 39]
г. Салехард (мыс Корчаги)	10-40	0,3-1,4	[37, табл. 1; 44, табл. 1]
Салым II	35	0,04	[41, табл. 1]
Лемпино	25-40	-	[41, табл. 1]
г. Салехард (Ханты-Мансийский АО)	30-38	0,8-3,8	[38, 39]
Пойковский	38-40	-	[41, табл. 1]
г. Кемерово	7-43	0,1-0,3	[38, 39]
Юганская Обь	45	-	[41, табл. 1]
Сивьсь-Ях	34-60	-	[41, табл. 1]
Третья группа подземных вод (цветность более 60 град)			
Нефтеюганск	36-64	1,5-2,0	[37, табл. 1]
п. Промышленная (Кемеровская обл.)	9-62	0,6-1,4	[38, 39]
г. Рубцовск (Алтайский край)	15-65	0,1-3,8	[38, 39]
г. Усть-Юган	40-75	-	[41, табл. 1]
п. Каркатеевы	63-77	-	[41, табл. 1]
г. Салехард (городской водозабор)	5-90	0,1-4,0	[37, табл. 1]
Пыть-Ях	70-130	1,5-4,0	[37, табл. 1]
г. Мегион (Тюменская обл.)	50-300	0,03-0,1	[40, табл. 1; 44, табл. 1]
	100-400	0,015-0,03	[37, табл. 1]
	200-400	0,1-0,6	[38, 39]

к тяжелым заболеваниям растений, животных и человека.

2. Установлено, что до настоящего времени единая точка зрения на допустимое содержание Mn в питьевой воде отсутствует. Она изменяется от 0,05 мг/дм³ в Европе и ряде других стран до 0,4 мг/дм³ в Сингапуре. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует предельно допустимую концентрацию марганца в питьевой воде в 0,5 мг/дм³, а желательную – 0,1.

3. В подземных водах характерно многократное превышение нормативов на питьевую воду, особенно в водах Западной Сибири и северных районах Европейской части РФ. Так, в подземных водах, не связанных с месторождениями, его содержание может достигать 4 мг/дм³; связанных с месторождениями, – до 300 и выше. В поверхностных водах наблюдаются концентрации марганца до 8 мг/дм³. В речных водах содержание марганца колеблется обычно от 0,001 до 0,160 мг/дм³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тедеева М. Е.* Продукты питания богатые марганцем [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://foodandhealth.ru/mineraly/produkty-pitaniya-bogatye-marganecem/> (дата обращения: 23.01.2022).
2. Марганец: справочник [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.pesticide.ru/active_nutrient/manganese (дата обращения: 05.02.2022).
3. *Сивицкий Н.В.* Значение марганца в жизни животных, человека и растений / Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. Лаборатория СХиТМИ [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://morgeoz.by/stati/znaheniemarganca-v-zhizni-zhivotnyh-cheloveka-i-rasteniy> (дата обращения: 05.02.2022).
4. Марганец (Mn) – роль в организме, симптомы недостатка, источники [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://medicina.dobro-est.com/marganets-mn-rol-v-organismе-simptomyi-nedostatka-istochniki.html#respon/author/palladin> (дата обращения: 05.02.2022).
5. *Пузачев Е.А.* Технология эффективного водопользования в промышленности: монография. М.: Изд-во АСВ, 2011. 176 с.
6. Соединения марганца в биологических системах // Биологическая роль марганца [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://knowledge.allbest.ru/biology/c-2c0a65635a2bd68a4c43a88521316c37.html/> (дата обращения: 05.02.2022).
7. Марганец [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://sgon.rospotrebнадzor.ru/content/ostalnoe/marganec> (дата обращения: 03.02.2022).
8. *Котельникова О.* Влияние марганца на организм человека и животных / НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН. Новокузнецк [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/040/744.php> (дата обращения: 05.02.2022).
9. Марганец: крепкие нервы, хорошее настроение [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.pharmacognosy.com.ua/index.php/makro-i-mikro-chudesa/marganets-krepriye-nervy-khorosheje-nastroenje> (дата обращения: 23.01.2022).
10. Значение микроэлементов для человека, животных и растений [Электронный ресурс] Режим доступа: https://all-begonias-tamaravn.blogspot.com/2018/11/blog-post_7.html (дата обращения: 05.02.2022).
11. *Саликова И.И.* Марганец его роль в биологии, медицине и фармации [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://topuch.ru/referat-marganec-ego-role-v-biologii-medicine-i-farmacii/index.html> (дата обращения: 05.02.2022).
12. Биологическая роль и значение марганца для организма [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://moydietolog.ru/marganets> (дата обращения: 23.01.2022).
13. Биологическая роль марганца – 2022 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pricormi.ru/poleznye-veshchestva/marganec-polza.html> (дата обращения: 23.01.2022).
14. Влияние марганца на организм человека: вред или польза? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.BWT.ru/usefil-info/vliyanie-margantsa-na-organizm-cheloveka-vred-ili-polza> (дата обращения: 24.01.2022).
15. Марганец в жизни растений [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://UniversityAgro.ru/agrokhimija/marganecvye-udobreniya> (дата обращения: 22.01.2022).
16. Марганец в организме человека [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://properdiet.ru/mineralnye-veshchestva/60-marganec-v-organizme-cheloveka> (дата обращения: 23.01.2022).
17. МР 2.3.1.2432-08. Физиологическая роль марганца в организме: методические рекомендации «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».
18. *Тменова А.О., Кубалова Л.М.* Биологическая роль марганца и его соединений // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7 (ч 2). С. 92–92.
19. Физиологическая роль марганца... [Электронный ресурс] Режим доступа: https://elm.su/articles/micro/fiz_role_Mn.html (дата обращения: 23.01.2022).
20. Влияние загрязняющих веществ питьевой воды на здоровье человека. 2006 [Электронный ресурс] Режим доступа: www.aquacottage.com (дата обращения: 23.01.2022).
21. *Борзунова Е.А., Кузьмин С.В., Акрамов Р.Л., Киямова Е.Л.* Оценка влияния качества питьевой воды на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2007. № 3. С. 32–34.
22. *Коковкин В.В., Сухоруков Ф.В., Шуваева О.В.* и др. Химический состав источников питьевых вод

Прибайкалья как фактор риска повышенной заболеваемости местного населения // Сибирский экологический журнал. 2008. № 4. С. 61–63.

23. Морозова Е.В., Авдеева Т.Г. Влияние состава питьевой воды на состояние здоровья детей [Электронный ресурс] Режим доступа: www.o8ove.ru (дата обращения: 03.02.2022).

24. Поконова Ю.В. Эффективные адсорбенты для очистки и выделения из водных растворов тяжелых металлов. Л., 1991. 24 с.

25. Щербатюк Т.А. Доочистка подземных вод от марганца // Дальневост. конф. молодых ученых. Кн. 2. Владивосток, 1997. С. 271–272.

26. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / пер. с англ. Д.В. Гринчука [и др.]; под ред. Ю.Е. Саета. М.: Мир, 1987. 285 с.

27. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод. М.: Высшая школа, 1987. 479 с.

28. Вредные вещества в окружающей среде. Элементы V–VIII группы периодической системы и их неорганические соединения: справ.-энц. изд. / под ред. В.А. Филова и др. СПб.: НПО «Профессионал», 2006, 2007. 452 с.

29. Вредные вещества в промышленности: справочник. Изд. 7-е, пер. и доп. Т. 3 / под ред. Н.В. Лазорев. Л.: Химия, 1977. 608 с.

30. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу: справ. изд. Я.М. Грушко. Л.: Химия, 1987. 192 с.

31. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу: справ. изд. Я.М. Грушко. Л.: Химия, 1979. 160 с.

32. Грушко Я.М. Ядовитые металлы и их неорганические соединения в промышленных сточных водах. М.: Медицина, 1972. 165 с.

33. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлов Р.И. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы // Гигиена и санитария. 2014. № 2. С. 5–18.

34. Сравнение ПДК вредных веществ в странах ЕС [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://atalasta.com/index/fag/pdk-zagryaznyushhix-vehhestv/sravnenie-pdk-vrednyix-veshhestv-stranax-es> (дата обращения: 20.02.2022).

35. Башкетова Н.С., Выучейская Д.С., Сладкова Ю.Н. и др. Регулирование качества питьевой воды. Сравнение национальных и международных стандартов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/regulirovanie-kachestva-pitievoy-vody-sravnenie-natsionalnyh-i-mezhdunarodnyh-standartov> (дата обращения: 21.02.2022).

36. СП 2.1.5.761-99. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного-бытового водопользования. Дополнение № 1 к ГН 2.1.5.689-98 и ГН 2.1.5.690-98.

37. Алексеева Л.П., Драгинский В.Л. Очистка подземных вод городов Тюменского региона // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 10. С. 9–12.

38. Болдырев К.А., Кузьмин В.В., Куранов Н.П., Билек Ф. Геохимическое моделирование внутриводоснабжения и деманганации подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 4. С. 49–55.

39. Драгинский В.Н., Алексеева Л.П. Очистка подземных вод от соединений железа, марганца и органических загрязнений // Водоснабжение и санитарная техника. 1997. № 12. С. 16–19.

40. Драгинский В.Н., Алексеева Л.П. Очистка подземных вод от соединений железа, и марганца // Химия в интересах устойчивого развития. 1997. Т.5. С. 375–382.

41. Драгинский В.Н., Алексеева Л.П., Баландин С.Г. Реагентная обработка подземных вод на примере Нефтеюганского района // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 8. С. 3–7.

42. Николадзе Г.А. Обработка подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд // Водоснабжение и санитарная техника. 1998. № 6. С. 4–9.

43. Прада М.А. Разработка методов очистки воды от соединений железа и марганца: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1986. 16 с.

44. Алексеева Л.П., Курова Л.В., Алексеев С.Е. Особенности применения реагентных методов в технологии очистки подземных вод от соединений марганца // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 10. С. 12–20.

REFERENCES

1. Tedeeva M.E. Foods rich in manganese. Available at: <https://foodandhealth.ru/mineraly/produkty-pitaniya-bogatye-margancem> (accessed 23 January 2022).

2. Manganese. Reference book. Available at: https://www.pesticide.ru/active_nutrient/manganese (accessed 5 February 2022).

3. Sivitsky N.V. The importance of manganese in the life of animals, humans and plants. *Minskij oblastnoj centr gigieny, jepidemiologii i obshhestvennogo zdorov'ja. Laboratorija SHITMI* [Minsk Regional Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health. SCHEMMI Laboratory]. (in Russian) Available at: <https://morgeoz.by/stati/znanenie-marganca-v-zhizni-zhivotnyh-cheloveka-i-rasteniy> (accessed 5 February 2022).

4. Manganese (Mn) – role in the body, symptoms of deficiency, sources. Available at: <https://medicina.dobro-est.com/marganets-mn-rol-v-organisme-simptomyi-nedostatka-istochniki.html#respon/author/palladin> (accessed 5 February 2022).

5. Pugachev E.A. *Tehnologija jeffektivnogo vodopol'zovaniya v promyshlennosti* [Technology of efficient water use in industry]. Moscow, Publishing House ASV, 2011. 176 p.

6. Manganese compounds in biological systems. *Biologicheskaja rol' marganca* [The biological role of man-

ganes]. (in Russian) Available at: <https://knowledge.allbest.ru/biology/c-2c0a65635a2bd68a4c43a88521316c37.html> / (accessed 5 February 2022).

7. Manganese. Available at: <http://cgon.rosпотребнадзор.ru/content/ostalnoe/marganec> (accessed 3 February 2022).

8. Kotelnikova O. The effect of manganese on the human body and animals. *NII kompleksnyh problem gigieny i professional'nyh zabolevanij SO RAMN* [Research Institute of Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases of the SB RAMS], Novokuznetsk. (in Russian) Available at: <https://pandia.ru/text/78/040/744.php> (accessed 5 February 2022).

9. Manganese: strong nerves, good mood. Available at: <http://www.pharmacognosy.com.ua/index.php/makro-i-mikro-chudesa/marganets-krepriye-nervy-khorosheje-nastroenije> (accessed 23 January 2022).

10. The value of trace elements for humans, animals and plants. Available at: https://all-begonias-tamaravn.blogspot.com/2018/11/blog-post_7.html (accessed 5 February 2022).

11. Salikova I.I. Manganese its role in biology, medicine and pharmacy. Available at: <https://topuch.ru/referat-marganec-ego-role-v-biologii-medicine-i-farmacii/index.html> (accessed 5 February 2022).

12. Biological role and significance of manganese for the body. Available at: <http://moydietolog.ru/marganets> (accessed 23 January 2022).

13. The biological role of manganese – 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://pricormi.ru/poleznye-veshchestva/marganec-polza.html> (accessed 23 January 2022).

14. The effect of manganese on the human body: harm or benefit? Available at: <https://www.BWT.ru/usefil-info/vliyanie-margantsa-na-organizm-cheloveka-vred-ili-polza> (accessed 24 January 2022).

15. Manganese in plant life. Available at: <https://UniversityAgro.ru/агрохимия/марганцевые-удобрения> (accessed 22 January 2022).

16. Manganese in the human body. Available at: http://properdiet.ru/mineralnye_veshhestva/60-marganec-v-organizme-cheloveka (accessed 23 January 2022).

17. МР 2.3.1.2432-08. The physiological role of manganese in the body. Methodological recommendations “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation”. (In Russian)

18. Tmenova A.O., Kubalova L.M. The biological role of manganese and its compounds // [Modern high-tech technologies], 2014, no. 7, pp. 92–92. (in Russian)

19. The physiological role of manganese. Available at: https://elm.su/articles/micro/fiz_role_Mn.html (accessed 23 January 2022).

20. The influence of pollutants of drinking water on human health. 2006. Available at: www.aquacottage.com (accessed 23 January 2022).

21. Borzunova E.A., Kuzmin S.V., Akramov R.L., Kiyamova E.L. Assessment of the impact of drinking wa-

ter quality on public health. *Gigiena i sanitarija* [Hygiene and sanitation], 2007, no. 3, pp. 32–34. (in Russian)

22. Kokovkin V.V., Sukhorukov F.V., Shuvaeva O.V. Chemical composition of drinking water sources in the Baikal region as a risk factor for increased morbidity of the local population. *Sibirskij jeologicheskij zhurnal* [Siberian Ecological Journal], 2008, no.4, pp. 61–63. (in Russian)

23. Morozova E.V., Avdeeva T.G. Influence of the composition of drinking water on the health of children. Available at: www.o8ove.ru (accessed 3 February 2022).

24. Pokonova Yu.V. *Jeffektivnye adsorbenty dlja ochistki i vydelenija iz vodnyh rastvorov tzhzhelyh metallov* [Effective adsorbents for purification and isolation of heavy metals from aqueous solutions]. Leningrad, 1991. 24 p.

25. Shcherbatyuk T.A. Post-treatment of groundwater from manganese. *Dal'nevost. konf. molodyh uchennyh. Kn. 2.* [Far Eastern Conf. of Young Scientists. Book 2]. Vladivostok, 1997, pp. 271–272. (In Russian).

26. Moore J.V., Ramamurti S. *Tzhzhelye metally v prirodnyh vodah: kontrol' i ocenka vlijaniija* [Heavy metals in natural waters: control and assessment of influence]. Moscow, Mir, 1987. 285 p.

27. Nikoladze G.I. *Tehnologija ochistki prirodnyh vod* [Technology of natural water purification]. Moscow, Higher School, 1987. 479 p.

28. *Vrednye veshhestva v okruzhajushhej srede. Jelementy V-VIII grupy periodicheskoy sistemy i ih neorganicheskie soedinenija: sprav.-jenc. izd. / pod red. V.A. Filova i dr.* [Harmful substances in the environment. Elements of the V-VIII group of the periodic system and their inorganic compounds: Reference.- ents. ed. / Edited by V.A. Filov et al.]. St. Petersburg, NPO “Professional”, 2007. 452 p.

29. *Vrednye veshhestva v promyshlennosti: spravochnik. Izd.7-e, per.i dop. T. 3 / pod red. N.V. Lazoreva* [Harmful substances in industry. Handbook. Ed. 7th trans. and additional Vol. 3 / edited by N.V. Lazoreva]. Leningrad, Chemistry, 1977. 608 p.

30. *Vrednye neorganicheskie soedinenija v promyshlennyh vybrosah v atmosferu: sprav. izd. Ja.M. Grushko* [Harmful inorganic compounds in industrial emissions into the atmosphere. Reference ed. Ya.M. Grushko]. Leningrad, Chemistry, 1987. 192 p.

31. *Vrednye neorganicheskie soedinenija v promyshlennyh vybrosah v atmosferu: sprav. izd. Ja.M. Grushko* [Harmful inorganic compounds in industrial emissions into the atmosphere. Reference ed. Ya.M. Grushko]. Leningrad, Chemistry, 1987. 160 p.

32. Grushko Ya.M. *Jadovitye metally i ih neorganicheskie soedinenija v promyshlennyh stochnyh vodah* [Toxic metals and their inorganic compounds in industrial wastewater]. Moscow, Medicine, 1972. 165 p.

33. Rakhmanin Yu.A., Krasovskiy G, N., Egorova N.A., Mikhailov R.I. 100 years of legislative regulation of drinking water quality. Retrospective, current state and prospects. *Gigiena i sanitarija* [Hygiene and sanitation], 2014, no. 2, pp. 5–18. (in Russian)

34. Comparison of MPC of harmful substances in the EU countries. Available at: <http://atalasta.com/index/fag/pdk-zagryaznyushhix-vehhestv/sravnenie-pdk-vrednyix-veshhestv-stranax-es> (accessed 20 February 2022).
35. Bashketova N.S., Vyucheyskaya D.S., Sladkova Yu.N. et al. Regulation of drinking water quality. Comparison of national and international standards. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/regulirovanie-kachestva-pitievoy-vody-sravnenie-natsionalnyh-i-mezhdunarodnyh-standartov> (accessed 21 February 2022).
36. SP 2.1.5.761-99. Maximum permissible concentrations (MPC) and approximate permissible levels (ODE) of chemicals in the water of water bodies of economic and drinking and cultural and domestic water use. Supplement No. 1 to GN 2.1.5.689-98 and GN 2.1.5.690-98. (In Russian)
37. Alekseeva L.P., Draginsky V.L. Purification of groundwater in the cities of the Tyumen region. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering], 2004, no. 10. pp. 9–12. (in Russian)
38. Boldyrev K.A., Kuzmin V.V., Kuranov N.P., Bilek F. Geochemical modeling of intraplastic degreasing and demanganation of groundwater. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering], 2012, no. 4. pp. 49–55. (in Russian)
39. Draginsky V.N., Alekseeva L.P. Purification of groundwater from compounds of iron, manganese and organic pollutants. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering], 1997, no. 12. pp. 16–19. (in Russian)
40. Draginsky V.N., Alekseeva L.P. Purification of groundwater from iron and manganese compounds. *Himija v interesah ustojchivogo razvitiya* [Chemistry in the interests of sustainable development], 1997, vol. 5. pp. 375–382. (in Russian)
41. Draginsky V.N., Alekseeva L.P., Balandin S.G. Reagent treatment of groundwater on the example of Nefteyugansk district. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering], 2006, no. 8. pp. 3–7. (in Russian)
42. Nikoladze G.A. Underground water treatment for household and drinking needs. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering], 1998, no. 6. pp. 4–9. (in Russian)
43. Prada M.A. *Razrabotka metodov oshistki vody ot soedinenij zheleza i marganca. Avtoref. Kand. Diss.* [Development of methods for purification of water from iron and manganese compounds. Autoref. Cand. Diss.]. Moscow, 1986. 16 p.
44. Alekseeva L.P., Kurova L.V., Alekseev S.E. Features of the use of reagent methods in the technology of groundwater purification from manganese compounds. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering], 2016, no.10. pp. 12–20. (in Russian)

Об авторе

КИЧИГИН Виктор Иванович

доктор технических наук, профессор
кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kaffvv@mail.ru

KICHIGIN Viktor I.

Doctor of Engineering Science. Professor of the Water
Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kaffvv@mail.ru

Для цитирования: Кичигин В.И. Марганец: польза или вред? (Обзор) // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 17–29. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.3.

For citation: Kichigin V.I. Manganese: Benefit or Harm? (Overview). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 17–29. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.3.

О. Н. ПАНФИЛОВА
С. В. СТЕПАНОВ

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННОЙ ДООЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF SORPTION
POST-TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER

Разработана технология производства сорбентов на основе глин, приведены расчетные параметры процесса, принципиальная схема и методика расчета процесса сорбционной доочистки сточных вод на примере гальванического производства, проведено технико-экономическое сравнение вариантов строительства сооружений очистки сточных вод гальванического производства.

Ключевые слова: ионы тяжёлых металлов, сорбция, тяжелые металлы, сточные воды, модифицированная глина, монтмориллонит, доломит, каолинит, торф

В настоящее время одной из наиболее сложных задач в области доочистки сточных вод является достижение требуемых концентраций ионов тяжелых металлов (далее ИТМ), установленных, как правило, на уровне предельно допустимых концентраций (ПДК) водных объектов рыбохозяйственного значения. Концентрации ИТМ в сточных водах после основного этапа очистки составляют доли мг/л, но тем не менее превышают нормы во много раз, нанося урон окружающей среде. Ранее опубликованные авторами результаты исследований доказали, что природные материалы, такие как монтмориллонит, каолинит, торф, доломит, обладают селективностью по отношению к ИТМ при сорбции из водных растворов [1–3]. Экспериментально было подобрано массовое соотношение этих компонентов 1:1:1:0,1, обладающее наилучшими сорбционными свойствами для доочистки сточных вод от ионов меди, железа, марганца, цинка и свинца.

Для осуществления технологии доочистки сточных вод с применением новых сорбентов на основе вышеуказанных природных материалов необходимо разработать технологию по их производству, поскольку данные сорбенты на рынке в настоящее время отсутствуют. С этой целью была разработана производственная линия, которая осуществляет все технологические операции, необходимые для приготовления аналогичных лабораторных образцов. Исследование

The technology for the production of sorbents based on clays has been developed, the design parameters of the process, the schematic diagram and the calculation method of the process of sorption post-treatment of wastewater on the example of galvanic production have been given, a technical and economic comparison of options for the construction of wastewater treatment facilities of galvanic production has been carried out.

Keywords: heavy metal ions, sorption, heavy metals, wastewater, modified clay, montmorillonite, dolomite, kaolinite, peat

лабораторных образцов представлены в [4]. Технологическая линия включает прием исходных материалов, просушку, пиролиз торфа, первичный размол, приготовление сырой массы, отжиг в печи при температуре 500 °С, выдержку, постепенное остывание, вторичный размол, фасовку и упаковку. Вид здания и блок-схема процессов производства с расположением основного оборудования, требуемого для приготовления сорбентов, представлены на рис. 1 и 2.

На основании разработанной схемы был выполнен расчет стоимости производства сорбента модифицированная глина «МГ-8» в ценах II квартала 2021 г. с производительностью участка 2,5 т/сут. Расход электроэнергии был рассчитан исходя из мощности оборудования, продолжительности и количества циклов при работе в одну смену и составил 139,8 кВт·ч/сут. Затраты газа 356 м³/сут определены по его удельному расходу, продолжительности работы и массе нагреваемого сырья.

Фонд оплаты труда рассчитан исходя из работы двух операторов с окладами 30 тыс. руб./мес. с учетом страховых взносов в размере 30 %. Ежегодные затраты на текущий ремонт определены в количестве 1 % от стоимости технологического оборудования. Прочие расходы приняты 6 % от суммы эксплуатационных затрат без учета амортизационных отчислений.

В табл. 1 приведено распределение по статьям затрат для расчетного срока эксплуатации участка по производству сорбентов – 10 лет.

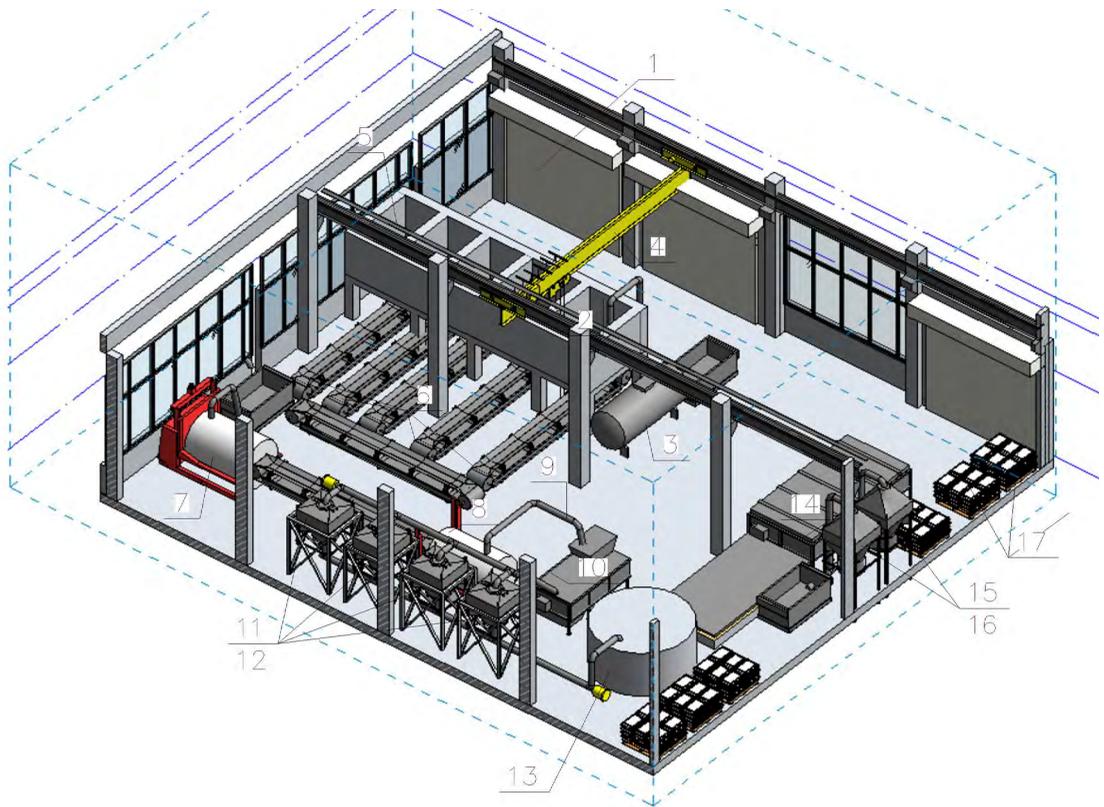


Рис. 1. Вид здания по производству сорбентов на основе глин:

1 – ворота для привоза исходных компонентов; 2 – приёмный бункер торфа; 3 – установка пиролиза; 4 – кран-балка; 5 – бункеры исходных материалов; 6 – ленточные конвейеры; 7 – барабанная сушилка; 8 – шаровая мельница; 9 – шнековый транспортер; 10 – вибросито; 11 – бункеры размолотых компонентов; 12 – дозаторы весовые; 13 – смеситель принудительного действия; 14 – электропечь с выкатным подом; 15 – бункеры готовой продукции; 16 – узел вторичного размола и упаковки; 17 – склад готовой продукции

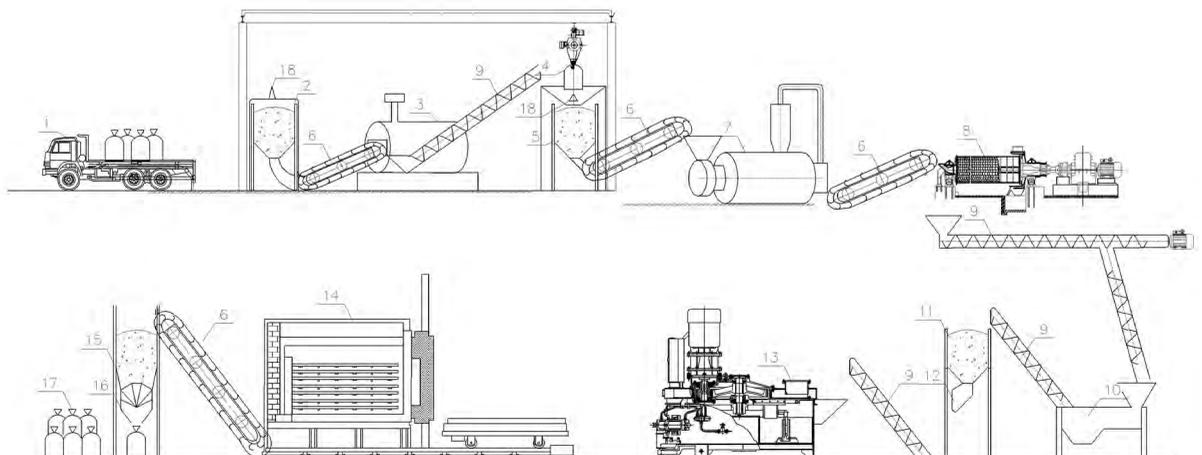


Рис. 2. Блок-схема участка по производству сорбентов на основе глин:

1 – привоз исходных компонентов; 2 – приёмный бункер торфа; 3 – установка пиролиза; 4 – кран-балка; 5 – бункеры исходных материалов; 6 – ленточные конвейеры; 7 – барабанная сушилка; 8 – шаровая мельница; 9 – шнековый транспортер; 10 – вибросито; 11 – бункеры размолотых компонентов; 12 – дозаторы весовые; 13 – смеситель принудительного действия; 14 – электропечь с выкатным подом; 15 – бункеры готовой продукции; 16 – узел вторичного размола и упаковки; 17 – склад готовой продукции; 18 – растариватель «Биг-Бэгов»

Таблица 1

Распределение затрат на изготовление сорбента модифицированная глина «МГ – 8» по годам

Статья затрат	Годовые затраты, руб., без НДС		
	1-й год	2-3-й годы	4-10-й годы
Технологическое оборудование, первоначальный взнос	2 708 430	-	-
Бункеры исходных компонентов	118 000	-	-
Монтаж оборудования	996 457	-	-
Лизинговые платежи	2 341 930	2 341 930	-
Амортизация оборудования	973 422	973 422	973 422
Сырье	544 385	544 385	544 385
Электроэнергия	124 303	124 303	124 303
Газ	405 953	405 953	405 953
Фонд оплаты труда	936 000	936 000	936 000
Аренда помещения	648 000	648 000	648 000
Текущий ремонт	97 342	97 342	97 342
Прочие расходы	165 359	165 359	165 359
Всего затрат	10 059 581	6 236 694	3 894 764

При этом выделено три расчетных периода. В первый год необходимо внести первоначальный взнос за оборудование, выполнить его монтаж, внести лизинговые платежи и оплатить все эксплуатационные расходы. Во второй и третий годы наряду с эксплуатационными расходами оплачиваются лизинговые платежи. В последующие 4-10-й годы остаются только эксплуатационные расходы.

Цена за сорбент модифицированная глина «МГ – 8» 11785 руб./т рассчитана таким образом, чтобы все инвестиции на создание описанного выше участка производительностью 2,5 т/сут окупались за 5 лет эксплуатации. Суммарная прибыль за 6-10-й годы работы участка составит 16,9 млн. руб.

На основании проведенных исследований для доочистки сточных вод предприятий гальванического производства разработана технология, которая может применяться при отведении очищенных вод в водные объекты и системы централизованной канализации [5]. При расходе сточных вод более 200 м³/сут рекомендуется схема непрерывного действия, при расходе менее 200 м³/сут – периодического действия (рис. 3, а, б).

Для наглядности представленные схемы включают повсеместно применяемые этапы предварительной очистки сточных вод гальванического производства: усреднение, нейтрализацию и отстаивание. Расчет сооружений

доочистки сточных вод от ИТМ включает определение расчетного объема адсорбера-смесителя как произведение расчетной продолжительности контакта и усредненного расхода сточных вод. Продолжительность контакта может быть принята при наличии ионов цинка и алюминия с концентрацией выше ПДК – 1,5 часа, в остальных случаях – 1 час.

Ввиду относительно небольших различий в составе сточных вод гальванического производства после нейтрализации до оптимального значения рН, доза сорбента МГ-8 может быть принята 1 г/л, доза смесового сорбента из немодифицированных материалов – 1,6 г/л с возможным уточнением на основе эксперимента на этапе предпроектных работ (действующее производство) или пусконаладки (вновь проектируемое производство).

Расчетная площадь рабочей поверхности намывного патронного фильтра составляет

$$F_{\text{нпр}} = \frac{q_{\text{ч}}}{v_{\text{нп}}}, \quad (1)$$

где $v_{\text{нп}}$ – расчетная скорость фильтрования, 20-25 м/ч.

Используя значение $F_{\text{нпр}}$, был подобран типоразмер с ближайшей большей площадью или несколько фильтров с суммарной площадью больше расчетной. Принимается один резервный намывной патронный фильтр.

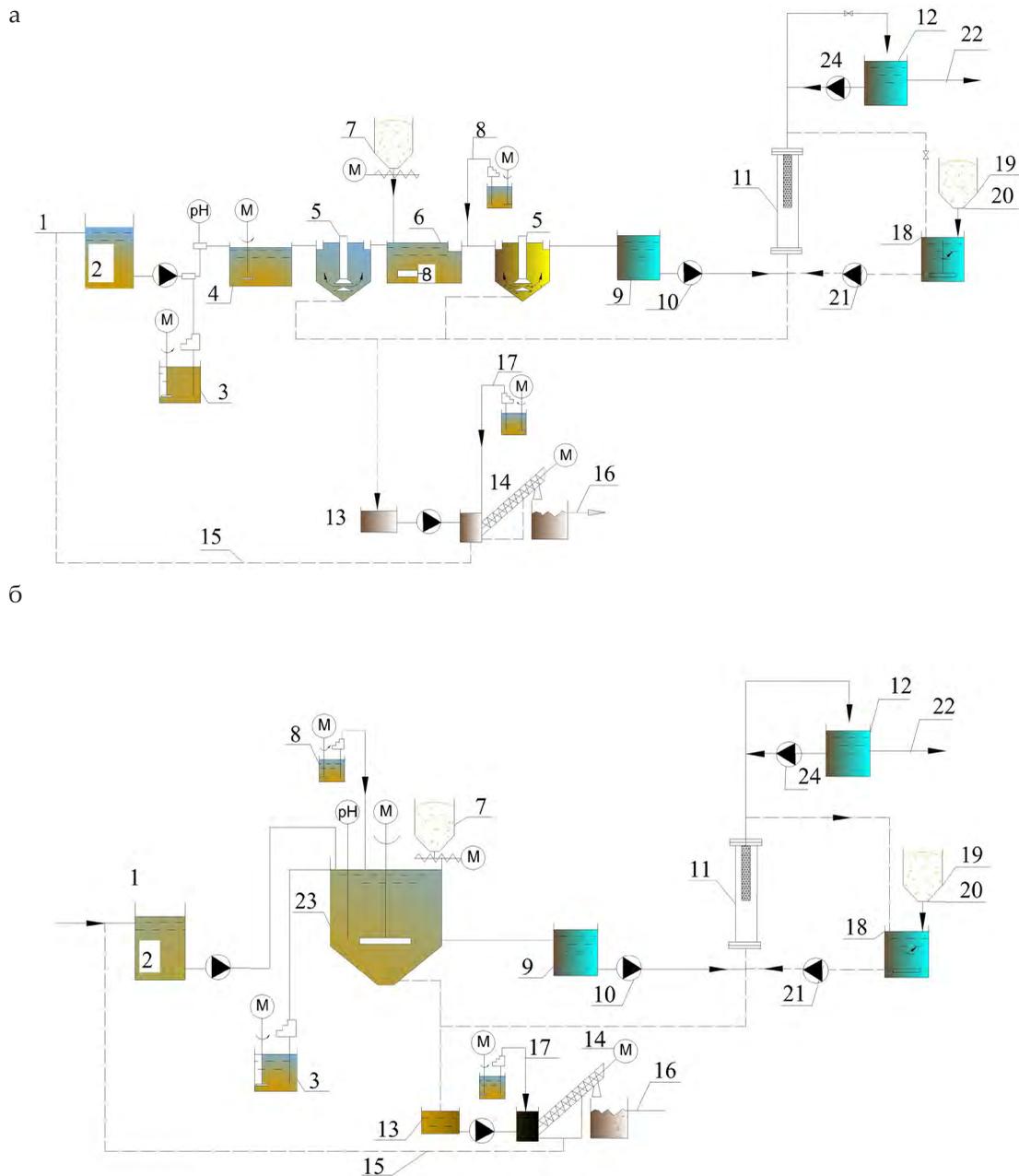


Рис. 3. Установка очистки сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов с применением разработанных сорбентов:
 а – непрерывного действия; б – периодического действия:

1 – исходные сточные воды; 2 – усреднитель; 3 – установка приготовления и дозирования раствора щелочи; 4 – реактор-нейтрализатор; 5 – отстойник; 6 – адсорбер-смеситель; 7 – дозатор сорбента; 8 – установка приготовления и дозирования коагулянта; 9 – промежуточный бак; 10 – насос подачи на фильтр; 11 – намывной фильтр; 12 – бак очищенной воды; 13 – бак осадка; 14 – установка механического обезвоживания; 15 – фильтр установки обезвоживания; 16 – обезвоженный осадок; 17 – установка приготовления и дозирования флокулянта; 18 – бак приготовления намывной суспензии; 19 – бункер для перлита; 20 – секционный дозатор перлита; 21 – насос для намыва перлита; 22 – очищенные сточные воды; 23 – реактор-отстойник; 24 – насос обратной промывки

Суточный расход перлита, кг/сут, составляет

$$M_{\text{п}} = F_{\text{нп}} \cdot \delta_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \frac{T}{\tau_{\text{нп}}}, \tag{2}$$

где $F_{\text{нп}}$ – принятая площадь поверхности патронного фильтра, м²; $\delta_{\text{п}}$ – толщина намываемого слоя перлита, обычно 0,003 м; $\rho_{\text{п}}$ – плотность перлита, 96,3 кг/м³; T – продолжительность работы станции, ч/сут; $\tau_{\text{нп}}$ – продолжительность фильтроцикла, ч, принимается 4,6 ч для МГ-8 и 2 ч для смеси сорбента из не модифицированных материалов.

Общее количество осадка по сухому веществу, образующееся на ступенях очистки и доочистки в отстойниках 5 (см. рис.3), может быть определено по формуле, кг/сут:

$$M_{\text{сух}} = \left(\sum_i^n \frac{C_{\text{исх}i} - C_{\text{н}i}}{A_i} \cdot M_{\text{Г}Mi} \cdot 10^{-3} + \frac{d_k \cdot M_{\text{Г}}}{A_{\text{Ме}}} \cdot 10^{-3} + d_p \right) \cdot Q_{\text{сут}} + M_{\text{п}}, \tag{3}$$

где $C_{\text{исх}i}$ – исходная концентрация i -го металла, г/м³; $C_{\text{н}i}$ – нормируемая концентрация i -го металла, г/м³; A_i – атомная масса i -го металла; $M_{\text{Г}Mi}$ – молекулярная масса гидроксида i -го металла; $M_{\text{Г}}$ – молекулярная масса гидроксида алюминия или железа; $A_{\text{Ме}}$ – атомная масса металла коагулянта; $Q_{\text{сут}}$ – максимальный суточный расход, м³/сут; d_p – доза сорбента, кг/м³.

Было выполнено технико-экономическое сравнение нового строительства сооружений доочистки предварительно нейтрализованных и осветленных кислотно-щелочных сточных вод гальванического производства по двум вариантам: 1) сорбция с использованием сорбента модифицированная глина с последующим отделением отработанного сорбента фильтрованием на намывном фильтре; 2) фильтрование на механических и цеолитовых фильтрах. В расчете были приняты расходы: среднесуточный – 217 м³/сут; максимальный суточный – 260 м³/сут. Состав исходной воды, мг/л: кадмий – 0,183, свинец – 0,0721, железо общее – 2,63, цинк – 0,0721, никель – 0,0259, алюминий – 38,7, медь – 0,01, хром общий – 0,122. Поскольку этапы очистки и доочистки сточных вод используют общий узел обезвоживания осадков, при проведении технико-экономического сравнения

в обе схемы включены одинаковые сооружения для усреднения и нейтрализации сточных вод раствором щелочи. Во втором варианте приняты механические фильтры марки фильтр осветительный вертикальный ФОВ с песчаной загрузкой и сорбционные фильтры марки ФСУ. Периодичность замены цеолитовой загрузки рассчитана исходя из ее сорбционной емкости. Стоимость оборудования и площади определены по данным заводов-изготовителей. К установке приняты стеклопластиковые подземные усреднители, технологические емкости из углеродистой стали с антикоррозионной обработкой, комплектные установки реагентного хозяйства, здания из легких металлических конструкций. Технико-экономическое сравнение (табл. 2) было выполнено с использованием методики затрат жизненного цикла (англ. *Life cycle cost, LCC*) [6] за 25 лет эксплуатации.

Таблица 2

Затраты жизненного цикла, руб.

Наименование	Обозначение	Вариант 1	Вариант 2
Капитальные затраты	C_i	25 629 980	33 419 807
Стоимость энергии	C_e	5 918 341	2 430 911
Текущие затраты	C_{o2}	41 424 478	99 823 928
Текущий ремонт	C_{m1}	3 368 626	4 443 373
Замена оборудования	C_{m3}	7 971 639	9 090 087
Затраты на охрану окружающей среды	C_{env}	16 112 783	10 135 362
ИТОГО	LCC	100 425 848	159 343 468
Экономический эффект	ΔLCC	58 917 620	

Анализ затрат жизненного цикла показал, что в связи с высокими затратами на замену цеолита (63 %) величина ЛСС больше у второго варианта. Лучшим вариантом, т. е. технологией с меньшим показателем затрат жизненного цикла, оказался первый вариант – с разработанным сорбентом на основе природных материалов. Сумма финансирования по данному варианту с учетом инвестирования на этапе строительства и 25-летней эксплуатации меньше, чем по второму варианту, на 58,9 млн. руб.

Выводы. 1. Разработана технология производства нового сорбента на основе местных природных материалов и определена его цена, которая составила 11785 руб./т. Стоимость сорбента рассчитана для производительности цеха 2,5 т/сут по готовому продукту и окупаемости инвестиций за 5 лет эксплуатации.

2. Разработана методика расчета сооружений доочистки сточных вод от ИТМ с применением предлагаемого сорбента «модифицированная глина».

3. Техничко-экономическое сравнение сооружений доочистки сточных вод гальванического производства с расходом 260 м³/сут от ИТМ до ПДК водных объектов рыбохозяйственного значения показало, что по затратам жизненного цикла (ЛСС) за 25 лет эксплуатации сорбционная технология с предлагаемым сорбентом «модифицированная глина» имеет преимущество по сравнению с вариантом доочистки, основанным на применении цеолитовых фильтров, на 58,9 млн. руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stepanov S.V., Strelkov A.K., Panfilova O.N. Removal of heavy metals from wastewater with natural and modified sorbents // Magazine of Civil Engineering. 2022. N 111(3). doi: 10.34910/MCE.111.10.
2. Степанов С.В., Панфилова О.Н., Абдугаффарова К.К. Физико-химические свойства нового сорбента на основе глин // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 1. С. 52–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.9.
3. Панфилова О.Н. Доочистка городских сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием новых сорбционных материалов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 2. С. 22–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.4.
4. Степанов С.В., Панфилова О.Н. Доочистка сточных вод от ионов тяжелых металлов новым сорбентом на основе модифицированных глин // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 1. С. 46–50.
5. Стрелков А. К., Степанов С. В., Панфилова О. Н., Арбузов А. В. Доочистка сточных вод от тяжелых металлов природными и модифицированными глиносодержащими сорбентами // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 5. С. 30–37. DOI 10.35776/VST.2021.05.

6. Березин С.Е., Пупырев Е.И., Баженов В.И., Самбурский Г.А. Разработка методики расчета стоимости жизненного цикла оборудования, систем и сооружений для водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 2. С.10–19.

REFERENCES

1. Stepanov S.V., Strelkov A.K., Panfilova O.N. Removal of heavy metals from wastewater with natural and modified sorbents. Magazine of Civil Engineering. 2022. no. 111(3). DOI: 10.34910/MCE.111.10
2. Stepanov S.V., Panfilova O.N., Abdugaffarova K.K. Physicochemical properties of the new clay-based sorbent. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, Vol. 9, no. 1, pp. 52–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.9
3. Panfilova O.N. Additional treatment of municipal wastewater from heavy metal ions using new sorption materials. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 2, pp. 22–28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.4
4. Stepanov S.V., Panfilova O.N. Доочистка сточных вод от ионов тяжелых металлов новым сорбентом на основе модифицированных глин. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2018, no. 1, pp. 46–50. (in Russian)
5. Strelkov A.K., Stepanov S.V., Panfilova O.N., Arbutov A.V. Additional treatment of waste water from heavy metals with natural and modified clay-containing sorbents. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2021, no. 5, pp. 30–37. (in Russian) DOI 10.35776/VST.2021.05
6. Berezin S.E., Pupyrev E.I., Bazhenov V.I., Samburskiy G.A. Development of a methodology for calculating the life cycle cost of equipment, systems and structures for water supply and drainage. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2018, no. 2, pp. 10–19. (in Russian)

Об авторах:

ПАНФИЛОВА Ольга Николаевна

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: samoliasgsy@yandex.ru

PANFILOVA Olga N.

Postgraduate Student of the Water Supply
and Sanitation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: samoliasgsy@yandex.ru

СТЕПАНОВ Сергей Валериевич

доктор технических наук,
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: stepanovsv3@yandex.ru

STEPANOV Sergey V.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water
Supply and Sanitation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: stepanovsv3@yandex.ru

Для цитирования: *Панфилова О.Н., Степанов С.В.* Разработка и обоснование технологии сорбционной доочистки производственных сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 30–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.4.

For citation: *Panfilova O.N., Stepanov S.V.* Development and Justification of the Technology of Sorption Post-Treatment of Industrial Wastewater. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 30–36. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.4.

О. А. САМОДОЛОВА
Д. В. УЛЬРИХ
Т. М. ЛОНЗИНГЕР

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ (ГРАНУЛИРОВАННОЙ) В ОЧИСТКЕ ГОРОДСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

USING GRANUATED BUCKWHEAT HUSKS
IN URBAN SURFACE RUNOFF TREATMENT

В последние годы в РФ большое внимание уделяется защите окружающей среды от негативного воздействия различных загрязнителей. Одним из таких проектов является федеральный проект «Экономика замкнутого цикла», нацеленный на стимулирование использования вторичных ресурсов. Известно, что при переработке зерновых культур в агропромышленном комплексе образуется колоссальное количество отходов. Таким отходом является лузга гречихи. Существует ряд исследований, доказывающих возможность ее использования в больших объемах в технологиях очистки сточных вод в качестве сорбента. При этом низкая прочность лузги вызывает ряд технологических трудностей при эксплуатации. Целью данной работы является повышение эксплуатационных характеристик лузги за счёт грануляции, оценка сорбционной способности гранулированной лузги гречихи при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий. В работе использовали гранулированную лузгу гречихи, полученную по технологии производства топливных pellets. Испытания проводили на реальных сточных водах, отобранных в ливневой канализации Челябинска. Установлено, что гранулированная лузга гречихи эффективно извлекает загрязнители из исследуемых сточных вод. Так, например, в статических условиях сорбция алюминия в температурном интервале от 10 до 20 °C наиболее эффективно происходит при контакте с сорбентом в течение 168 ч (94,12 %). При 0 °C скорость адсорбции несколько ниже (82,35 %). Кобальт, хром, медь, цинк полностью извлекаются из сточной воды через 3 ч сорбции независимо от изменения температуры. В динамических условиях выявлено, что гранулы лузги гречихи обеспечивают полное извлечение тяжёлых металлов (кобальта, хрома, меди) из сточной ливневой воды. Концентрация катионов алюминия снижается на 67 %. Наблюдается уменьшение концентрации катионов натрия и кремния.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, природные сорбенты, лузга гречихи, сорбция, локальная очистка

In recent years, the Russian Federation has paid more attention to protecting the environment from the negative impact of various pollutants. The goal of the Closed Loop Economy federal project, for example, was to stimulate the use of recyclable material. The agro-industrial complex produces a huge amount of waste during the processing of crops. One of these wastes is buckwheat husk. There are a number of studies proving the application of buckwheat husks in large quantities as a sorbent for certain wastewater treatment methods. However, the low strength of husk leads to a number of technological difficulties in operation.

The goal of this study is to increase the performance of buckwheat husks through granulation and evaluate the sorption capacity of granulated buckwheat husks when treating urban surface runoff. In this study we used granulated buckwheat husks produced in a method analogous to fuel pellets. Tests were run on real runoff collected from storm sewers in Chelyabinsk. We determined that granulated buckwheat husks effectively remove pollutants from runoff.

In static conditions at a temperature of 10°C to 20°C, aluminum was most effectively sorbed upon contact with the sorbate over 168 hours (94.12%). At 0°C, slightly less aluminum was sorbed (82.35%). Cobalt, chromium, copper, and zinc are completely extracted from runoff after 3 hours of sorption, regardless of temperature changes. In dynamic test conditions, we determined that the buckwheat husk granules totally extract heavy metals (cobalt, chromium, copper) from storm drain runoff. The concentration of aluminum cations was reduced to 68%. Lower concentrations of sodium and silicon cations were also noted.

Keywords: surface runoff, natural sorbents, buckwheat husk, sorption, local treatment

Введение

В 2022 году в России стартовал новый федеральный проект под названием «Экономика замкнутого цикла». Проект включает в себя шесть направлений, одно из которых – стимулирование использования вторичных ресурсов, т. е. переход страны от простого потребления ресурсов к их многократному использованию и переработке. Поставлена задача к 2030 г. добиться использования 40 % вторичных ресурсов в строительстве, 50 % – в сельском хозяйстве, 34 % – в промышленности. Эти цифры сопоставимы с зарубежными показателями: в Германии во вторичный оборот вовлекается 68 % отходов, а в Швеции – 49 % [1–4].

Согласно мониторингу Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), крупная промышленность России за 10 месяцев крупного сезона (сентябрь 2021 – июнь 2022 гг.) достигла рекордного производства продукции [5–7]. В натуральном выражении наибольший прирост достигнут за счет гречки и риса [8]. По данным Минсельхоза, в 2022 г. собрано 1,2 млн т гречихи. Это больше на 39 %, чем итоговый сбор за 2021 г. (918 тыс т). Урожайность увеличилась на 14 % и составила в среднем по стране 11,3 ц/га [9, 10].

Одним из основных отходов при производстве гречихи является лузга – полые гречневые оболочки (чешуйки), которые снимают с ядрышек при их обработке. Образуется примерно 200 кг лузги на 1 т зерна, объем лузги вместе с мучкой составляет 20–30 % от массы зерна [11].

В небольших объемах лузга гречихи используется в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. В сельском хозяйстве: в качестве кормовой добавки для животных; органических удобрений (использовании золы); для изготовления упаковочных материалов [12]; в пищевой промышленности: в качестве пищевого красителя – меланина [13–16]; в рецептурах и технологии бисквитных полуфабрикатов [17]; для улучшения хлебопекарных показателей пшеничной хлебопекарной муки, для производства растительного масла [18]; в качестве субстрата для выращивания грибов (вешенки обыкновенной) [19]; для умягчения воды (эффективность умягчения воды составляет от 31 % для растворов с высокой концентрацией и до 62 % – для слабо концентрированных) [20].

Известно использование лузги гречихи для изготовления фурфурола и в качестве топлива котельных крупозаводов [11, 19, 21].

Существует ряд исследований, направленных на использование лузги гречихи в сорбционных технологиях: разработка сорбента

на основе лузги гречихи для очистки воды от соединений никеля [22]; получение активных углей из лузги гречихи для использования в очистке сточных вод, а также в промышленных процессах по извлечению тяжелых металлов из растворов [23]; изготовление адсорбента при ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов (материал обладал селективностью по отношению к нефти и нефтепродуктам до 5 г/г) [24].

Во всех перечисленных работах в качестве сорбента использовалась лузга в виде чешуек без грануляции.

Целью данной работы является повышение эксплуатационных характеристик лузги гречихи за счет грануляции, оценка сорбционной способности гранулированной лузги при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является система гранулированная лузга гречихи (сорбент) – поверхностные сточные воды с урбанизированных территорий города Челябинска (сорбат).

По литературным данным лузга гречихи состоит из трудно гидролизующих полисахаридов, в основном целлюлозы и части гемицеллюлоз – 25–30 %, пентозанов (19,8 %), лигнина (31–35 %), минеральных веществ (5%), белка (около 4 %), крахмала (около 2 %), микроэлементов. Состав приведен в расчете на сухое вещество [6].

Процесс грануляции лузги гречихи проводили по технологии производства топливных пеллет, состоящей из следующих этапов: измельчение сырья (перетирание в опилки или в муку специальными мельницами); увлажнение (для дальнейшей прессовки); прессовка сырья (производится под давлением пресс-гранулятора при температуре 120 °С); охлаждение.

Основное отличие процесса получения гречневых гранул: отсутствие нагрева, что сокращает время и затраты энергии и дополнительных химических реагентов.

Сточные воды урбанизированных территорий, в том числе г. Челябинска, являются серьезным фактором загрязнения окружающей среды. В Челябинске нет системы очистки ливневых вод, которые собирают растворимые соединения тяжелых металлов со всей территории города. Ливневые воды транспортируют поллютанты в водные объекты.

Поверхностные сточные воды с урбанизированных территорий Челябинска отбирали согласно общепринятым методикам.

Эффективность сорбционного процесса оценивали в различных условиях:

▪ в статических условиях использовали метод ограниченного объема при соотношении твёрдая фаза – жидкость, равном 1:20. Температуру системы изменяли от 0 до 20 °С. Время экспозиции составляло 3–168 ч;

▪ в динамических условиях исследовали фильтрацию сточных вод на лабораторной установке. Максимальная скорость потока – 0,15 л/ч. Масса пробы гранулированной лузги гречихи – 105,27 г.

При проведении исследований использовали электронный растровый микроскоп JEOL JSM-6460 LV с приставкой для микрорентгеноспектрального анализа, эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой OPTIMA 2100DV Perkin Elmer», США. В качестве фонового раствора использовали воду особой степени очистки, полученную на приборе «Simplicity UV» (Франция), рН-метр 150МИ.

Результаты и их обсуждение

Электронно-микроскопический анализ гранулированной лузги гречихи показал, что гранулы имеют форму цилиндров с гладкой поверхностью. Размер гранул меняется от 5,0 до 26,0 мм. Исследование микрорельефа поверхности проводилось при различной степени увеличения: верхний снимок – увеличение среза образца в 100 раз, средний и нижний – увеличение в 500 раз. Средняя микрофотография – это стенка материала, а нижняя – срез гранулы (рис. 1).

По данным микрорентгеноспектрального анализа исследуемые гранулы состоят из С, О, К, Mg, Са (табл. 1).

Химический состав смешанной пробы сточных (ливневых) вод города Челябинска приведен в табл. 2.

Таблица 1

Элементный состав лузги гречихи (гранулированной), %

Элемент	С	О	К	Mg	Са
Содержание элемента, мас. %	54,3	44,2	0,8	0,4	0,3

Таблица 2

Химический состав поверхностной сточной воды г. Челябинска, мг/л

Показатель	Максимальное значение
Водородный показатель (рН)	6,66
Алюминий	2,707
Кобальт	0,004
Хром	0,002
Медь	0,028
Магний	12,306
Натрий	35,939
Кремний	10,403
Цинк	0,286

Данные табл. 2 показывают, что сточные ливневые воды загрязнены компонентами, которые не наносят вреда окружающей среде (магний, натрий, кремний) и тяжёлыми металлами (хром, медь, цинк). В воде присутствует значительное количество ионов алюминия, разрушающего корневую систему растений.

В табл. 3 приведены результаты исследования эффективности сорбционного процесса в системе гранулированная лузга гречихи – сточная (ливневая) вода в статических условиях.

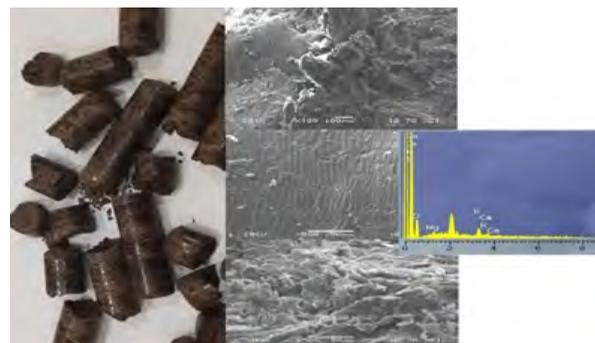


Рис. 1. Микрофотографии гранулированной лузги гречихи и данные микрорентгеноспектрального анализа

Полученные результаты показывают, что сорбция алюминия в температурном интервале от 10 до 20 °С наиболее эффективно происходит при контакте с сорбентом в течение 168 ч (94,12 %). При 0 °С скорость адсорбции несколько ниже (82,35 %).

Кобальт, хром, медь, цинк полностью извлекаются из сточной воды через 3 ч сорбции независимо от изменения температуры. Магний можно максимально удалить на 72,2 % при температуре 0 °С через 3 ч контакта сточной воды с сорбентом. С повышением температуры и времени контакта происходит уменьшение эффективности сорбции катионов магния, что, по-видимому, связано с переходом в сточ-

Таблица 3

Эффективность очистки ливневого стока
гранулированной лузгой гречихи при изменении температуры и времени контакта

Показатель	Эффективность очистки, %								
	0 °С			10 °С			20 °С		
	3 ч	6 ч	168 ч	3 ч	6 ч	168 ч	3 ч	6 ч	168 ч
Алюминий	41,18	76,47	82,35	58,82	82,35	94,12	82,35	94,12	94,12
Кобальт	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Хром	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Медь	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Магний	72,20	61,94	58,03	66,64	55,99	48,16	70,87	68,91	55,60
Натрий	76,31	79,16	94,06	68,07	78,03	83,69	74,94	78,27	83,08
Кремний	76,87	81,59	95,65	71,14	78,17	80,20	76,13	79,19	80,76
Цинк	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ную воду магния из лузги. Очистка от натрия и кремния максимально эффективно проходила при 0 °С через 7 сут. Увеличение температуры приводит к их переходу в воду.

На рис. 2 приведена зависимость водородного показателя от температуры и времени контакта в системе сорбент – сорбат.

Через 3 часа контакта в интервале температур 10–20 °С наблюдается повышение водородного показателя, связанного с переходом катионов магния из гранул лузги в сточную воду. Увеличение времени контакта сорбента с сорбатом приводит к незначительному снижению водородного показателя из-за обратного перехода магния в структуру сорбента.

При оценке эффективности гранулированной лузги для очистки сточных вод в динамическом режиме оптимальную скорость фильтрации выбирали исходя из того, что при увлажнении происходит увеличение объёма гранулированной лузги. Скорость подачи сточной воды 0,15 л/ч обеспечивает соотношение объёма гранул и объёма пор в загрузке, при котором не возникают технологические трудности.

На рис. 3 приведена диаграмма, которая позволяет оценить эффективность извлечения загрязнителей из сточных вод при динамическом режиме фильтрования.

Полученные данные показывают, что гранулы гречневой лузги обеспечивают полное извлечение тяжёлых металлов (кобальта, хрома, меди) из сточной ливневой воды. Концентрация катионов алюминия снижается на 67%. Наблюдается уменьшение концентрации катионов натрия и кремния.

Проведённые исследования показали высокую эффективность гранулированной гречневой лузги при очистке городских сточных

ливневых вод от катионов тяжёлых металлов в статическом и динамическом режимах. Экспериментальные данные являются основой для разработки экологически безопасной сорбционной технологии на основе отходов сельскохозяйственного производства. Перехват сточных вод и их очистка на локальных сооружениях позволяют эффективно решить несколько важнейших экологических проблем: предотвратить попадание загрязнителей в водные объекты

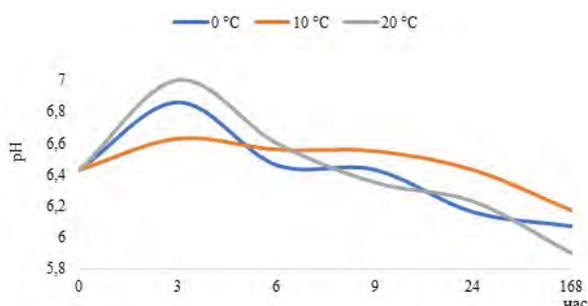


Рис. 2. Изменение pH при изменении температуры и времени контакта сорбента (гранулированная лузга гречихи) с сорбатом (сточная вода)

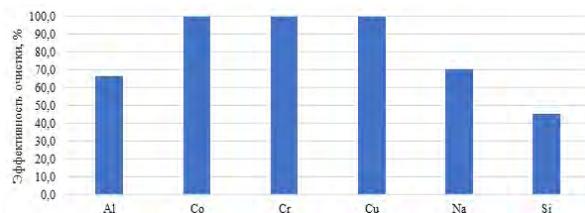


Рис. 3. Эффективность извлечения загрязнителей из сточных вод при динамическом режиме фильтрования

и утилизировать многотоннажные отходы агропромышленного комплекса (лузги гречихи).

Заключение

1. Проведена работа по созданию технологии грануляции лузги гречихи с целью повышения эксплуатационных характеристик.

2. Получены данные по эффективности сорбционной способности гранулированной лузги гречихи при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.

3. Установлено, что в системе гранулированная лузга гречихи – сточная вода при статическом режиме тяжёлые металлы (кобальт, хром, медь, цинк) полностью извлекаются из сточной воды через 3 ч сорбции независимо от изменения температуры.

4. Сорбция алюминия в температурном интервале от 10 до 20 °С наиболее эффективно происходит при контакте с сорбатом в течение 168 ч (94,12 %).

5. При динамическом режиме фильтрации сточной воды через гранулы лузги гречихи происходит полное извлечение тяжёлых металлов (кобальта, хрома, меди) из сточной ливневой воды. Концентрация катионов алюминия снижается на 67 %.

6. Проведённые исследования показали высокую эффективность гранулированной гречневой лузги при очистке городских сточных ливневых вод от катионов тяжёлых металлов в статическом и динамическом режимах. Экспериментальные данные являются основой для разработки экологически безопасной сорбционной технологии на основе отходов сельскохозяйственного производства. Многообещающей областью для будущих исследований, вероятно, будет создание многокомпонентного сорбента на основе лузги гречихи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В России запускается новый федеральный проект [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://nia.eco/2022/02/08/30188/> (дата обращения: 29.01.2023).

2. Паспорт федерального проекта экономика замкнутого цикла [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (дата обращения: 29.01.2023).

3. Виктория Абрамченко: в 2022 году стартует федеральный проект по переходу на экономику замкнутого цикла [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://government.ru/news/44337/> (дата обращения: 30.01.2023).

4. Экономика замкнутого цикла сквозь призму федерального проекта [Электронный ресурс] Режим

доступа: <https://kazanfirst-ru.turbopages.org/kazanfirst.ru/s/articles/600743> (дата обращения: 30.01.2023).

5. Россия в этом сезоне достигла рекордного производства круп [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/854738> (дата обращения: 30.01.2023).

6. В России достигнут рекордный показатель производства круп [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://kaliningrad.bezformata.com/listnews/rekordniy-pokazatel-proizvodstva-krup/107990007/> (дата обращения: 30.01.2023).

7. Производство круп в РФ в 2022 г. достигло рекорда, цены сохраняют стабильность [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://agrovesti.net/news/indst/proizvodstvo-krup-v-rf-v-2022-g-dostiglo-rekorda-tseny-sokhranyat-stabilnost.html> (дата обращения: 30.01.2023).

8. Итоги-2022: рынок круп [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/groats/itogi-2022-rynok-krup.html> (дата обращения: 30.01.2023).

9. В России уже собрали 1,2 млн тонн гречки. Как такие показатели отразятся на рынке? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rg.ru/2022/10/28/burnaia-grechka.html> (дата обращения: 30.01.2023).

10. Сбор гречихи в России вырос в 1,4 раза. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/sbor-grechikhi-v-rossii-vyros-v-1-4-raza/> (дата обращения: 30.01.2023).

11. Клинецвич В.Н., Флюрик Е.А. Способы использования лузги гречихи посевной // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2020. № 1(229). С. 68–81.

12. Семухин А.С. Обоснование выбора лузги гречихи как основного ингредиента для создания биоразлагаемой упаковки для пищевых продуктов // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых: сб. науч. ст. 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок: в 4 т. Том 3. Курс: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 240–242.

13. Язев С.Г. Использование лузги гречихи в пищевом производстве // Наука и современность. 2014. № 34. С. 102–105.

14. Школьникова М.Н., Кадрицкая Е.А. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 4(46). С. 22–28. DOI 10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28

15. Уразова Я.В., Баходина Л.А., Рожнов Е.Д. Выделение меланина из лузги гречихи пасевой // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и техники: сб. науч. ст. международной конференции / отв. ред. Е.Д. Родионов. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2018. С. 970–972.

16. Обоснование состава кондитерской глазури с меланином из гречневой лузги / Е.А. Кадрицкая, М.Н. Школьникова, Л.А. Кокорева [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 1(57). С. 58–63.

17. Корпачева С.М., Чугунова О.В., Позняковский В.М. Использование порошка из лузги гречихи в рецептурах и технологии производства бисквитного полуфабриката // Индустрия питания. 2021. Т. 6. № 4. С. 55–63.

18. Севодина Н.А., Ласко А.В., Школьникова М.Н. Перспектива использования гречневой лузги для получения растительного масла // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: сб. науч. ст. международной конференции / отв. ред. Е.Д. Родионов. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2017. С. 1066–1067.

19. Крамаренко М.В., Несмеянова А.В. Использование лузги гречихи в качестве субстрата для выращивания вешенки обыкновенной // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции: в 4 т. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. С. 244–249.

20. Сомин В.А., Комарова Л.Ф., Куталова А.В. Исследования по использованию лузги гречихи для умягчения воды // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 2(33). С. 213–222.

21. Производство порошка из гречневой лузги – путь к созданию безотходных высокоэффективных технологий / Е. А. Кузнецова, Е. В. Климова, Л. В. Шаляпова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 1(37). С. 69–75.

22. Сорбенты на основе лузги гречихи для очистки воды от соединений никеля / О.О. Вторушина, Д.А. Субботина, Е.А. Абызова, А.В. Куталова // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва. Т. 2. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. С. 155–157.

23. Лемешевский А.И., Симкин Ю.Я. Использование гречневой лузги для получения активных углей // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики: в 3 т. / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. Том 2. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2019. С. 500–502.

24. Получение термохимически модифицированного адсорбента на основе лузги гречихи / И.С. Еремин, Е.А. Зайцева, А.С. Россолова, К.Е. Воронина // Пища. Экология. Качество: труды XVII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2020. С. 227–231.

REFERENCES

1. A new federal project is being launched in Russia. Available at: <https://nia.eco/2022/02/08/30188/> (accessed 29 January 2023)

2. Federal Project Passport Closed Cycle Economics. Available at: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (accessed 29 January 2023)

3. Victoria Abramchenko: in 2022, a federal project to switch to a circular economy will start. Available at: <http://government.ru/news/44337/> (accessed 30 January 2023)

4. Closed-loop economy through the prism of a federal project. Available at: <https://kazanfirst.ru.turbopages.org/kazanfirst.ru/s/articles/600743> (accessed 30 January 2023)

5. Russia has reached record cereal production this season. Available at: <https://www.interfax.ru/business/854738> (accessed 30 January 2023)

6. Russia reaches record cereal production. Available at: <https://kaliningrad.bezformata.com/listnews/rekordniy-pokazatel-proizvodstva-krup/107990007/> (accessed 30 January 2023)

7. The production of cereals in the Russian Federation in 2022 reached a record, prices will remain stable. Available at: <https://agrovesti.net/news/indst/proizvodstvo-krup-v-rf-v-2022-g-dostiglo-rekorda-tseny-sokhranyat-stabilnost.html> (accessed 30 January 2023)

8. Results–2022: cereal market. Available at: <https://agrovesti.net/lib/industries/groats/itogi-2022-rynok-krup.html> (accessed 30 January 2023)

9. Russia has already collected 1.2 million tons of buckwheat. How will such indicators affect the market? Available at: <https://rg.ru/2022/10/28/burnaia-grechka.html> (accessed 30 January 2023)

10. The collection of buckwheat in Russia has grown 1.4 times. Available at: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/sbor-grechikhi-v-rossii-vyros-v-1-4-raza/> (accessed 30 January 2023)

11. Klincevic V.N., Flyurik E.A. Methods of using sown buckwheat husks. *Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geokologiya* [Works of BSTU. Series 2: Chemical Technology, Biotechnology, Geoecology]. 2020, no. 1(229), pp. 68–81. (In Russian).

12. Semuhin A.S. Rationale for choosing buckwheat husks as the main ingredient for creating biodegradable food packaging. *Innovacionnyj potencial razvitiya obshchestva: vzgljad molodyh uchenyh: sb. nauch. ct. 3-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii perspektivnyh razrabotok: v 4 t. Tom 3* [Innovative potential for the development of society: the view of young scientists: Sat. scientific. Art. 3rd All-Russian Scientific Conference for Advanced Development: in 4 vols. Volume 3]. Kursk, Southwestern State University, 2022, pp. 240–242. (In Russian).

13. Yazev S.G. Use of buckwheat husks in food production. *Nauka i sovremennost'* [Science and modernity], 2014. no. 34. pp. 102–105. (in Russian)

14. Shkol'nikova M.N., Kadrickaya E.A. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevyyh proizvodstv* [Scientific Journal of NIU ITMO. Series: Food Production Processes and Apparatuses], 2020. no.4(46). pp. 22–28. (in Russian) DOI 10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28

15. Urazova Ya.V. Isolation of melanin from herring buckwheat husks. *Lomonosovskie chteniya na Altae: fun-*

damental'nye problemy nauki i tekhniki: sbornik nauchnykh statej mezhdunarodnoj konferencii: elektronnyj resurs. Otvetstvennyj redaktor: Rodionov E.D. [Lomonosov readings in Altai: fundamental problems of science and technology: sat. scientific. Art. International Conference. ed. E.D. Rodionov]. Barnaul, 2018. pp. 970–972. (In Russian).

16. Kadrickaya E.A., Shkol'nikova M.N., Kokoreva L.A. Justification of the composition of confectionery glaze with buckwheat husk melanin. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* [XXI century: the results of the past and the problems of the present plus], 2022. vol. 11. no.1(57). pp. 58–63. (in Russian)

17. Korpacheva S.M., Chugunova O.V., Poznyakovskij V.M. Use of buckwheat husk powder in recipes and technology of biscuit semi-finished product production. *Industriya pitaniya* [Food industry], 2021. vol. 6. no. 4. pp. 55–63. (in Russian)

18. Sevodina N.A. Lasko A.V., Shkol'nikova M.N. The prospect of using buckwheat husk to obtain vegetable oil. *Lomonosovskie chteniya na Altae: fundamental'nye problemy nauki i obrazovaniya: sbornik nauchnykh statej mezhdunarodnoj konferencii. Otvetstvennyj redaktor Rodionov E.D.* [Lomonosov readings in Altai: fundamental problems of science and education: sat. scientific. Art. International Conference. ed. Rodionov E.D.]. Barnaul, Altai State University, 2017. pp. 1066–1067. (In Russian).

19. Kramarenko M.V., Nesmeyanova A.V. The use of buckwheat husks as a substrate for growing common oyster mushrooms. *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK: materialy vsrossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V IV tomah* [Scientific research of students in solving urgent problems of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian student scientific and practical conference: in the IV volume]. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, 2022, pp. 244–249. (In Russian).

20. Somin V.A., Komarova L.F., Kutalova A.V. Research on the use of buckwheat husks for softening water. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya* [Izvestia universities. Applied Chemistry and Biotechnology], 2020, vol. 10, no. 2(33). pp. 213–222. (in Russian)

21. Kuznecova E.A., Klimova E.V., Shayapova L.V. Production of buckwheat husk powder – a way to create waste-free high-efficiency technologies. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Leguminous and cereal crops], 2021, no. 1(37), pp. 69–75. (in Russian)

22. Vtorushina O.O., Subbotina D.A., Abyzova E.A., Kutalova A.V. Sorbents based on buckwheat husks for water purification from nickel compounds. *Himiya i himicheskaya tekhnologiya v XXI veke: materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennoj 115-letiyu so dnya rozhdeniya professora L.P. Kulyova. Tom 2* [Chemistry and chemical technology in the 21st century: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists dedicated to the 115th anniversary of the birth of Professor L.P. Kulev. Volume 2].

Tomsk, National Research Tomsk Polytechnic University, 2015, pp. 155–157. (In Russian).

23. Lemeshevskij A.I., Simkin Yu.Ya. The use of buckwheat husk to obtain active coals. *Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavtiki: sbornik materialov V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Dnyu kosmonavtiki. V 3-h Tomah. Tom 2* [Actual problems of aviation and cosmonautics: sat. materials of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the Day of Cosmonautics: in 3 volumes. Volume 2]. Krasnoyarsk, Siberian State University of Science and Technology named after Academician Reshetnev M.F., 2019. pp. 500–502. (In Russian).

24. Eremin I.S., Zajceva E.A., Rossolova A.S., Voronina K.E. *Pishcha. Production of thermochemically modified adsorbent based on buckwheat husk. Ekologiya. Kachestvo: trudy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Food. Ecology. Quality: works of the XVII International Scientific and Practical Conference]. Ekaterinburg, Ural State Economic University, 2020, pp. 227–231. (In Russian).

Об авторах:

САМОДОЛОВА Олеся Александровна

аспирант кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем

Южно-Уральский государственный университет

454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76

E-mail: samodolova@mail.ru

SAMODOLOVA Olesya A.

Postgraduate Student of the Town Planning, Engineering Networks and Systems Chair

South Ural State University

454080, Chelyabinsk, Lenin Prospekt, 76

E-mail: samodolova@mail.ru

УЛЬРИХ Дмитрий Владимирович

доктор технических наук, доцент, директор

архитектурно-строительного института

Южно-Уральский государственный университет

454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76

E-mail: ulrikhdv@susu.ru

ULRIKH Dmitrii V.

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,

Director of the Institute of Architecture and Construction

South Ural State University

454080, Chelyabinsk, Lenin Prospekt, 76

E-mail: ulrikhdv@susu.ru

ЛОНЗИНГЕР Татьяна Модровна

кандидат технических наук, доцент,

научный сотрудник кафедры материаловедения

и физико-химии материалов

Южно-Уральский государственный университет

454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76

E-mail: lonzinger@m@susu.ru

LONZINGER Tatiana M.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor,

Researcher of the Materials Science, Physical and

Chemical Properties of Materials Chair

South Ural State University

454080, Chelyabinsk, Lenin Prospekt, 76

E-mail: lonzinger@m@susu.ru

Для цитирования: Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М. Использование лужги гречихи (гранулированной) в очистке городских поверхностных сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 37–44. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.5.

For citation: Samodolova O.A., Ulrikh D.V., Lonzinger T.M. Using Granuated Buckwheat Husks in Urban Surface Runoff Treatment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 37–44. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.5.

А. К. СТРЕЛКОВ
М. В. ШУВАЛОВ
А. А. ПАВЛУХИН
М. Д. ЧЕРНОСВИТОВ

РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕТЕЙ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЕ ГОРОДА САМАРЫ

RECONSTRUCTION OF RAIN SEWER NETWORKS
IN THE HISTORICAL BORDER OF THE CITY OF SAMARA

Состояние централизованной системы водоотведения за несколько десятков лет претерпело некоторые изменения, в статье рассматривается проблема негативного влияния снижения расхода водопотребления на инженерные сооружения – от выпадения и цементирования осадка в трубопроводах и концентрирования стока вследствие уменьшения расхода до влияния на работу насосных станций и очистных сооружений. Выдвигается предположение, как изучаемую проблему частично можно решить при помощи дождевых сточных вод, которые отводятся без должной очистки в водные объекты. В статье рассмотрены существующие системы водоотведения в Самаре, стоимость очистных сооружений для дождевых вод, а также предлагаемый проект реконструкции дождевой сети для выпусков, находящихся в границах исторической части Самары.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, снижение водопотребления, канализационные очистные сооружения, выпуски ливневой канализации, хозяйственно-бытовая канализация, дождевая канализация

Поверхностный сток воздействует на водные объекты периодически, причем интенсивность воздействия резко колеблется. При определении пропускной способности очистных сооружений ориентация на максимальные расходы ливневого стока редкой повторяемости, на прием и отведение которого рассчитывается сеть дождевой канализации, нецелесообразна, так как это приводит к повышенным затратам на строительство очистных сооружений при их кратковременной работе на полную производительность [1].

Системы очистки поверхностного стока должны быть рассчитаны на значительные расходы, что требует высоких капитальных затрат. Специфика химического состава сточных вод (достаточно высокие концентрации нефтепродуктов и СПАВ (синтетические поверхностно активные

The state of the centralized wastewater disposal system has undergone some changes over several decades, the article presents the problem of the negative impact of reducing water consumption costs on engineering structures, from precipitation and cementation of sediment in pipelines and concentration of runoff due to reduced flow, to the impact on the operation of pumping stations and treatment facilities. It is suggested that the problem under study can be partially solved with the help of rainwater, which is discharged without proper treatment into water bodies. The article discusses the existing drainage systems in Samara, the cost of treatment facilities for rainwater, as well as the proposed project for the reconstruction of the rain network for outlets located within the boundaries of the historical part of Samara.

Keywords: surface wastewater, reduction of water consumption, sewage treatment facilities, storm sewer releases, household sewerage, rain sewer

вещества) обуславливает применение дорогостоящих систем сорбционной очистки с частой заменой фильтрующих загрузок, поэтому эксплуатационные затраты чрезвычайно высоки [2, 3].

Общая водосборная площадь селитебной территории, с которой осуществляется сброс поверхностного стока через сети дождевой канализации в Саратовское водохранилище, составляет порядка 3900 га, в Самарский залив Саратовского водохранилища – 7930 га. Общая водосборная площадь промышленных предприятий – около 1461 га [4].

Годовой расход сточных вод оценивается примерно в 42,5 млн м³/год, в том числе: с селитебной территории – 28 млн м³/год; с территории промышленных предприятий (включая условно чистые стоки) – 9 млн м³/год; дренажные (инфильтрационные) воды – 4,5 млн м³/год [4].

Генпланом городского округа Самара предусмотрено строительство очистных сооружений по очистке ливневых сточных вод, сбрасываемых с территории города в Саратовское водохранилище – 10 выпусков и в реку Самару – 13 выпусков. Общий объем неочищенных ливневых и производственных сточных вод составляет более 14,0 млн м³/год. Валовое количество загрязняющих веществ, поступающих с этими сточными водами в водные объекты, сопоставимо с объемом загрязнений, сбрасываемых с очистных сооружений Самары в Саратовское водохранилище согласно Постановлению Администрации городского округа Самара от 25 июля 2012 года № 903.

Так, например, проектирование и строительство очистных сооружений дождевой канализации для выпуска «Горячий ключ» производительностью 27 тыс. м³/сут (1126 м³/ч) обошлось бы бюджету в 241 351,8 тыс. р.

Дождевая канализация Самары выполнена по полной раздельной схеме канализования. В систему дождевой канализации сбрасывается:

- поверхностный сток с промышленной и селитебной территории;

- промышленный сток, дренажный сток теплотрассы;
- дренаж грунтовых вод с промышленной и селитебной зон;
- поливомоечные воды.

В границах исторической части Самары находятся 10 выпусков дождевой канализации (рис. 1), 6 осуществляют сброс в Саратовское водохранилище (р. Волга), остальные 4 – в залив Самарский Саратовского водохранилища (р. Самара) [5]. Информация о границе исторической части города взята из [6].

В табл. 1 приводится информация о площади водосбора, длине коллектора, диаметре выпуска за 2004 и 2013 гг. согласно [7] и Постановлению Администрации городского округа Самара от 27 июля 2012 г. № 947.

Выпуски «Ульяновский», «Вилоновский», «Некрасовский», представленные в табл. 1, отводящие поверхностные стоки в Саратовское водохранилище, расположены во втором и третьем поясах зоны санитарной охраны водозаборных сооружений города согласно Постановлению Администрации городского округа Самара от 27 июля 2012 г. № 947.

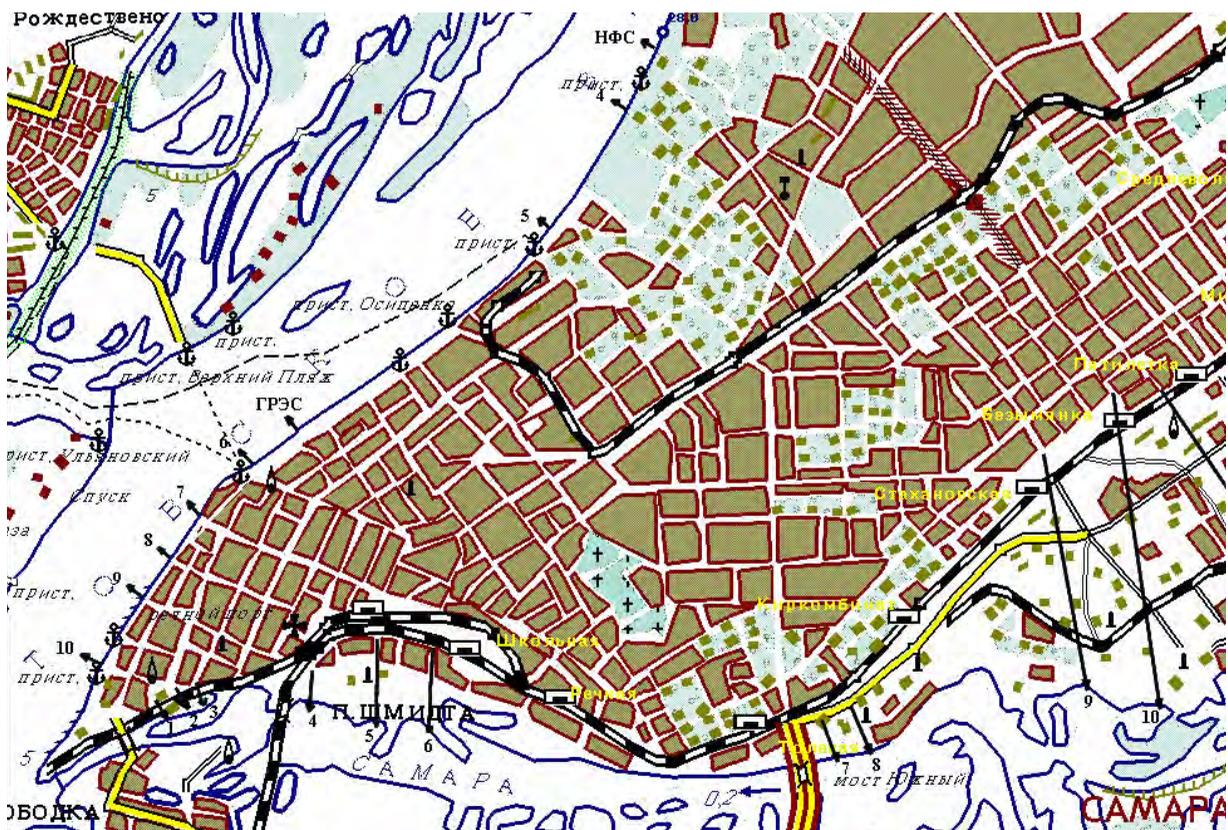


Рис. 1. Схема выпусков ливневой канализации в исторической части города Самары [6]. Выпуски сточных вод в Саратовское вдхр.: 6 – Ульяновский; 7 – Вилоновский; 8 – Некрасовский; 9 – Ленинградский; 10 – Комсомольский. Выпуски сточных вод в р. Самара: 1 – Хлебная площадь; 2 – Крупский; 3 – Судоремонтный завод; 4 – Горячий ключ; 5 – Деповский

Таблица 1

Данные о выпусках ливневой канализации
в исторической части города за 2004 и 2013 гг.

Выпуск	Площадь водосбора, га		Длина коллектора, м		Диаметр выпуска, мм	
	2004	2013	2004	2013	2004	2013
Сброс в р. Волгу						
Ульяновский	528,77	806,77	5809	4940	900	1420x2
Вилоновский	11,25	50,45	850	850	800	800
Некрасовский	16,95	56,95	440	440	600	600
Ленинградский	13,05	73,05	692	692	600	600
Пионерский	–	86,7	–	450	–	600
Комсомольский	15,6	49,57	680	680	600	600
Сброс в р. Самару						
Хлебная площадь	4,7	114,7	50	50	900	900
Крупский	5,7	8,6	200	200	1000	1000
Судоремонтный завод	–	–	–	–	–	–
Горячий ключ	58,06	121,56	2197,5	2197,5	1800	1800

Согласно Постановлению Администрации городского округа Самара от 27 июля 2012 г. № 947 площадь водосбора рассматриваемых выпусков за десять лет увеличилась, также вырос процент и площадь водонепроницаемой поверхности, что неизбежно привело к увеличению поверхностного стока. Из табл. 1, основанной на вышеупомянутом документе, видно насколько увеличилась площадь водосбора и расчетный объем ПоСВ (поверхностные сточные воды), сбрасываемый через указанные выпуски в поверхностные водные объекты.

Что же касается значительных колебаний расходов за время одного дождя, то, согласно [8], это связано с урбанизированностью территорий, где вследствие большого количества водонепроницаемых поверхностей, во-первых, наблюдается изменение водного баланса территории с увеличением количества поверхностного стока в 2–4 раза, во-вторых, повышение пиковых расходов поверхностного стока ввиду низкой водозадерживающей способности (рис. 2).

Не только выпуски, находящиеся в историческом центре города (карта границы исторической части отмечена на рис. 1), не оборудованы локальными очистными сооружениями, но вообще все выпуски дождевой канализации Самары сбрасывают загрязненные стоки в водоем без очистки [9].

Выпуски ливневой канализации в исторической части города, отводящие ПоСВ с волжского склона («Ульяновский», «Вилоновский», «Некрасовский», «Ленинградский», «Пионерский», «Комсомольский»), не оборудованы очистными

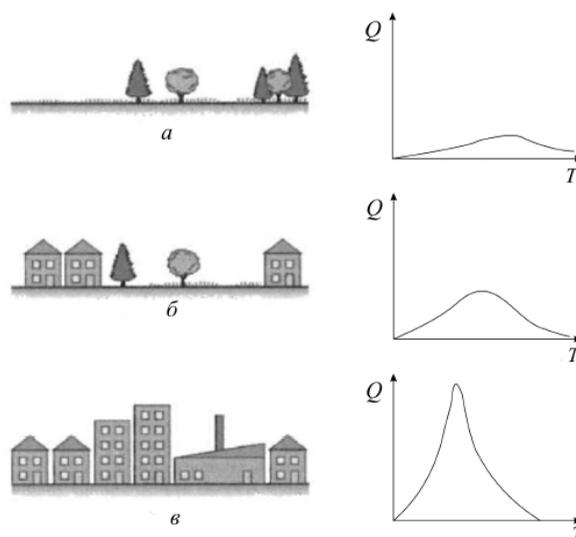


Рис. 2. Гидрограф поверхностного стока с различных водосборных территорий [8]: а – естественная среда; б – небольшие города; в – крупные города

ми сооружениями ввиду стесненных условий, а также потому, что являются выпусками руслового типа. Так, выпуски «Вилоновский», «Некрасовский», «Ленинградский», «Пионерский» и «Комсомольский» проложены под набережной, а это означает, что очистные сооружения (или аккумулирующие резервуары) должны быть выполнены в подземном исполнении, поскольку для надземных очистных сооружений отсутствует площадка под строительство. Также строительство наземных очистных сооружений

на набережной негативно повлияло бы на эстетический облик города и негативно отразилось на архитектурном наследии.

Поскольку проектирование очистных и аккумулирующих резервуаров в таких условиях является непростой инженерной задачей, предполагается разработать несколько вариантов будущей схемы реконструкции дождевой системы канализации (рис. 3).

Идея проекта реконструкции заключается в том, что сток, который в данный момент сбрасывается в водоем без очистки, будет регулироваться и очищаться до нормативов сброса в канализационную сеть, где, смешиваясь с хозяйственно-бытовым стоком, в дальнейшем будет направляться на городские канализационные очистные сооружения.

Влияние снижения норм водопотребления на хозяйственно-бытовую канализацию

В последние несколько десятилетий нормы водопотребления неуклонно сокращались, что нашло отражение в СП 31.13330 «СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» сначала 2012, а затем и 2021 года. Сравнение норм водопотребления представлено в табл. 2. Так, например, расчетное хозяйствен-

но-питьевое водопотребление для районов с централизованным горячим водоснабжением уменьшилось почти в два раза.

После нескольких социальных и экономических кризисов много предприятий города было закрыто, что существенно уменьшило объем сбросов промышленных стоков. Из-за повышения тарифов население сократило количество потребляемой воды, что в свою очередь нашло отражение в нормативных документах.

В связи с тем, что объем хозяйственно-бытовых стоков уменьшился, в трубопроводах, запроектированных и смонтированных в прошлом веке, уменьшилась и скорость движения в сети водоотведения города. Уменьшение скорости движения воды привело к биообрастанию в трубопроводе, скапливанию нежелательных газов и т. д.

Предполагается, что в коллекторе на определенное время, при минимальных расходах поверхностного стока или любого другого, могут накапливаться загрязнения, которые затем с увеличением расхода и скорости течения воды взвешиваются потоком и перемещаются на нижележащие участки сети [9].

Однако в настоящее время в действующих системах водоотведения, в условиях снижения расходов сточных вод вследствие внедрения систем учета расходов воды в быту и в промыш-

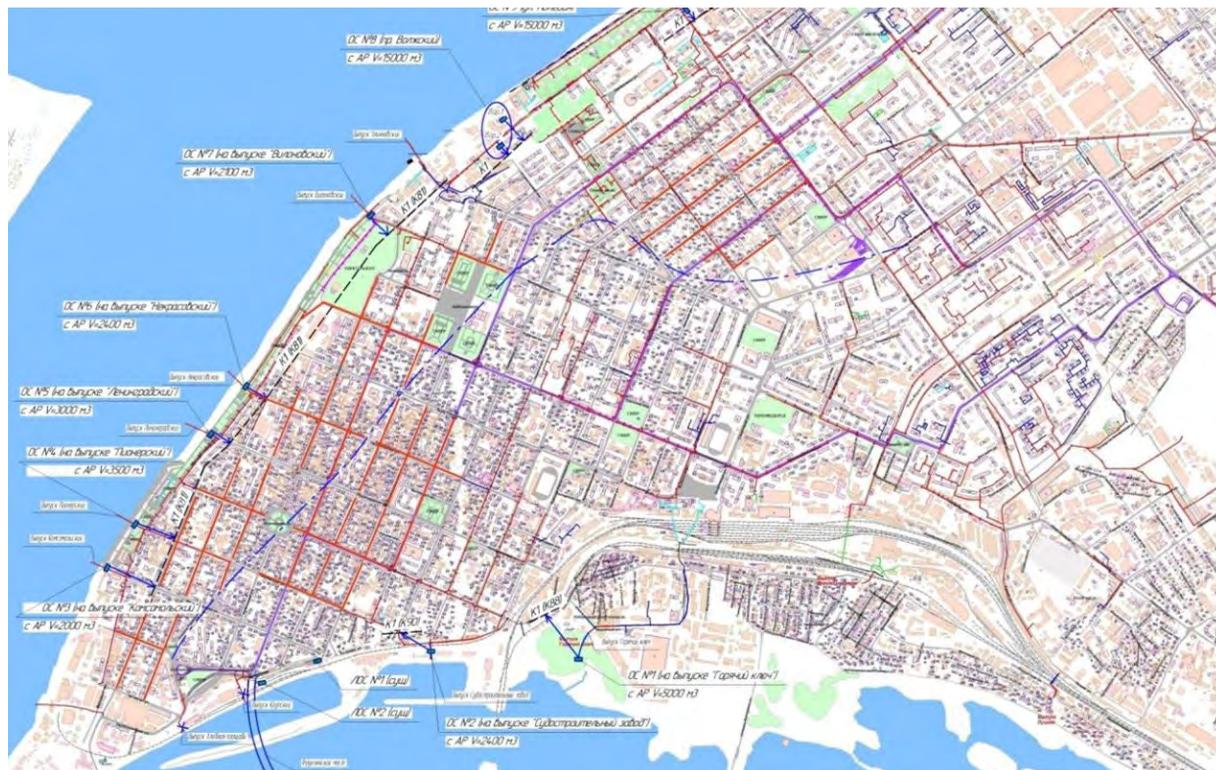


Рис. 3. Вариант реконструкции выпусков дождевой канализации [10]

Таблица 2

Сравнение норм водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды

Показатель	СНиП 84*	СП 2012**	СП 2021***
Степень благоустройства районов жилой застройки	Расчетное хозяйственно-питьевое водопотребление в поселениях и городских округах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут		
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией: без ванн	125–160	125–160	–
То же, с ванными и местными водонагревателями	160–230	160–230	140–180
То же, с централизованным горячим водоснабжением	230–350	220–280	165–180
СНиП 84* – СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» СП 2012** – СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» СП 2021*** – СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»			

ленности, существующие диаметры и уклоны труб отдельных участков не обеспечивают самоочищающиеся скорости, поэтому взвешенные вещества оседают в лотках труб. В результате на дне трубопровода постепенно оседают и накапливаются различные твердые вещества, в особенности песок, прочно «цементирующийся» канализационным илом. Образовавшийся таким образом осадок «укатывается» слоем текущей воды, увеличивая шероховатость труб и, соответственно, сопротивление потоку жидкости [11]. Многокомпонентность состава, разнообразность фракций протекающей смеси, непостоянство гидродинамики потока, из-за уменьшений скорости стока, приводят к выпадению осадка в лотки сетей и сооружений, а также обрастанию биопленкой стенок коллекторов. Далее в выпавшем осадке идут процессы брожения, сопровождающиеся выделением метана и аммиака. Жизнедеятельность бактерий в закрепившейся биопленке влечет за собой выделение в водную среду сероводорода и углекислого газа [12].

Разрабатываются технические альтернативы, обеспечивающие высокую эффективность использования воды, в дополнение к существующим централизованным системам транспортировки и очистки воды и сточных вод. Зарубежными исследователями была создана комплексная модель, интегрирующая процессы транспортировки и трансформации в канализационных трубах, и смоделирована для различных сценариев перехода. Важным выводом исследования [13] является то, что уменьшение расхода и повышение концентрации химического потребления кислорода (ХПК) приводят к накоплению отложений и сульфидов в канализационных трубах. Для исследованной канализационной системы при снижении общего суточного расхода на 50 % было обнаружено, что в 30 % труб накапливаются отложения

и 30 % труб испытали воздействие из-за присутствия сульфидов в различных состояниях в зависимости от температуры сточных вод. Было установлено, что произведение двух расчетных параметров, диаметра и наклона русла является подходящим показателем способности трубы накапливать отложения [13].

Влияние снижения расходов бытовых сточных вод на инженерные объекты

В настоящее время в системе городской канализации на балансе муниципального предприятия Самары «Самараводоканал» находится 20 канализационных насосных станций производительностью 1 – 36 тыс. м³/ч. Производительность крупнейших главных насосных станций, перекачивающих сточные воды с бассейновых коллекторов на городские очистные канализационные сооружения, составляет:

- канализационная насосная станция № 13 – 36 тыс. м³/ч;
- канализационная насосная станция № 6 – 23 тыс. м³/ч;
- канализационная насосная станция № 6а – 23 тыс. м³/ч.

Городские очистные канализационные сооружения (ГОКС) Самары были запроектированы на очистку почти 1 млн. м³/сут [14], фактический приток на текущий момент колеблется в районе 500 тыс. м³/сут. Но не только ГОКС города не «дозагружены», ранее упомянутая КНС № 6 перекачивает в весенний период примерно 6,2 тыс. м³/ч, а в зимний период и вовсе 4,8 тыс. м³/ч, что составляет 27 и 21 % соответственно от проектной мощности.

Как отмечалось выше, проектная мощность сооружений – 1 млн. м³ стоков в сутки. За период с 1994 по 2006 гг. среднесуточное посту-

пление составило 704,8 тыс. м³/сут [14], за 2008 – 2010 гг. – 551,3 тыс. м³/сут [15].

Согласно данным, представленным в отчете [15], сооружения механической очистки на ГОКС, в состав которых входят песколовки и первичные радиальные отстойники, работают достаточно эффективно для обеспечения допустимых концентраций загрязняющих веществ в осветленной сточной воде перед сооружениями биологической очистки. Однако наблюдаемая эффективность достигается главным образом за счет малых расходов поступающих сточных вод (проектная производительность сооружений, как говорилось выше, – 1 млн. м³/сут, фактический среднесуточный расход сточных вод за 2008 – 2010 гг. составил 551 300 м³/сут) и низких концентраций загрязнений в исходной сточной воде.

Также из отчета следует, что с точки зрения экономической эффективности, определяемой производительностью сооружений и эффектом очистки, существующие сооружения механической очистки работают недостаточно эффективно [15].

Выводы. 1. Снижение водопотребления негативно отразилось на инженерных объектах, таких как трубопроводы, насосные станции, канализационные очистные сооружения, поскольку запроектированы они были на вдвое больший расход сточных вод, чем тот, что поступает в настоящее время. Это привело к заилению в трубопроводах, поскольку не соблюдаются самопромывающиеся скорости, что в свою очередь приводит к уменьшению полезного сечения трубопровода, затруднению движения жидкости, а также образованию сероводорода, метана, аммиака, углекислого газа из выпавшего «осадка» в трубопроводе.

2. Перекачивание поверхностных сточных вод позволит решить не только проблему заиления трубопроводов, но и снизит антропогенное воздействие на водоем, будет способствовать разбавлению в некоторой степени хозяйственно-бытового стока и увеличению объема поступающих стоков на городские очистные канализационные сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эпоян С.М., Лукашенко С.В., Гетманец Н.И. Интенсификация очистки поверхностно-ливневых сточных вод // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. 2013, Vol. 15, no. 6, pp. 149–156. Режим доступа: <http://journals.pan.pl/Content/91322/mainfile.pdf> (дата обращения: 16.05.2022).

2. Первов А.Г., Матвеев Н.А., Карасев П.Л., Мотовилова Н.Б. Очистка поверхностного стока от нефтепродуктов и СПАВ с использованием систем обрат-

но осмоса // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 1. С. 36–42.

3. Продроус О.А., Шлычков Д.И. Методологические подходы к оценке эффективности эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 4. С. 34–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.5.

4. Быкова П.Г., Палагин Е.Д., Гриднева М.А., Павлухин А.А. Поверхностные сточные воды г. Самары: влияние сезонных факторов // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 12. С. 28–34.

5. Шувалов М.В., Шувалов Р.М. Капитальный ремонт и реконструкция канализационных сетей в Самаре // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 23–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.4.

6. Артёмов. Самара как историческое поселение. Границы, предмет охраны, максимальная высота и улица, с которой все начнется 19 июля 2019, 12:27. Режим доступа: https://drugoigorod.ru/historical_settlement-2/ (дата обращения: 29.09.2022).

7. Гриднева М.А. Совершенствование отведения и очистки поверхностных сточных вод урбанизированных территорий: дис. ... канд. техн. наук / СГАСУ. Самара, 2004. 161 с.

8. Мелехин А.Г., Щукин И.С. Применение бионженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2012. № 1. С. 122–131. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_18402873_55466592.pdf (дата обращения: 18.07.2022).

9. Калинин А.В. Проблемы организации отведения поверхностного стока с территории городского округа Тольятти: монография. Тольятти, 2014. 163 с.

10. ВОЛГА НЬЮС. Автор – Маша Иванова. «Проект реконструкции сетей дождевой канализации в историческом поселении Самары разработают за 180,5 млн рублей». Режим доступа: <https://volga.news/article/639076.html> (дата обращения: 01.10.2022).

11. Мкртчян Т.М., Сертукрылов Н.С. Определение коэффициентов шероховатости и Шези для расчета участков сетей водоотведения в условиях сокращения расходов сточных вод // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 27. № 4. С. 215. Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_74_mkrtchyan.pdf_1925.pdf (дата обращения 29.11.2022).

12. Габитов Р.А., Телятникова А.М. Процесс образования сероводорода в канализации и последствия его выделения в окружающую среду // Молодой ученый. 2020. № 21 (311). С. 463–465. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/311/70408/> (дата обращения: 29.12.2022).

13. Penn R., Maurer M. Effects of Transition to Water Efficient Solutions on Existing Centralized Sewer Systems – An Integrated Biophysical Modeling Approach // Water Resour. Res. 2021. Vol. 57, № 9.

14. Стрелков А.К., Степанов С.В., Кирсанов А.А. Интенсификация процессов биологической очистки на очистных канализационных сооружениях г. Сама-

ры // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 9, ч. 2. С. 30 – 37.

15. Технический отчёт по теме «Разработка концепции по доведению очищенных сточных вод городских очистных канализационных сооружений г.о. Самара до норм норматива допустимого сброса. Самара, 2011. 144 с.

REFERENCES

1. Epoyan S.M., Lukashenko S.V., Getmanets N.I. Intensification of surface-storm wastewater treatment. *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture*, 2013, vol. 15, no. 6, pp. 149–156. Available at: <http://journals.pan.pl/Content/91322/mainfile.pdf> (accessed 16 May 2022)
2. Pervov A.G., Matveev N.A., Karasev P.L., Motovilova N.B. Purification of surface runoff from petroleum products and surfactants using reverse osmosis systems. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2013, no 1, pp. 36–42. (in Russian)
3. Prodous O.A., Shlyichkov D.I. Methodological Approaches to Assessing the Efficiency of Operation of Gravity Drainage Networks with Deposits in the Tray Part of Pipes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 34–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.5
4. Bykova P.G., Palagin E.D., Gridneva M.A., Pavlukhin A.A. Surface wastewater of Samara: the influence of seasonal factors. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2018, no 12, pp. 28–34. (in Russian)
5. Shuvalov M.V., SHuvalov P.M. Major Rebuilding and Reconstruction of Sewer Networks in Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 23–28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.4
6. Artemov A. Samara as a historical settlement of the Border, the subject of protection, the maximum height and the street from which everything will begin on July 19, 2019, 12:27. Available at: https://drugoigorod.ru/historical_settlement-2/ (accessed 29 September 2022)
7. Gridneva M.A. *Sovershenstvovaniye otvedeniya i ochistki poverkhnostnykh stochnykh vod urbanizirovannykh territoriy. Cand. Diss.* [Improvement of drainage and treatment of surface wastewater of urbanized territories, Cand. Diss.]. Samara, 2004. 161 p.
8. Melekhin A.G., Shchukin I.S. Application of bioengineering structures for the treatment of stormwater and meltwater from urbanized territories. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture], 2012, no. 1, pp. 122–131. (in Russian) Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_18402873_55466592.pdf (accessed 18 July 2022)
9. Kalinin A.V. *Problemy organizatsii otvedeniya poverkhnostnogo stoka s territorii gorodskogo okruga Tol'yatti* [Problems of the organization of the diversion of surface runoff from the territory of the Togliatti city district]. Togliatti, 2014. 163 p.
10. Volga News. The author is Masha Ivanova. “The project of reconstruction of rain sewer networks in the historical settlement of Samara will be developed for 180.5 million rubles.” Available at: <https://volga.news/article/639076.html> (accessed 01 October 2022)
11. Mkrtchyan T.M., Serpokrylov N.S. Determination of roughness and Shez coefficients for calculating sections of wastewater disposal networks in conditions of reducing wastewater costs. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2013, Vol. 27, no. 4, p. 215. (in Russian) Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_74_mkrtchyan.pdf_1925.pdf (accessed 29 November 2022)
12. Gabibov R.A., Telyatnikova A.M. The process of hydrogen sulfide formation in the sewer and the consequences of its release into the environment. *Molodoy uchenyj* [A young scientist], 2020. no. 21(311). pp. 463–465. (in Russian) Available at: <https://moluch.ru/archive/311/70408/> (accessed 29 December 2022)
13. Penn R., Maurer M. Effects of Transition to Water-Efficient Solutions on Existing Centralized Sewer Systems – An Integrated Biophysical Modeling Approach // *Water Resour. Res.* 2021. Vol. 57. N 9.
14. Strelkov A.K., Stepanov S.V., Kirsanov A.A. Intensification of biological purification processes at sewage treatment plants in Samara. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary engineering], 2006, no. 9, pp. 30–37. (in Russian)
15. Technical report on the topic “Development of a concept for bringing treated wastewater from urban sewage treatment plants of Samara to the norms of the permissible discharge standard. Samara, 2011. 144 p. (In Russian)

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: a19400209@yandex.ru

ШУВАЛОВ Михаил Владимирович

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, директор Академии строительства и архитектуры Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: mshuv57@gmail.com

ПАВЛУХИН Алексей Андреевич

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: a_pavluhin17@mail.ru

ЧЕРНОСВИТОВ Михаил Дмитриевич

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: mihail_che@mail.ru

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Head of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: a19400209@yandex.ru

SHUVALOV Mikhail V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Director of Academy of Civil Engineering and Architecture Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: mshuv57@gmail.com

PAVLUHIN Alexey A.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: a_pavluhin17@mail.ru

CHERNOSVITOV Mikhail D.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: mihail_che@mail.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Черноsvитов М.Д. Реконструкция сетей дождевой канализации в исторической границе города Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 45–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.6.

For citation: Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavluhin A.A., Chernosvitov M.D. Reconstruction of Rain Sewer Networks in the Historical Border of the City of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 45–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.6.

М. В. ШУВАЛОВ
Д. И. ТАРАКАНОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

**USING PIPES FROM VARIOUS MATERIALS
FOR WATER SUPPLY PIPE LINE NETWORK**

Представлены результаты анализа данных о сетях водоснабжения населенных пунктов России по состоянию на 2016–2022 гг. Все населенные пункты разделены на семь групп в зависимости от числа жителей. Для каждой группы установлено распределение водопроводных сетей в зависимости от материала труб. Наибольшее распространение получили стальные и чугунные трубы, которые широко применялись на протяжении последних 100 лет. Построены графики ввода в эксплуатацию водопроводных сетей из различных материалов по годам. За последние 25 лет наибольшее распространение получили пластмассовые трубы. На их долю после 2010 г. приходится 86,5 % вновь построенных водопроводных сетей без учета данных по Москве и Санкт-Петербургу. Собрана информация о сроках ввода в эксплуатацию отдельных участков сетей водоснабжения. Наибольшее количество действующих водопроводных сетей построено в период с 1980 по 1989 гг. В целом по всем населенным пунктам превышен нормативный срок службы для 40,8 % сетей. В ближайшие годы прогнозируется значительное увеличение использования пластмассовых труб в общей протяженности водопроводных сетей.

Ключевые слова: водопроводная сеть, материал труб, гидравлические характеристики, протяженность сетей водоснабжения, нормативный срок службы

Стоимость строительства системы водоснабжения и последующей ее эксплуатации в значительной степени зависит от применяемых труб. Поэтому правильный выбор материала труб является важной задачей при проектировании объекта. От этого напрямую зависит безаварийное и бесперебойное функционирование системы водоснабжения в целом.

При выборе материала труб обычно учитываются следующие требования: хорошие в течение длительного периода гидравлические характеристики; высокая коррозионная стойкость; устойчивость к внешним нагрузкам; долговременная герметичность соединений;

Presents the analysis of data on Russian settlements water supply pipe line networks as of 2016-2022. All the settlements are divided into seven groups depending on the population size. For each group, the distribution of water supply line depending on the material of the pipes is established. The most widespread pipes are steel and cast-iron pipes, which have been widely used in the last 100 years. Schedules for the commissioning of water supply line from various materials by years have been constructed. Over the past 25 years, plastic pipes have become the most widely used. After 2010, they accounted for 86.5% of newly built water supply line, excluding data for Moscow and St. Petersburg. Information was collected on the timing of commissioning of individual sections of water supply line. The largest number of operating water supply pipe line networks were built in the period from 1980 to 1989. In general, in all settlements, the standard service life was exceeded for 40.8% of networks. The authors believe that there will be a significant increase in the number of plastic pipes in the total length of water supply pipe line networks in the next few years.

Keywords: water supply pipe line network, pipe material, hydraulic characteristics, length of water supply pipe line network, standard service life

простота монтажа и хорошая ремонтпригодность; низкая стоимость.

С учетом вышесказанного для устройства наружных водопроводных сетей на разных этапах развития промышленности и строительной индустрии применялись асбестоцементные, железобетонные, пластмассовые, стальные и чугунные трубы.

В статьях [1, 2] представлена информация о трубах канализационных сетей населенных пунктов Российской Федерации по состоянию на 2014–2019 гг. В данной работе обобщена информация о водопроводных сетях 221 населенного пункта России, которые размещены в 65 административных районах страны (табл. 1) по состоянию на 2016–2022 гг.

Таблица 1

Количество жителей, тыс. чел.	Количество населенных пунктов	Административный район*
Менее 5	57	Республика Адыгея (2) Республика Башкортостан (2) Республика Бурятия (1) Республика Дагестан (1) Республика Калмыкия (2) Республика Коми (2) Республика Крым (1) Республика Марий Эл (1) Республика Северная Осетия – Алания (3) Республика Татарстан (17)
От 5 до 10	24	Удмуртская республика (3) Республика Хакасия (2) Чеченская республика (5) Чувашская республика – Чувашия (2) Алтайский край (2) Камчатский край (2) Краснодарский край (6) Красноярский край (3) Пермский край (3)
От 10 до 50	83	Ставропольский край (6) Хабаровский край (2) Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (5) Ямало-Ненецкий автономный округ (3) Амурская область (2) Астраханская область (3) Белгородская область (2) Брянская область (3) Владимирская область (8) Волгоградская область (2) Вологодская область (1) Воронежская область (2) Ивановская область (2) Иркутская область (5) Калининградская область (4) Калужская область (4) Кемеровская область – Кузбасс (6) Кировская область (1) Костромская область (4) Курганская область (2) Курская область (1)
От 50 до 100	25	Ленинградская область (5) Магаданская область (1) Московская область (6) Мурманская область (7) Нижегородская область (2) Новгородская область (2) Омская область (3) Оренбургская область (1) Орловская область (1) Пензенская область (4) Ростовская область (8) Рязанская область (1) Самарская область (9) Саратовская область (2) Свердловская область (6) Смоленская область (5) Тамбовская область (2) Тверская область (4) Томская область (4) Тульская область (5) Тюменская область (3) Ульяновская область (1) Челябинская область (6) Читинская область (2) Ярославская область (3)
От 100 до 500	23	
От 500 до 5 000	7	
Свыше 5 000	2	

* В скобках указано количество населенных пунктов из данного административного района.

В табл. 2 представлены данные о средней протяженности водопроводных сетей в населенных пунктах и о распределении в них труб из различных материалов.

Анализ данных табл. 2 показывает, что даже в населенных пунктах с числом жителей до 100

тыс. чел. трубы из разных материалов применяются крайне неравномерно. В них имеются водопроводные сети, выполненные только из одного типа труб на 90–100 %. Это объясняется разными причинами. В малых населенных пунктах числом жителей до 10 тыс. чел. водопроводные

Таблица 2

Количество жителей, тыс. чел.	Средняя протяженность сети, км	Распределение трубопроводов по материалу, %		
		материал	среднее значение	диапазон
Менее 5	12,23	Асбестоцемент	6,3	0–68,2
		Железобетон	0	Нет
		Пластмасса	30,4	0–100
		Сталь	45,7	0–100
		Чугун	17,6	0–100
От 5 до 10	41,6	Асбестоцемент	7,9	0–40,5
		Железобетон	0	Нет
		Пластмасса	32,7	0–100
		Сталь	39,3	0–100
		Чугун	20,1	0–97,3
От 10 до 50	84,95	Асбестоцемент	3,4	0–85,6
		Железобетон	0	Нет
		Пластмасса	21,6	0–87,1
		Сталь	47,6	0,9–100
		Чугун	27,4	0–88,7
От 50 до 100	201	Асбестоцемент	0,6	0–5
		Железобетон	0	Нет
		Пластмасса	9,6	0–49,8
		Сталь	56,4	1,5–100
		Чугун	33,4	0–95,6
От 100 до 500	446,19	Асбестоцемент	1,2	0–13,2
		Железобетон	0,9	0–6,8
		Пластмасса	10	0–76,8
		Сталь	52,8	17,2–100
		Чугун	35,1	0–72
От 500 до 5 000	1182,2	Асбестоцемент	2,2	0–5,3
		Железобетон	0,8	0–1,7
		Пластмасса	15,8	3,5–34
		Сталь	45,1	19–68,9
		Чугун	36,1	3–50,7
Свыше 5 000	10390,5	Асбестоцемент	0	Нет
		Железобетон	1,6	0,2–4
		Пластмасса	9,9	4–20
		Сталь	46,3	23,6–60
		Чугун	42,2	35,8–50,3

сети строились разом на всей территории за относительно небольшой промежуток времени и в дальнейшем практически не подвергались ни расширению, ни реконструкции. В городах, расположенных на севере страны или в районах с высокой сейсмичностью, водопроводные сети представлены исключительно стальными трубами. При этом в Вологодской, Ивановской областях, в Республике Татарстан тоже есть города, в которых доля стальных труб достигает 85–90 %. В крупных населенных пунктах присутствуют трубы из всех материалов.

Наибольшее распространение (по общей протяженности) в нашей стране получили стальные трубы благодаря своей способности выдерживать динамические нагрузки и высокой ремонтпригодности. При наличии антикоррозионной изоляции эти трубы способны прослужить достаточно долго. В настоящее время в некоторых городах еще функционируют стальные трубопроводы, построенные в 30-х гг. прошлого века. В целом доля стальных труб составляет 39,3–56,4 % для городов с разным числом жителей.

Также широкое распространение получили чугунные трубы, в первую очередь благодаря своей высокой коррозионной стойкости. Доля этих труб для разных групп населенных пунктов составляет 17,6–42,2 %. Отдельно необходимо обратить внимание на долговечность чугунных труб. Среди обследованных населенных пунктов более чем в 10 % городов имеются чугунные трубопроводы, возраст которых больше 100 лет или приближается к нему. В Калининградской области имеется много чугунных трубопроводов, построенных в довоенный «немецкий» период, а в г. Кинель Самарской области эксплуатируется участок водопроводной сети из чугунных труб длиной 1,1 км, построенный в 1889 г.

В публикациях таких авторов, как Н.Н. Абрамов, М.Г. Журба, Б.Н. Репин, М.А. Сомов и др. сообщается, что наиболее используемыми (т.н. «ходовыми») являются чугунные трубы, а стальные трубы применяются только при соответствующем обосновании для специфических грунтовых условий (макропористые или просадочные грунты, сейсмичность и т. д.), для ответственных сооружений или при высоком давлении в трубопроводе. Также эти авторы утверждают следующее: несмотря на то, что удельный расход металла в стальных трубах ниже, чем в чугунных, сталь является более дорогим и дефицитным материалом, и из-за необходимости экономии металла применение стальных труб строго ограничивается. Выполненные нами исследования показали, что это утверждение некорректное, а количество используемых стальных труб значительно превышает чугунные.

Асбестоцементные (0,0–7,9 %) и железобетонные трубы (0,0–1,6 %) применялись достаточно ограниченно. Асбестоцементные трубы производятся диаметром до 500 мм, поэтому наибольшая их доля приходится на населенные пункты с числом жителей до 10 тыс. чел. Исключением является станица Крыловская Краснодарского края, где 52,26 км сетей выполнено из асбестоцементных труб, что составляет 85,6 %. Железобетонные трубы соответственно применяются для транспортировки больших расходов воды в крупных городах или в групповых (районных) водопроводах.

Все вышеперечисленные трубы наравне с положительными моментами имеют свои недостатки, ограничивающие их область применения, к которым относятся: небольшая длина стандартных элементов, из-за чего возрастает трудоемкость монтажа; хрупкость и, как следствие, высокая материалоемкость; подверженность коррозии, что обуславливает небольшой срок службы.

Поэтому с 60-х гг. прошлого века в нашей стране начали применяться пластмассовые трубы, но массово их стали использовать начиная с 1998 г. (рис. 1). В связи с этим их доля в крупных городах (свыше 50 тыс. чел.) составляет 9,6–15,8 %, а в небольших населенных пунктах достигает 21,6–32,7 %. При этом имеется уже немалое количество населенных пунктов с числом жителей до 10 тыс. чел., например в Татарстане, где водопроводные сети на 95–100 % выполнены из пластмассовых труб. Обращает на себя внимание г. Тобольск Тюменской области с населением около 100 тыс. чел., в котором 76,8 % (171,54 км) сетей выполнены из пластмассовых труб. Близкие показатели имеют еще несколько городов с числом жителей 20–60 тыс. чел.

В настоящее время пластмассовые трубы представляются наиболее перспективными для устройства водопроводных сетей. На их долю приходится более 85 % вводимых в настоящее время в эксплуатацию водопроводных сетей. Основным недостатком пластмассовых труб являются только повышенные требования к устройству основания траншеи и материалу, используемому для обратной засыпки (отсутствие крупных включений) [3, 4]. Также пока не совсем понятно, как поведут себя пластмассовые трубы при больших сроках эксплуатации и какова при этом будет их ремонтпригодность. По всем остальным показателям они значительно превосходят применявшиеся ранее материалы.

Единственной альтернативой полимерным трубам являются трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ), которые по некоторым данным имеют один из самых низких показателей аварийности в сравнении с трубами

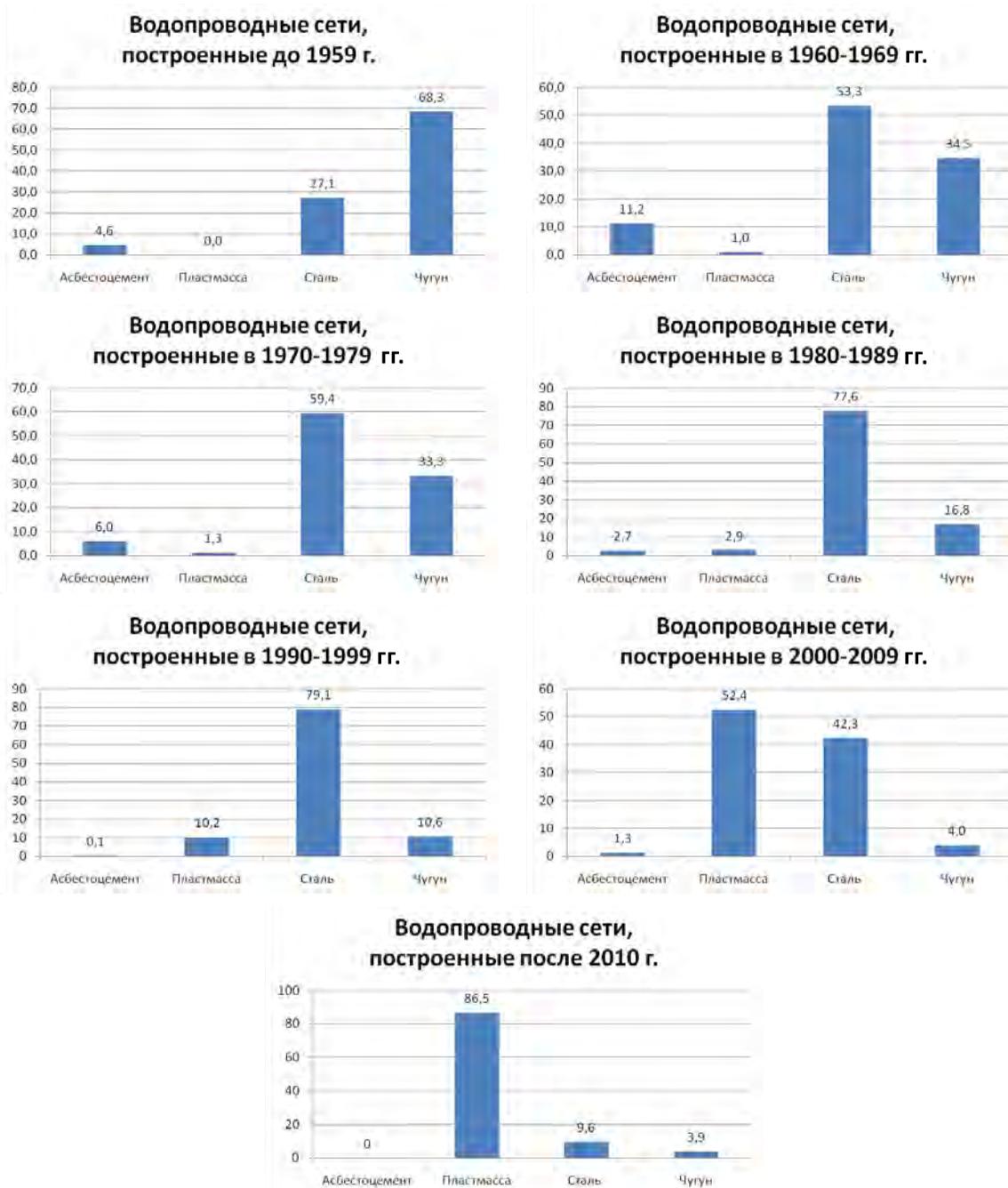


Рис. 1. Водопроводные сети, построенные в разные периоды

из других материалов, а срок службы в условиях почвенной коррозии оценивается в 80–100 лет [4]. Трубы из ВЧШГ имеют большую стоимость по сравнению с пластмассовыми, что значительно ограничивает их область применения.

В этой ситуации интересно рассмотреть крупнейшие города с числом жителей более 5000 тыс. чел. Доля пластмассовых труб в Санкт-Петербурге составляет 20 %, а в Мо-

ске – только 4 %, но при этом в Москве 19,9 % труб выполнено как раз из ВЧШГ, а 15,9 % (старые трубы) – из обыкновенного серого чугуна. Чье решение окажется верным, можно будет оценить не ранее чем через 20–30 лет.

Для оценки состояния водопроводных сетей в целом большой интерес представляет информация о фактическом сроке службы отдельных участков водопроводных сетей (рис. 2, 3).

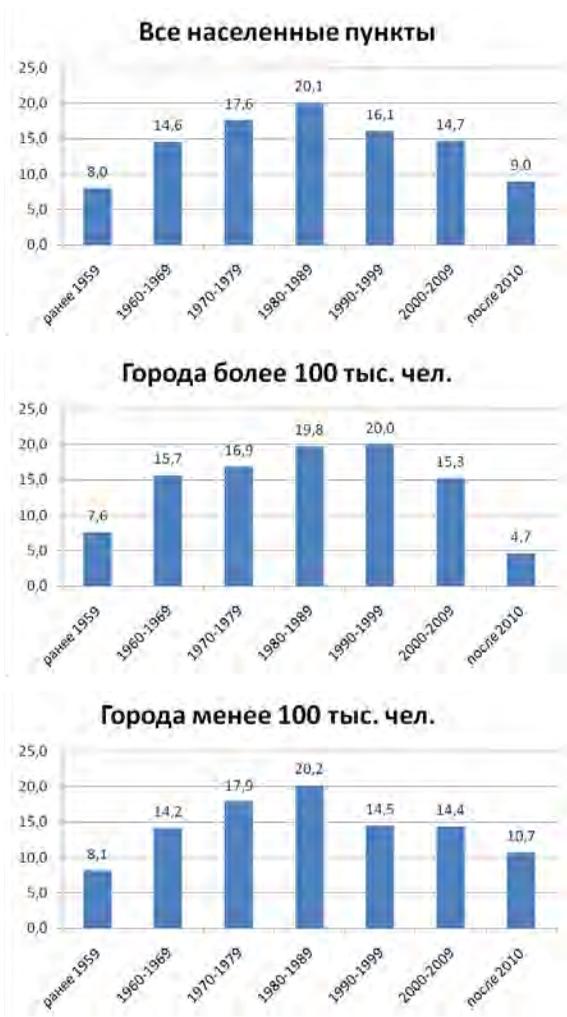


Рис. 2. Строительство водопроводных сетей по населенным пунктам

В данном анализе использовалась информация о 72 населенных пунктах, которые расположены в 42 административных районах страны. Интервал «после 2010 года» для различных населенных пунктов включает в себя от 4 до 10 лет, поэтому объем введенных в эксплуатацию водопроводных сетей меньше чем за предыдущий период.

Исходя из нормативных сроков службы водопроводных сетей, было установлено, что свой ресурс выработали: асбестоцементные трубы – 95,1 %, пластмассовые трубы – 0,8 %, стальные трубы – 64,5 %, чугунные трубы – 8,5 % (довоенной постройки). В целом по всем населенным пунктам превышен нормативный срок службы для 40,8 % водопроводных сетей.

Исходя из представленной информации, в ближайшее время следует ожидать значительного увеличения доли пластмассовых труб в общей протяженности сетей водоснабжения.



Рис. 3. Строительство водопроводных сетей по отдельным видам трубопроводов

Вывод. Установленное распределение трубопроводов водопроводных сетей по материалам труб для населенных пунктов с разным числом жителей показало, что наибольшую протяженность имеют стальные и чугунные трубопроводы. За последние 25 лет в России наибольшее распространение получили пластмассовые трубы. На их долю после 2010 г. приходится 86,5 % вновь

построенных водопроводных сетей без учета данных по Москве и Санкт-Петербургу. Приведенная информация о фактических сроках службы трубопроводов из различных материалов свидетельствует, что в целом по всем населенным пунктам превышен нормативный срок службы для 40,8 % водопроводных сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шувалов М.В., Тараканов Д.И. Применение труб из различных материалов для устройства канализационных сетей // Водоснабжение и санитарная техника. 2020. № 3. С. 54–58.
2. Using pipes from various materials for sewage network: theoretical analysis. Tarakanov D.I. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019. 2020. P. 012103.
3. Plastic pipes and their use in rainwater drainage systems. Tarakanov D.I. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «International Science and Technology Conference «Earth Science», ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4» 2022. P. 052032.
4. Данилович Д.А. Справочник наилучших эффективных технологий (базовые материалы). Раздел: водопроводные сети, сооружения и оборудование. М., 2015. 102 с.

Об авторах:

ШУВАЛОВ Михаил Владимирович

кандидат технических наук, директор Академии строительства и архитектуры, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: (846) 242-41-70
E-mail: dir_asa@samgtu.ru

ТАРАКАНОВ Дмитрий Иванович

кандидат технических наук, декан факультета инженерных систем и природоохранного строительства, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: (846) 242-41-70
E-mail: fispos@samgtu.ru

Для цитирования: Шувалов М.В., Тараканов Д.И. Применение труб из различных материалов для устройства водопроводных сетей // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 53–59. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.7.

For citation: Shuvalov M.V., Tarakanov D.I. Using Pipes from Various Materials for Water Supply Network. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 53–59. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.7.

REFERENCES

1. Shuvalov M.V., Tarakanov D.I. Using pipes from various materials for sewage network. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2020, no. 3, pp. 54–58. (in Russian)
2. Using pipes from various materials for sewage network: theoretical analysis. Tarakanov D.I. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019. 2020. P. 012103.
3. Plastic pipes and their use in rainwater drainage systems. Tarakanov D.I. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «International Science and Technology Conference «Earth Science», ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4» 2022. P. 052032.
4. Danilovich D.A. *Spravochnik nailuchshih jeffektivnykh tehnologij (bazovye materialy). Razdel: vodoprovodnye seti, sooruzhenija i oborudovanie* [Reference book of the best effective technologies (basic materials). Section: Water Supply Networks, Facilities and Equipment]. Moscow, 2015. 102 p.

SHUVALOV Mikhail V.

PhD in Engineering Sciences, Director of the Academy of Civil Engineering and Architecture Samara State Technical University, Associate Professor of Water Supply and Wastewater Disposal Chair 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: dir_asa@samgtu.ru

TARAKANOV Dmitry I.

PhD in Engineering Science, Dean of the Faculty of Engineering Systems and Environmental Construction Samara State Technical University, Associate Professor of Water Supply and Wastewater Disposal Chair 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244,
E-mail: fispos@samgtu.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 622.691.4

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.08

О. А. БАЛАНДИНА
Е. Б. ФИЛАТОВА
С. М. ПУРИНГ
А. И. ФИЛАТОВА

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОПОРАМИ НАДЗЕМНОГО ГАЗОПРОВОДА РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

BUILDING AN ALGORITHM FOR CALCULATION OF DISTANCES BETWEEN
OVERGROUND GAS PIPELINE SUPPORTS OF DIFFERENT DIAMETERS DEPENDING
ON CLIMATIC CHARACTERISTICS

Применение усредненных норм в процессе выполнения инженерных расчетов систем газораспределения существенно сокращает сроки проектирования, однако не учитывает влияние климатических условий эксплуатации линейных участков надземной газовой сети. В работе рассматривается возможность применения табличной модели алгоритма определения дистанций между опорами надземных газопроводов различных диаметров в зависимости от климатических характеристик на примере Самарской области. Приведены примеры визуализации информационной структуры вычислительных алгоритмов средствами электронных таблиц. Предложена блок-схема алгоритма расчета величин средних пролетов между опорами надземных газопроводов для различных климатических условий. Показаны преимущества использования предложенной методики табличного моделирования в инженерных расчетах газораспределительных систем.

Ключевые слова: газораспределительная сеть, расстояние между опорами, алгоритмическое табличное моделирование, визуализация, Microsoft Excel, табличная модель

The use of averaged norms in the process of performing engineering calculations of gas distribution systems significantly reduces the design time, but does not take into account the influence of climatic operating conditions of linear sections of the aboveground gas network. The paper considers the possibility of using a tabular model of the algorithm for determining the distances between the supports of aboveground gas pipelines of various diameters depending on climatic characteristics on the example of the Samara region. Examples of visualization of the information structure of computational algorithms by means of spreadsheets are given. A block diagram of an algorithm for calculating the values of average spans between aboveground gas pipeline supports for various climatic conditions is proposed. The advantages of using the proposed tabular modeling technique in engineering calculations of gas distribution systems are shown.

Keywords: gas distribution network, distance between supports, algorithmic tabular modeling, visualization, Microsoft Excel, tabular model

На сегодняшний день надземная прокладка газопроводов на опорах приобретает особую актуальность в связи с необходимостью технического перевооружения существующих

газовых сетей и строительства новых, в рамках программы газификации Самарской области на 2020–2024 годы (Приказ Министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяй-



ства Самарской области от 7 ноября 2019 года № 208 «Об утверждении программы газификации Самарской области на 2020-2024 годы, финансируемой за счет средств, полученных от применения специальных надбавок к тарифам на транспортировку газа обществом с ограниченной ответственностью «Средневожская газовая компания»» (с изменениями на 17 июня 2021 года)). Общая протяженность газопроводов, входящих в газораспределительную систему региона, составляет более 25 тыс. км, 60 % из которых приходится на долю надземной прокладки (Распоряжение Правительства Самарской области от 27 ноября 2020 года № 589-р «Об утверждении региональной программы газификации жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций Самарской области на 2020–2024 годы»). Критериями надежности на стадии эксплуатации газораспределительных систем являются их прочность и устойчивость, на сте-

пень которых существенно влияет правильно подобранная дистанция между опорными креплениями [1–3].

Расстояние между опорами, состоящими из столбчатых железобетонных фундаментов и металлических стоек, рекомендуется принимать руководствуясь требованиями СП 42-102-2004 и согласно результатам расчета на прочность и устойчивость. При выполнении вычислений должны быть удовлетворены условия обеспечения компенсации температурных удлинений, статической прочности, предельно допустимого прогиба и динамической. В случае необходимости удовлетворения всех условий расстояние между опорами принимается наименьшим из определения устойчивости (СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб).

Для определения величины среднего пролета газопровода из условия статической прочности применима формула

$$L_{ст} = (d_e - t_{ном}) \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi \cdot t_{ном} \cdot R}{q} \right)^{0,5} \cdot \left\{ 1 - 0,75 \left[\frac{p(d_e - 1,2 \cdot t_{ном})^2}{2 \cdot t_{ном} \cdot R} \right]^2 \right\}^{0,25} \cdot 10^3, \text{ м}, \quad (1)$$

где d_e – эквивалентный диаметр газопровода, мм; $t_{ном}$ – номинальная толщина стенки трубы, принимается для надземных газопроводов не менее 2 мм; R – расчетное сопротивление металла, МПа (СП 42 – 102 – 2004).

Нагрузки и воздействия на газопровод определяются с учетом собственного веса единицы длины газопровода q_g , Н/м, веса транспортируемого газа в единице длины газопровода q_g , Н/м, веса снежного покрова v_s , Н/м, веса обледенения v_i , Н/м, и ветровой нагрузки на единицу длины надземного газопровода w_n , Н/м [4, 5]:

$$q = [(q_g + q_g + v_s + v_i)^2 + w_n^2]^{0,5}, \text{ Н/м}. \quad (2)$$

При этом в выражении для q , Н/м, из нагрузок снеговой v_s и гололедной v_i принимается одна – наибольшая (СП 42-102-2004).

Как видно из приведенных ранее формул, для определения расстояния между опорами надземного газопровода предварительно должен быть выполнен расчет характеристик материала на прочность [4]. Однако подобные вычисления требуют значительных инженерных усилий и существенно увеличивают время выполнения рабочего проекта. Вследствие этого в практических работах обычно прибегают к использованию сводных примерных таблиц, разработанных с целью унификации конструктивных решений [6, 7]. Кроме того, для обеспечения надежности функционирования газораспределительных систем при принятии

проектных решений необходимо учитывать не только технические характеристики сети, но и влияние климатических условий зоны их эксплуатации [8].

На рынке программного обеспечения существуют специализированные программы, позволяющие определять расстояния между опорами [9, 10]. Однако их применение требует дополнительных инвестиций и времени на обучение исполнителя. Кроме того, пользователь отстранен от исходного формульного аппарата и от алгоритма вычислений [11]. В качестве программной поддержки в исследовании использованы пакеты электронных расчетных таблиц и графических инструментов Microsoft Excel, лишённые вышеупомянутых недостатков [12].

Авторами проведены расчеты величин средних пролетов газопровода из условия статической прочности для транспортировки осушенного природного газа согласно СП 42-102-2004 и для транспортировки газа, в котором возможно образование конденсата для двух вариантов:

1 вариант – расчет величин, выполненный для основной части Самарской области – IV район по снеговой нагрузке, III район по давлению ветра, III район по толщине стенки гололеда (СП 20.13330-2016 «Нагрузки и воздействия»

с Изменениями № 1,2. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*).

2 вариант – расчет величин, выполненный для западной части Самарской области (западнее г. Сызрани) – III район по снеговой нагрузке, II район по давлению ветра, IV район по толщине стенки гололеда (СП 20.13330.2016).

Последовательность расчетов определяется логической цепочкой, учитывающей исходные проектные данные (рабочее давление в газопроводе, материал, диаметр, толщину стенки, климатический район строительства и т. д.)

Для схематического представления алгоритма расчета величин средних пролетов между опорами надземных газопроводов для различных климатических условий составлена блок-схема, которая затем была применена в электронных таблицах Microsoft Excel.

Примеры реализации решения показаны на рис.1, 2.

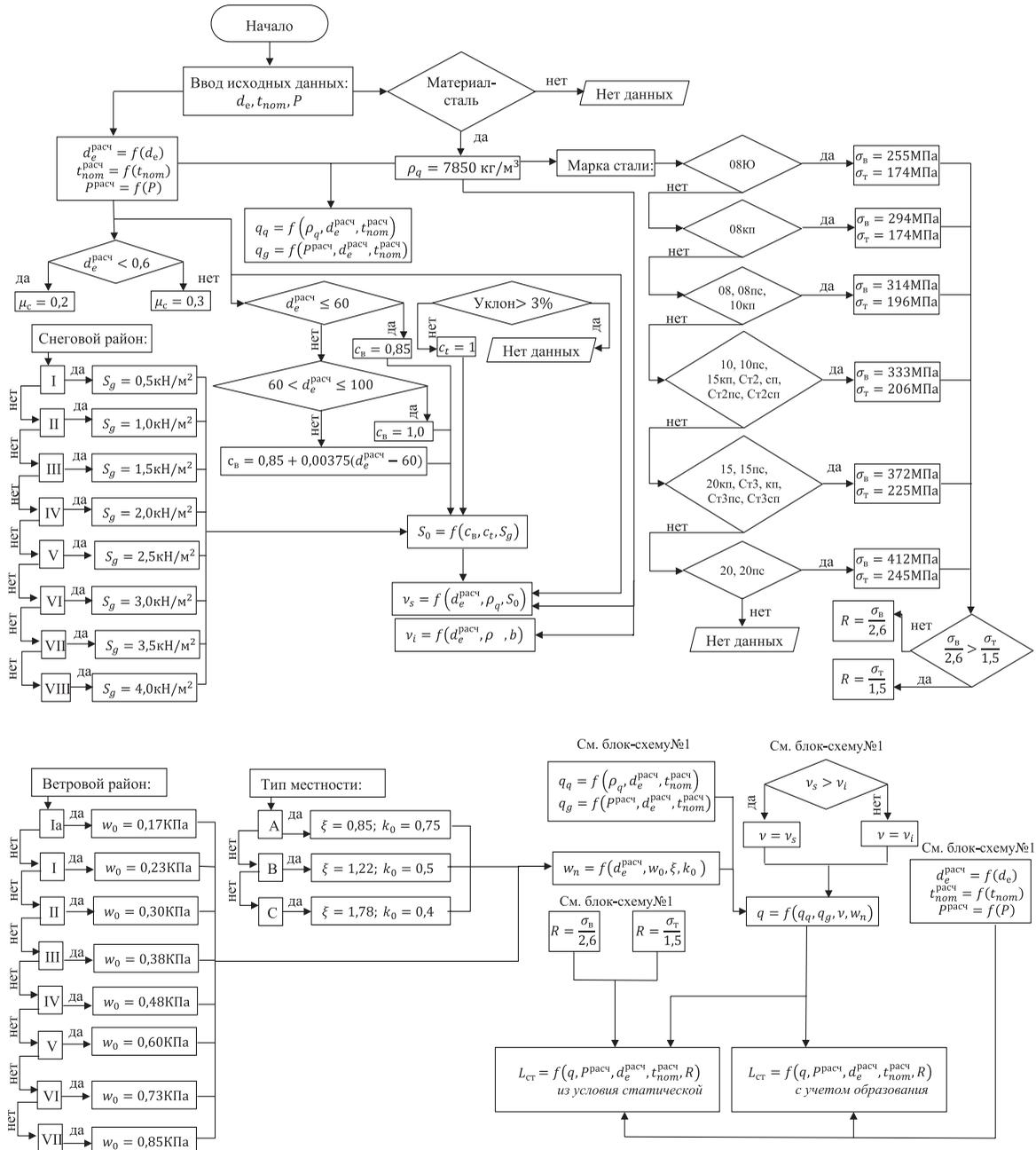


Рис.1. Блок-схема алгоритма расчета величин средних пролетов между опорами надземных газопроводов для различных климатических условий

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
1	Расчет величины среднего пролета газопровода из условия статической прочности (СП 42-102-2004)															
2	(для основной части Самарской области - IV р-н по снеговой нагрузке, III р-н по давлению ветра, III р-н по толщине стенки гололеда)															
3	СтЗсл, d 32x2,2 мм (dy 25)															
4	газопровод низкого давления															
5	Исходные данные		Ед-ца измерения	Величина	Источник данных		Ед-ца измерения	Величина	промежуточные расчетные величины		принимаемые в расчете значения					
6	наружный диаметр	d _e	мм	32	фактическое значение		м	0,032								
7	толщина стенки	t _{nom}	мм	2,2	фактическое значение		м	0,0022								
8	рабочее давление	P	Па	5000	фактическое значение		МПа	0,005								
9	временное сопротивление	σ _s	МПа	372	СП 42-102-204, табл. 4		МПа	143,077								
10	предел текучести	σ _r	МПа	225	СП 42-102-204, табл. 4		МПа	150			R= 143,1 МПа					
11	плотность материала труб	ρ _d	кг/м ³	7850	СП 42-102-204, п. 5.71		Цс=	0,2	Qq=	15,85	н/м					
12	нормативная снеговая нагрузка	S ₀	кгс/м ²	170	СП 20.13330.2016 п.10.1		н/м ²	1687,7	Qg=	4E-04	н/м					
13	толщина стенки гололеда	b	мм	10	СП 20.13330.2016 п. 12.2		м	0,01	VS=	10,67	н/м					
14	плотность льда	ρ	г/см ³	0,9	СП 20.13330.2016 п. 11.1.4		кг/м ³	900	Vl=	5,37	н/м	V= 10,67 н/м				
15	ветровое давление	w ₀	кгс/м ²	38	СП 20.13330.2016 п. 11.1.4		н/м ²	372,78	Wn=	14,27	н/м					
16	коэффициент пульсации	ζ		0,85	СП 42-102-204, табл. 7 (СП 20.13330.2016 п. 11.1.6)			0,85	q=	30,12	н/м					
17	изменение ветрового давления по высоте	k(z ₀)		0,75				0,75	L _{ст} =	9,350	м					
19	величина среднего пролета газопровода из условия статической прочности принята										9	м				
20	величина среднего пролета газопровода при возможном образовании конденсата										2,5	м				
22	газопровод среднего давления															
23	рабочее давление	P	Па	300000	фактическое значение		МПа	0,3	L _{ст} =	9,349	м	q=	30,12	н/м		
24	величина среднего пролета газопровода из условия статической прочности принята										9	м		Qq=	0,023	н/м
25	газопровод высокого давления															
26	рабочее давление	P	Па	1200000	фактическое значение		МПа	1,2	L _{ст} =	9,344	м	q=	30,12	н/м		
27	величина среднего пролета газопровода из условия статической прочности принята										9	м		Qq=	0,091	н/м

Рис.2. Результаты расчета величины среднего пролета газопровода (вариант 1)

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
29	Расчет величины среднего пролета газопровода из условия статической прочности (СП 42-102-2004)															
30	(для западной части Самарской области (западнее г. Сызрань) - III р-н по снеговой нагрузке, II р-н по давлению ветра, IV р-н по толщине стенки гололеда)															
31	СтЗсл, d 32x2,2 мм (dy 25)															
32	газопровод низкого давления															
33	перечень исходных данных		единицы измерения	величина в источнике	источник исходных данных		единицы измерения	величина в расчете	промежуточные расчетные величины		принимаемые в расчете значения					
34	наружный диаметр	d _e	мм	32	фактическое значение		м	0,032								
35	толщина стенки	t _{nom}	мм	2,2	фактическое значение		м	0,0022								
36	рабочее давление	P	Па	5000	фактическое значение		МПа	0,005								
37	временное сопротивление	σ _s	МПа	372	СП 42-102-204, табл. 4		МПа	143,077								
38	предел текучести	σ _r	МПа	225	СП 42-102-204, табл. 4		МПа	150			R= 143,1 МПа					
39	плотность материала труб	ρ _d	кг/м ³	7850	СП 42-102-204, п. 5.71		Цс=	0,2	Qq=	15,85	н/м					
40	нормативная снеговая нагрузка	S ₀	кгс/м ²	127,5	СП 20.13330.2016 п.10.1		н/м ²	1250,78	Qg=	4E-04	н/м					
41	толщина слоя льда	b	мм	15	СП 20.13330.2016 п. 12.2		м	0,015	VS=	8,00	н/м					
42	плотность льда	ρ	г/см ³	0,9	СП 20.13330.2016 п. 12.2		кг/м ³	900	Vl=	8,05	н/м	V= 8,05 н/м				
43	ветровое давление	w ₀	кгс/м ²	30	СП 20.13330.2016 п. 11.1.4		н/м ²	294,3	Wn=	11,27	н/м					
44	коэффициент пульсации	ζ		0,85	СП 42-102-204, табл. 7 (СП 20.13330.2016 п. 11.1.6)			0,85	q=	26,43	н/м					
45	изменение ветрового давления по высоте	k(z ₀)		0,75				0,75	L _{ст} =	9,982	м					
46	величина среднего пролета газопровода из условия статической прочности принята										9	м				
47	величина среднего пролета газопровода при возможном образовании конденсата										2,6	м				
50	газопровод среднего давления															
51	рабочее давление	P	Па	300000	фактическое значение		МПа	0,3	L _{ст} =	9,982	м	q=	26,43	н/м		
52	величина среднего пролета газопровода из условия статической прочности принята										9	м		Qq=	0,023	н/м
54	газопровод высокого давления															
55	рабочее давление	P	Па	1200000	фактическое значение		МПа	1,2	L _{ст} =	9,976	м	q=	26,43	н/м		
56	величина среднего пролета газопровода из условия статической прочности принята										9	м		Qq=	0,091	н/м

Рис.3. Результаты расчета величины среднего пролета газопровода (вариант 2)

Целью данной работы была автоматизация подсчета величин средних пролетов между опорами надземных газопроводов для различных климатических условий посредством математических операторов с целью сокращения времени расчета.

Использование усредненных нормативно-технических сведений при выполнении инженерных вычислений приводит к игнорированию ряда существенных факторов, влияющих как на статическую прочность и устойчивость, так и на стоимостную харак-

теристику линейных участков надземной газовой сети. Проведено сравнение значений межосевых расстояний надземного стального газопровода низкого и среднего (высокого) давлений для диапазона $d_y = 25 \div 400$ мм,

полученных с помощью предложенного алгоритма, со справочными данными [7], используемыми при выполнении инженерных расчетов. Визуализация результатов представлена на рис. 4 и 5.

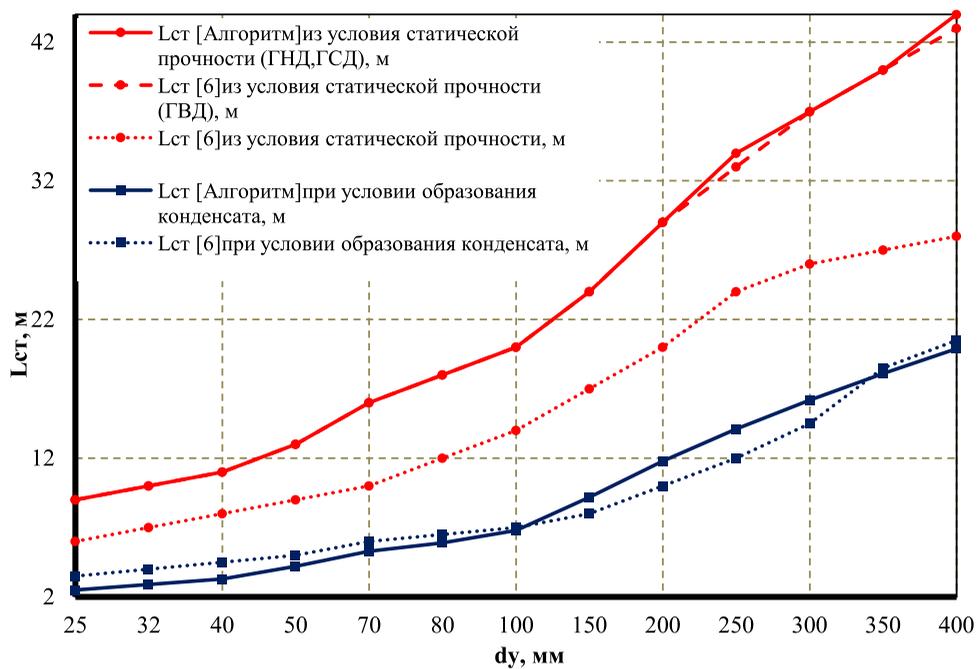


Рис. 4. Вариант 1. Зависимость дистанции между опорными креплениями от диаметра надземного стального газопровода

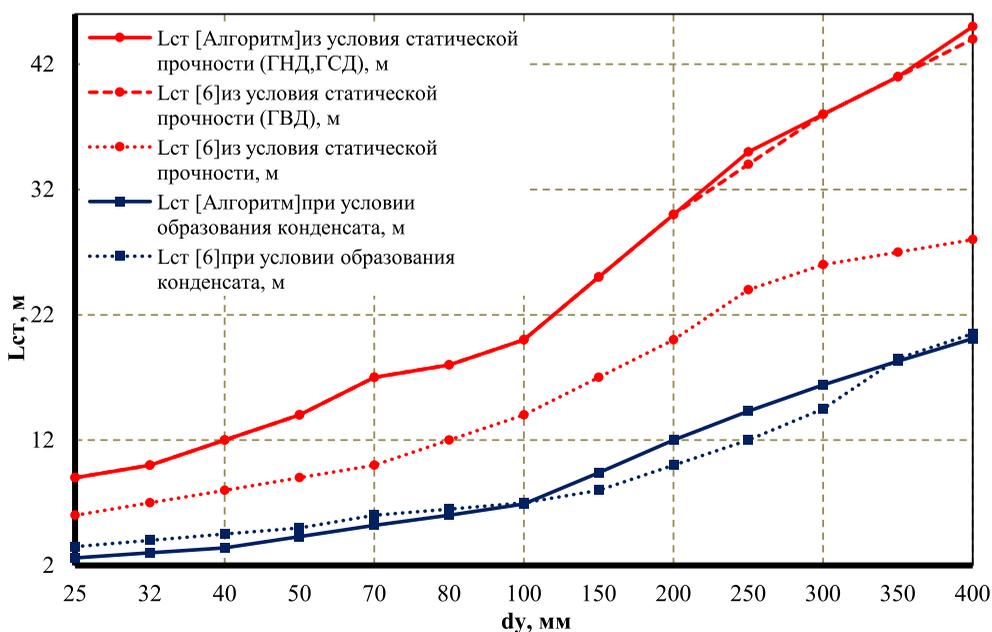


Рис. 5. Вариант 2. Зависимость дистанции между опорными креплениями от диаметра надземного стального газопровода

Вывод. Анализ полученных графических зависимостей позволил выявить динамику возрастания значений межосевых расстояний между опорами надземного газопровода по сравнению со справочными усредненными данными [7]. Увеличение дистанции между опорными креплениями, при сохранении прочности и устойчивости конструкции сети, ведет к значительной экономии средств на капитальные и эксплуатационные затраты.

Применение предложенного авторами алгоритма при решении конструкторских задач проектирования и строительства газораспределительных сетей позволяет достаточно гибко и рационально организовать вычислительный процесс, наглядно представить результаты математических вычислений для принятия верных и экономических целесообразных проектных решений [13–15]. Табличный алгоритм значительно упрощает подбор расстояния между опорами для надземного стального газопровода и может быть применен для выполнения конструкторских расчетов при других климатических условиях эксплуатации газораспределительных сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Johnson M.M. Pipeline Aerial Crossings // International Pipeline Conference. American Society of Mechanical Engineers. 2014. V. 46100. V001T03A020.
2. Li R., Gong H., Zhu C. Design of combined pipe support with large span steel structure // International Conference on Smart Transportation and City Engineering 2021. SPIE. 2021. V. 12050. P. 902–907.
3. Кожанов Д.А., Лихачев А.В., Лихачева С.Ю. Модель деформирования трубы магистрального газопровода в системе ANSYS // Труды научно-практической конференции в рамках 15-го российского архитектурно-строительного форума. 2017. С. 7–9.
4. Гольянов А.И. Газовые сети и газохранилища. М., 2004.
5. Гордюхин А.И. Газовые сети и установки. М.: Стройиздат, 1978.
6. Каменников Н. Справочник газовика. Litres, 2021.
7. Птускин А.С., Анцев В.Ю., Витчук Н.А. Методика расчета показателей эффективности проекта внедрения инструментов бережливого производства // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2014. № . 5–1. С. 253–266.
8. Start-Proff 4.82 – Csoft НТП Трубопровод [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://truboprovod.ru/software/start#buy> (дата обращения: 18.11.2022).
9. ПК PIPE ООО «ЦКТИ-ВИБРОСЕЙСМ» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru.html (дата обращения: 18.11.2022).
10. Шилов С.В. Применение расчетов взрывов в Excel при обучении бакалавров направления «Тех-

носферная безопасность» // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1. Математика. Механика. Информатика. 2019. № . 33. С. 96–113.

11. Галкина Е.В. Пакет прикладных программ для расчета теплофизических параметров взрывного разложения композитов на основе PETN // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2016. Т. 2, № 2. С. 26–34.

12. Чикина Е.А., Шевченко М.В. Апробация экономико-математических моделей в деятельности предприятий с применением программ Microsoft Excel и Mathcad // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2016. № . 6. С. 255–262.

13. Shittu A.A. Review of pipeline span analysis // World Journal of Engineering. 2019. Vol. 16. N 1. P. 166–190.

14. Новопашина Н.А., Филатова Е.Б., Баладина О.А. Использование номограмм для гидравлического расчета газопроводов // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № . 1–1 (115). С. 55–61.

15. Новопашина Н.А., Филатова Е.Б., Баладина О.А. Характерные кривые, ограничивающие область применения номограммы среднего давления для расчета газопроводов // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № . 3–1 (117). С. 67–74.

REFERENCES

1. Johnson M.M. Pipeline Aerial Crossings. International Pipeline Conference. American Society of Mechanical Engineers. 2014. V. 46100. V001T03A020.
2. Li R., Gong H., Zhu C. Design of combined pipe support with large span steel structure. International Conference on Smart Transportation and City Engineering 2021. SPIE. 2021. V. 12050. P. 902–907.
3. Kozhanov D.A., Likhachev A.V., Likhacheva S.Yu. Model of deformation of the main gas pipeline pipe in the ANSYS system. *Trudy nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah 15-go rossijskogo arhitekturno-stroitel'nogo foruma* [Proceedings of the scientific and practical conference within the framework of the 15th Russian architectural and construction forum]. 2017, pp. 7–9. (In Russian)
4. Gol'janov A.I. *Gazovye seti i gazohranilishha* [Gas Networks and Gas Storage Facilities]. Moscow, 2004.
5. Gordjuhin A.I. *Gazovye seti i ustanovki* [Gas networks and installations]. Moscow, Stroyizdat, 1978.
6. Kamennikov N. *Spravochnik gazovika* [Gazovik Handbook]. Litres, 2021.
7. Ptuskin A.S., Antsev V.Yu., Vitchuk N.A. Methodology for Calculating Efficiency Indicators of the Lean Manufacturing Tools Implementation Project. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomicheskie i juridicheskie nauki* [News of Tula State University. Economic and Legal Sciences], 2014, no. 5–1, pp. 253–266. (in Russian)
8. Start-Proff 4.82 – Csoft STP Pipeline. Available at: <https://truboprovod.ru/software/start#buy> (accessed 18 November 2022).

9. PC PIPE СКТИ-VIBROSEISM LLC. Available at: https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru.html (accessed 18 November 2022).

10. Shilov S.V. Application of Explosion Calculations in Excel in Teaching Bachelors of Technosphere Safety. *Vestnik Syktyovkarskogo universiteta. Seriya 1. Matematika. Mehanika. Informatika* [Bulletin of Syktyvkar University. Series 1. Maths. Mechanics. Computer science], 2019, no. 33, pp. 96–113. (in Russian)

11. Galkina E.V. Package of applied programs for calculation of thermophysical parameters of explosive decomposition of composites based on PETN. *Sovremennye fundamental'nye i prikladnye issledovaniya* [Modern basic and applied research], 2016, Vol. 2, no. 2, pp. 26–34. (in Russian)

12. Chikina E.D., Shevchenko M.V. Testing of economic and mathematical models in the activities of enterprises using Microsoft Excel and Mathcad programs.

Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2016, no. 6, pp. 255–262. (in Russian)

13. Shittu A.A. Review of pipeline span analysis. *World Journal of Engineering*, 2019, Vol. 16, N 1, P. 166–190.

14. Novopashina N.A., Filatova E.B., Balandina O.A. Use of nomograms for hydraulic calculation of gas pipelines. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal], 2022, no. 1–1(115), pp. 55–61. (in Russian)

15. Novopashina N.A., Filatova E.B., Balandina O.A. Characteristic curves limiting the application of medium pressure nomograms for gas pipeline calculation. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal], 2022, no. 3–1(117), pp. 67–74. (in Russian)

Об авторах:

БАЛАНДИНА Ольга Александровна

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: balandinaolya88@rambler.ru

BALANDINA Olga A.

Senior Lecturer of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: balandinaolya88@rambler.ru

ФИЛАТОВА Елена Борисовна

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ele51763539@yandex.ru

FILATOVA Elena B.

Senior Lecturer of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ele51763539@yandex.ru

ПУРИНГ Светлана Михайловна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: puring@mail.ru, 8-902-336-40-13.

PURING Svetlana M.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: puring@mail.ru

ФИЛАТОВА Алена Игоревна

студентка 2 курса колледжа СамГТУ Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

FILATOVA Alena I.

College Student Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

Для цитирования: Баландина О.А., Филатова Е.Б., Пуринг С.М., Филатова А.И. Построение алгоритма расчета расстояний между опорами надземного газопровода различного диаметра в зависимости от климатических характеристик // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 60–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.8. For citation: Balandina O.A., Filatova E.B., Puring S.M., Filatova A.I. Building an Algorithm for Calculation of Distances between Overground Gas Pipeline Supports of Different Diameters Depending on Climatic Characteristics. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 60–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.8.

Д. А. ЕДУКОВ
О. Г. САЙМАНОВА
В. А. ЕДУКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ВТОРИЧНЫМ ОХЛАЖДАЮЩИМ КОНТУРОМ

ENERGY EFFICIENCY STUDY OF THE SYSTEM AIR CONDITIONING WITH SECONDARY COOLING CIRCUIT

В статье приведены результаты многофакторного исследования энергоэффективности системы кондиционирования воздуха чиллер-фанкойл с вторичным охлаждающим контуром, установленной в здании гостиницы около прибрежной зоны. Приводится описание конструкции исследуемой установки. В результате исследования влияния изменения температуры морской воды и ступеней холодопроизводительности на энергоэффективность системы кондиционирования получены поверхности отклика и уравнения регрессии, позволяющие спрогнозировать энергопотребление в течение периода эксплуатации.

Ключевые слова: конденсатор, энергоэффективность, охладитель жидкости, теплообменник, кондиционирование, чиллер, прибрежная зона, вторичный охлаждающий контур

Введение

В настоящее время наиболее актуальной проблемой является снижение глобального потепления. Поэтому в ряде стран принимаются на законодательном уровне специальные меры и ограничения, позволяющие сдерживать увеличение температуры климатической системы Земли в пределах 1,5 град. Одним из главных факторов, влияющих на глобальное потепление, является выброс углекислого газа в результате работы электростанций [1].

В свою очередь, из всех инженерных систем практически любых видов объектов капитального строительства с большим строительным объемом (многоквартирные жилые дома, общественные и административные здания, торгово-развлекательные центры) наибольшее потребление электроэнергии в процессе эксплуатации наблюдается у систем кондиционирования воздуха (СКВ). Наибольшее распространение в настоящее время получили СКВ чиллер-фанкойл (охладитель жидкости) на базе компрессоров спи-

The article presents the results of a multivariate study of the energy efficiency of the chiller-fan coil air conditioning system with a secondary cooling circuit installed in a hotel building near the coastal zone. A description of the design of the investigated installation is given. As a result of studying the effect of changing sea water temperature and cooling capacity steps on the energy efficiency of the air conditioning system, response surfaces and regression equations have been obtained that allow predicting energy consumption during the operation period.

Keywords: capacitor, energy efficiency, liquid cooler, heat exchanger, air conditioning, chiller, coastal zone, secondary cooling circuit

рального или винтового типа. Эффективность работы холодильной установки выражается коэффициентом энергопотребления EER. Он вычисляется как отношение холодопроизводительности системы к потребленной энергии. В современных СКВ EER варьируется от 2 до 6 единиц и зависит от условий эксплуатации. Увеличение коэффициента EER и поддержание его на высоком уровне является первостепенной задачей, начиная от стадии проектирования и заканчивая текущим и капитальным ремонтом СКВ [2–5, 12].

Энергоэффективность СКВ будет складываться из отношения холодопроизводительности системы к сумме затрат электроэнергии на привод насосов гидравлического контура, вентиляторов фанкойлов и компрессора чиллера. Более 90 % электроэнергии в системе чиллер-фанкойл затрачивается на привод компрессора. Поэтому особое внимание следует уделять увеличению EER, позволяющему уменьшить затраты электроэнергии и снизить выбросы углекислого газа электростанциями [1].

Материалы и методы

Одним из способов увеличения энергоэффективности СКВ чиллер-фанкойл является использование морской или речной воды для охлаждения конденсатора чиллера (охлаждателя жидкости), так как увеличение температуры конденсации приводит к повышенным затратам на сжатие хладагента вследствие повышения требуемого давления конденсации [6–10]. Температура конденсации зависит от температуры окружающей среды и, как правило, больше последней на 10–15 °С. То есть при воздушном охлаждении конденсатора чиллера при температуре окружающего воздуха 30–35 °С температура конденсации хладагента будет составлять не менее 45 °С.

В исследуемом варианте установки предлагается замена воздушного конденсатора на водяной, охлаждаемый морской водой. В качестве объекта капитального строительства примем гостиницу, которая должна располагаться в непосредственной близости к прибрежной зоне для исключения повышенных затрат на электроэнергию на привод насосов. Нагрузку на систему кондиционирования и холодоснабжения примем равной 500 кВт при условии расположения гостиницы в Краснодарском крае на побережье Черного моря.

В настоящее время известно две разновидности СКВ с охлаждением конденсатора: с первичным и вторичным охлаждающим контуром [9]. Примем схему СКВ с вторичным охлаждающим контуром (рис. 1).

Применение вторичного охлаждающего контура позволяет увеличить ресурс конденсатора 1 и снизить трудоемкость его технического обслуживания благодаря предварительной фильтрации и наличию промежуточного контура теплообмена. Также при наличии дополнительного (вторичного) контура охлаждения конденсатора предоставляется возможность сэкономить тепловую энергию на нагрев холодной воды для нужд горячего водоснабжения. Вторичный охлаждающий контур возможно также использовать на период проведения ремонта и чистки теплообменника 2 и фильтра 6 первого контура.

Установка СКВ с вторичным охлаждающим контуром работает следующим образом: винтовой компрессор сжимает хладагент до значения величины давления, соответствующей температуре конденсации, и направляет хладагент в конденсатор 1, представляющий собой паяный теплообменник. Парообразный хладагент в конденсаторе 1 за счет контакта с водой вторичного контура, образованного между теплообменниками 1 и 2, охлаждается, полностью конденсируется и направляется

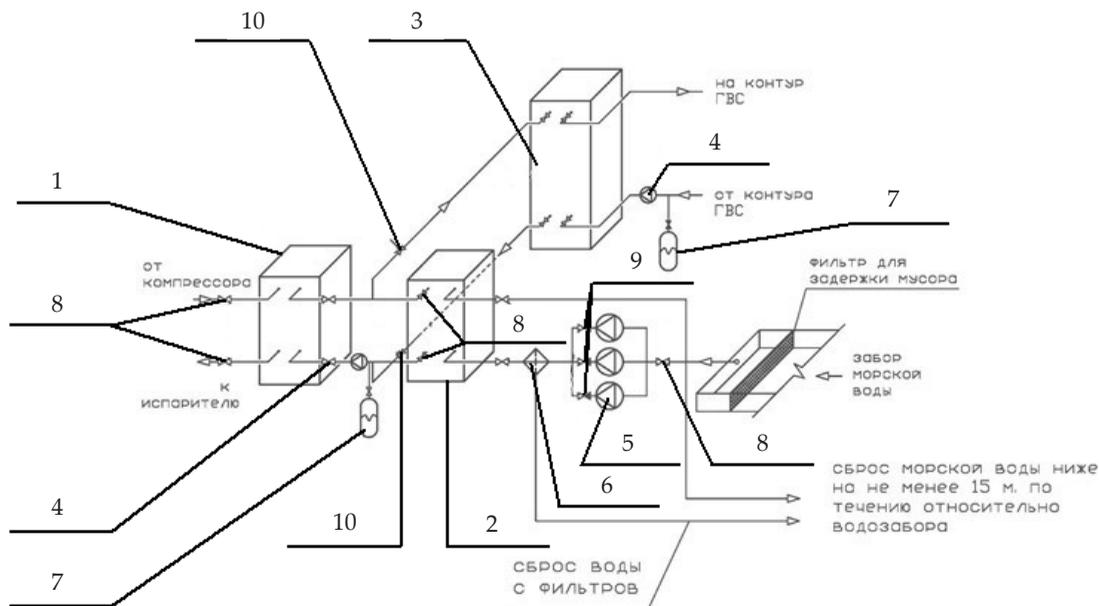


Рис. 1. Схема системы кондиционирования с вторичным охлаждающим контуром для охлаждения циркулирующей пресной воды с помощью морской воды и использования ее для нужд горячего водоснабжения:

1 – конденсатор; 2 – промежуточный теплообменник; 3 – теплообменник; 4 – циркуляционный насос; 5 – насос для подачи морской воды; 6 – самоочищающийся фильтр морской воды; 7 – мембранный бак; 8 – запорная арматура; 9 – обратный клапан; 10 – электромагнитный клапан

в жидком состоянии в испаритель чиллера. Первичный контур обеспечивает забор морской воды, поддержание постоянного давления и расхода в теплообменнике 2 насосами 5, фильтрацию с помощью самоочищающегося фильтра 6 и теплообмен с вторичным контуром посредством пластинчатого теплообменника 2. В схеме предусмотрен отбор теплоты на нужды горячего водоснабжения с помощью пластинчатого теплообменника 3 и насоса 4 системы горячего водоснабжения здания.

Для исследования энергоэффективности СКВ при использовании конденсатора с водяным охлаждением необходимо учитывать, что температура конденсации будет зависеть от расхода и температуры морской воды. Также энергоэффективность будет зависеть от степени загрузки компрессора, т. е. от выбранной ступени производительности. Степень регулирования производительности необходимо

учитывать для прогнозирования потребления электроэнергии в зависимости от количества посетителей гостиницы (загруженности номеров) и температуры наружного воздуха, которая сильно отличается в течение суток.

Распределение температуры воды в г. Сочи в период с 1 по 30 июня представлено на рис. 2 и в табл. 1 [11].

На основании уравнения теплового баланса [1], характера движения теплоносителя, температуры на входе и выходе из теплоносителей первичного и вторичного контура распределены следующим образом (рис. 3–5):

Выполним многофакторный эксперимент 3^2 по трем летним месяцам (июнь, июль, август). В качестве факторов выберем среднюю температуру морской воды и ступень производительности компрессора чиллера. Уровни варьирования факторов и план полного факторного эксперимента одного из трех месяцев приведены в табл. 2 и 3.

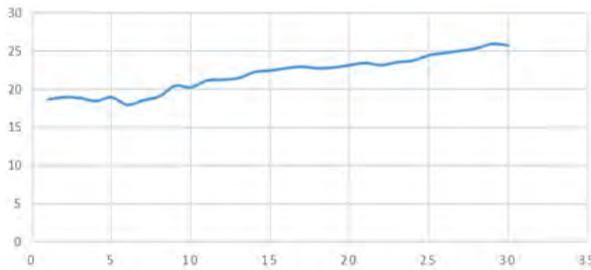


Рис. 2. Средняя расчетная температура морской воды в июне

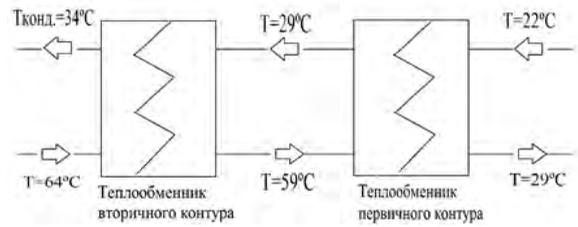


Рис. 4. Расчетная температура воды первичного и вторичного контура (июль)

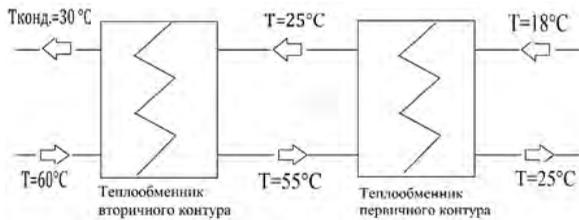


Рис. 3. Расчетная температура воды первичного и вторичного контура (июнь)

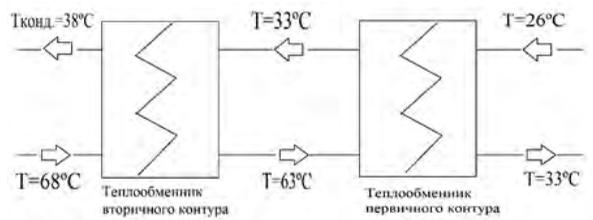


Рис. 5. Расчетная температура воды первичного и вторичного контура (август)

Расчетная температура воды в июне

Таблица 1

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура морской воды, °С	18,6	19,1	18,8	18,4	19,1	18,2	18,5	19,2	20,3	21,2
День	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура морской воды, °С	22,3	21,8	21,4	22,4	22,6	22,9	23,1	22,7	22,8	23,3
День	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура морской воды, °С	23,6	23,3	23,4	23,9	24,6	24,9	25,2	25,6	26,2	25,9

Таблица 2

Факторы, интервалы и уровни их варьирования (июнь)

Уровни и интервалы варьирования	Факторы	
	Температура воды $X_1, ^\circ\text{C}$	Степень регулирования производительности $X_2, \%$
Основной уровень, $x_1=0$	22	75
Интервал варьирования, I_1	4	25
Верхний уровень, $x_1=1$	26	100
Нижний уровень, $x_1=-1$	18	50

Таблица 3

План полного факторного эксперимента 3^2 (июнь)

Номер опыта	Кодовый масштаб		Натуральный масштаб	
	X_1	X_2	X_1	X_2
1	-1	-1	18	50
2	0	-1	22	50
3	1	-1	26	50
4	-1	0	18	75
5	0	0	22	75
6	1	0	26	75
7	-1	1	18	100
8	0	1	22	100
9	1	1	26	100

Результаты

Проведенный многофакторный эксперимент 3^2 позволил установить влияние температуры морской воды и степень загрузки компрессора чиллера на показатель EER энер-

гоэффективности системы кондиционирования воздуха, оборудованной вторичным охлаждающим контуром. В результате проведения многофакторного эксперимента получены данные и уравнения регрессии, показывающие зависимость EER от температуры морской воды и степени загрузки компрессора (табл. 4).

Поверхности отклика, полученные на основании уравнений регрессии исследования энергоэффективности СКВ чиллер-фанкойл с вторичным охлаждающим контуром, показаны на рис. 6–8.

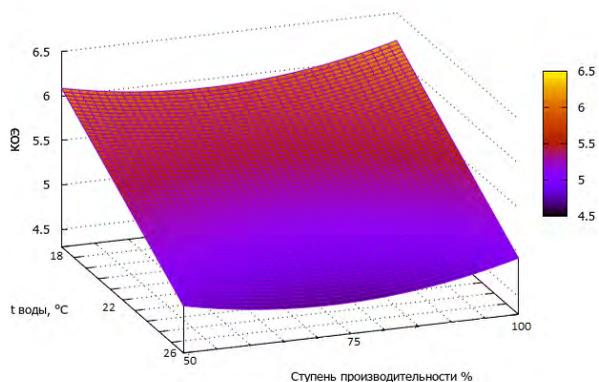


Рис. 6. Результаты многофакторного исследования EER в июне

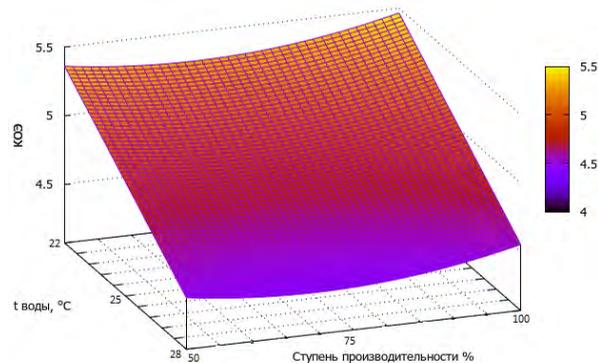


Рис. 7. Результаты многофакторного исследования EER в июле

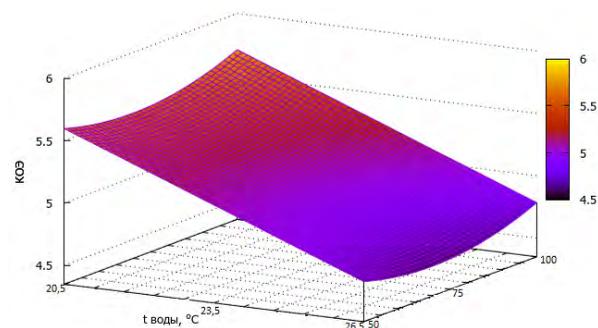


Рис. 8. Результаты многофакторного исследования EER в августе

Таблица 4

Уравнения регрессии, полученные в результате многофакторного эксперимента исследования EER СКВ чиллер-фанкойл с вторичным охлаждающим контуром

Месяц	Параметр оптимизации	Уравнение регрессии
Июнь	EER	$Y_1 = 5,279 - 0,628X_1 + 0,052X_2 + 0,231X_2^2$
Июль	EER	$Y_1 = 4,837 - 0,457X_1 + 0,053X_2 + 0,119X_2^2$
Август	EER	$Y_1 = 5,057 - 0,463X_1 + 0,056X_2 + 0,134X_2^2$

Данные модели могут быть использованы для целей прогнозирования работы систем СКВ для определения энергозатрат в зависимости от температуры воды, а также требуемой ступени производительности компрессора холодильной установки.

Дискуссия

Проведенный полнофакторный эксперимент позволил установить влияние температуры морской воды за три месяца эксплуатации СКВ чиллер-фанкойл и ступени регулирования производительности компрессора на коэффициент энергоэффективности СКВ – EER. В ходе проведенных расчетов установлено, что самое минимальное значение отклика EER = 4,63 (июнь), EER = 4,37 (июль), EER = 4,6 (август) наблюдается при температуре морской воды $t_{\text{воды}} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ (июнь), $t_{\text{воды}} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ (июль), $t_{\text{воды}} = 26,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (август) и ступени производительности 75 % (июнь, июль, август).

Максимальное значение отклика EER = 6,11 (июнь), EER = 5,45 (июль), EER = 5,69 (август) наблюдается при температуре морской воды $t_{\text{воды}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ (июнь), $t_{\text{воды}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ (июль), $t_{\text{воды}} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (август) и ступени производительности 100 % (июнь, июль, август).

Выявлено, что минимальное значение EER наблюдается при 75 % производительности компрессора. Это в первую очередь связано с технологическим процессом сжатия хладагента в винтовом компрессоре. Поэтому при изменении максимальной степени сжатия на 25 % наблюдается наиболее выгодное потребление электрической энергии компрессором.

Выводы

На основании уравнения регрессии и наглядного изображения поверхности отклика можно сделать заключение, что наибольшее влияние на коэффициент энергоэффективности СКВ – EER оказывает температура морской воды. Ступенчатое регулирование производи-

тельности компрессора позволяет сгладить неравномерное потребление «холода» в течение дня, в зависимости от пиковых значений температур наружного воздуха.

Полученные данные результатов многофакторного исследования позволяют сделать вывод о том, что температура морской воды будет оказывать значительное влияние на энергоэффективность СКВ чиллер-фанкойл. Результаты экспериментов могут быть использованы при конструировании и последующей эксплуатации усовершенствованных систем кондиционирования с конденсатором, охлаждаемым морской водой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белова Е. М. Кондиционирование воздуха с чиллерами и фэнкойлами. М.: Евроклимат, 2003. 398 с.
2. Белова Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. М.: Евроклимат, 2006. 639 с.
3. Королева А. Н. Современные подходы к кондиционированию жилых зданий // Молодой ученый. 2019. № 9 (247). С. 99–101. <https://moluch.ru/archive/247/56896> (дата обращения: 30.12.2021).
4. Переверзева И. С., Павлов С. А. Современные подходы к кондиционированию жилых и общественных зданий // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2015. Т. 3. С. 280–286.
5. BITZER Software v6.17.3 rev2611 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.bitzer.de/websoftware/Calculate.aspx?cid=1624970190444&mod=CS> (дата обращения: 30.12.2021).
6. Optimal design of air-conditioning systems using deep seawater / Ilse María Hernández-Romero, Fabricio Nápoles-Rivera, Rajib Mukherjee, Medardo Serna-González, Mahmoud M. El-Halwagi // Clean Technologies and Environmental Policy. 2018. Vol. 20. P. 639–654.
7. High velocity seawater air-conditioning with thermal energy storage and its operation with intermittent renewable energies / Ilse María Hernández-Romero, Fabricio Nápoles-Rivera, Rajib Mukherjee, Medardo Serna-González, Mahmoud M. El-Halwagi // Energy Efficiency. 2020. Vol. 13. P. 1825–1840.

8. Julian David Hunt, Edward Byers, Antonio Santos Sánchez. Technical potential and cost estimates for seawater air conditioning // *Energy*. 2019. Vol. 166. P. 979–988.

9. Sea Water Air Conditioning [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.makai.com/sea-water-air-conditioning> (дата обращения: 30.12.2021).

10. Elsafty A., Saeid L. Sea water air conditioning // *International Journal of Engineering*. 2009. N 3(3). P. 346–358.

11. Температура воды в Сочи [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/sochi/water/> (дата обращения: 30.12.2021).

12. Davidson J. California energy future and cold ocean water // *Sea Technology*. 2003. N 44(7). P. 30–34.

11. Water temperature in Sochi. Available at: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/sochi/water> (accessed 30 December 2021)

12. Davidson J. California energy future and cold ocean water. *Sea Technology*. 2003. N 44(7). P. 30–34.

REFERENCES

1. Belova E.M. *Kondicionirovanie vozduha s chilleraми i fjenkojlami* [Air conditioning with chillers and fan-coyles]. Moscow, Euroclimate, 2003. 398 p.

2. Belova E.M. *Central'nye sistemy kondicionirovaniya vozduha v zdaniyah* [Central air conditioning systems in buildings]. Moscow, Euroclimate, 2006. 639 p.

3. Koroleva A.N. Modern approaches to air conditioning of residential buildings. *Molodoj uchenyj* [Young scientist], 2019, no. 9(247), pp. 99–101. (in Russian) Available at: <https://moluch.ru/archive/247/56896> (accessed 30 December 2021)

4. Pereverzeva I.S., Pavlov S.A. Modern approaches to air conditioning of residential and public buildings. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU* [New ideas of the new century: materials of the international scientific conference of the FAD TOGU]. 2015, V. 3, pp. 280–286. (In Russian)

5. BITZER Software v6.17.3 rev2611. Available at: <https://www.bitzer.de/websoftware/Calculate.aspx?cid=1624970190444&mod=CS> (accessed 30 December 2021)

6. Ilse María Hernández-Romero, Fabricio Nápoles-Rivera, Rajib Mukherjee, Medardo Serna-González, Mahmud M. El-Halwagi. Optimal design of air-conditioning systems using deep seawater. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2018. Vol. 20. P. 639–654.

7. Julian David Hunt, Behnam Zakeri, Andreas Nascimento, Bruno Garnier, Márcio Giannini Pereira, Rodrigo Augusto Bellezoni, Natália de Assis Brasil Weber, Paulo Smith Schneider, Pedro Paulo Bezerra Machado, Dorel Soares Ramos. High velocity seawater air-conditioning with thermal energy storage and its operation with intermittent renewable energies. *Energy Efficiency*. 2020. Vol. 13. P. 1825–1840.

8. Julian David Hunt, Edward Byers, Antonio Santos Sánchez. Technical potential and cost estimates for seawater air conditioning. *Energy*. 2019. Vol. 166. P. 979–988.

9. Sea Water Air Conditioning. Available at: <https://www.makai.com/sea-water-air-conditioning> (accessed 30 December 2021)

10. Elsafty A., Saeid L. Sea water air conditioning. *International Journal of Engineering*. 2009. N 3(3). P. 346–358.

Об авторах:

ЕДУКОВ Дмитрий Алексеевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры теплогасоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: inbox163@inbox.ru

САЙМАНОВА Ольга Гавриловна

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры технологии и организации
строительного производства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: tosp@samgtu.ru

ЕДУКОВ Василий Алексеевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры теплогасоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: edukov-v@yandex.ru

EDUKOV Dmitry A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: inbox163@inbox.ru

SAIMANOVA Olga G.

PhD in Economics, Associate Professor of the Technology
and Organization of Construction Production Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: tosp@samgtu.ru

EDUKOV Vasily A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: edukov-v@yandex.ru

Для цитирования: Едуков Д.А., Сайманова О.Г., Едуков В.А. Исследование энергоэффективности системы кондиционирования воздуха с вторичным охлаждающим контуром // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 67–73. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.9.

For citation: Edukov D.A., Saimanova O.G., Edukov V.A. Energy Efficiency Study of the System Air Conditioning with Secondary Cooling Circuit. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 67–73. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.9.

М. Е. САПАРЁВ
Ю. С. ВЫТЧИКОВ
А. А. ЧУЛКОВ
А. А. ДЯДИН

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ САМАРСКОГО АКАДЕМИЧЕСКОГО ТЕАТРА ДРАМЫ

IMPROVING THE THERMAL PROTECTION CHARACTERISTICS OF BUILDING ENCLOSING STRUCTURES OF THE SAMARA ACADEMIC DRAMA THEATER BUILDING

Сохранение архитектурного облика зданий исторического и культурного наследия является обязательным условием их энергетической модернизации при выполнении работ по капитальному ремонту или реконструкции. В связи с этим для уменьшения тепловых потерь наружными стенами использовать фасадные системы не представляется возможным. Применение внутреннего утепления, как показала практика строительства, довольно часто приводила к нарушению влажностного режима ограждающих конструкций и, как следствие, к образованию темных пятен и плесневых грибов на внутренних поверхностях. Для предотвращения влагонакопления в ограждающих конструкциях при внутреннем утеплении следует использовать лишь теплоизоляционные материалы, обладающие низким коэффициентом паропроницаемости. В статье представлены результаты тепловизионного обследования фасадов здания Самарского академического театра драмы, которые свидетельствуют о повышенных теплопотерях в цокольной части здания и наружных стенах, выполненных из силикатного кирпича, после реконструкции в 1967 г. Для выполнения современных нормативных требований по теплозащите зданий исторического и культурного наследия было предложено дополнительно утеплить изнутри наружные стены выше нулевой отметки пеностеклом, а также теплой штукатуркой – в цокольной части здания и подвале. Предложены решения по замене оконных конструкций, входных дверей, покрытий и перекрытий для повышения энергетической эффективности эксплуатируемого здания. При выполнении теплофизического расчета перечисленных выше ограждающих конструкций была применена авторская методика по оценке плоскости возможной конденсации, позволяющая с более высокой вероятностью произвести оценку влагонакопления в них.

Ключевые слова: теплозащита, историческое здание, влажностный режим, внутреннее утепление, тепловизионное обследование

Preservation of the architectural appearance of buildings of historical and cultural heritage is a prerequisite for their energy modernization when performing major repairs or reconstruction. In this regard, it is not possible to use facade systems to reduce heat losses by external walls. The use of internal insulation, as construction practice has shown, quite often led to a violation of the humidity regime of enclosing structures and, as a result, to the formation of dark spots and mold fungi on the internal surfaces. To prevent moisture accumulation in enclosing structures, with internal insulation, only thermal insulation materials with a low coefficient of vapor permeability should be used. The article presents the results of a thermal imaging survey of the facades of the Samara Academic Drama Theater building, which indicate increased heat loss in the basement of the building and the exterior walls made of silicate bricks after reconstruction in 1967. In order to meet modern regulatory requirements for the thermal protection of buildings of historical and cultural heritage, it was proposed to additionally insulate the exterior walls from the inside above the zero mark with foam glass, as well as warm plaster – in the basement and basement of the building. Solutions are proposed for the replacement of window structures, entrance doors, coverings and ceilings to increase the energy efficiency of the operated building. When performing the thermophysical calculation of the above-listed enclosing structures, the author's methodology for estimating the plane of possible condensation was applied, which allows for a higher probability of assessing moisture accumulation in them.

Keywords: thermal protection, historical building, humidity regime, internal insulation, thermal imaging examination

В связи с реализацией в РФ программы энергосбережения в строительстве вопросы повышения энергетической эффективности эксплуатируемых зданий и сооружений в настоящее время весьма актуальны и носят приоритетное значение. Особое место при выполнении работ по капитальному ремонту и реконструкции отведено зданиям исторического и культурного наследия. Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен зданий исторического и культурного наследия допускается определять исходя из обеспечения современных санитарно-гигиенических и комфортных условий. Условие энергосбережения на них не распространяется. Поэтому для указанных выше зданий с учетом сохранения внешнего архитектурного вида логично использовать лишь внутреннее утепление. Применение внутреннего утепления, как показала практика строительства, приводит к захламлению наружных стен и способствует образованию темных сырых пятен и плесневых грибов на их внутренних поверхностях.

Полимерные теплоизоляционные материалы, к которым относятся пеноплекс, вспененный полиэтилен и напыляемый пенополиуретан, обладают низким коэффициентом паропроницаемости. Поэтому они создают значительное сопротивление паропроницанию и повышают возможность влагонакопления в наружных стенах. Однако ввиду их горючести применение указанных выше теплоизоляционных материалов запрещено в общественных зданиях. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что

для повышения теплозащитных характеристик зданий исторического и культурного наследия следует применять теплоизоляционные материалы на минеральной основе – пеностекло, теплые штукатурки на гипсовой или перлитовой основе, беспесчаный керамзитобетон и др.

Вопросы применения пеностекла в строительстве подробно изложены в работах [1, 2], беспесчаного керамзитобетона – в [3]. Оценка влажностного режима многослойных ограждающих конструкций подробно рассмотрена в работах [4–9].

Рассматриваемое в статье здание Самарского государственного академического театра драмы было построено в XIX столетии. Общий вид здания драмтеатра представлен на рис. 1.

В настоящее время проектным институтом «Волготранстрой-проект» разрабатывается проект реставрации здания драмтеатра.

Для выполнения раздела проекта, связанного с оценкой энергетической эффективности здания драмтеатра, были привлечены сотрудники Центра энергосбережения в строительстве СамГТУ.

Перед выполнением проектных работ было произведено тепловизионное обследование ограждающих конструкций эксплуатируемого здания с целью определения фактических значений сопротивления теплопередаче. Тепловизионное обследование проводилось в декабре 2020 г. с помощью тепловизионной камеры THERMA CAM B2 при температуре наружного воздуха $t_n = -10$ °С. При проведении обследования руководствовались методикой, изложенной в ГОСТ Р.54852-2011, ГОСТ 31937-2011, и работой [10].



Рис. 1. Здание драматического театра

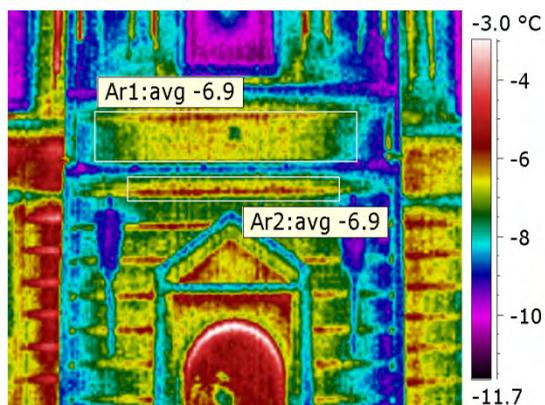
Согласно документации, представленной заказчиком, наружные стены первого этажа части здания 1888 г. постройки выполнены в виде кладки из глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 850 мм, оштукатуренной изнутри известково-песчаным раствором толщиной 20 мм. Стены бельэтажа исторической части здания выполнены в виде кладки из глиняного кирпича толщиной 810 мм, оштукатуренные известково-песчаным раствором толщиной 20 мм. Отдельные наружные стены входной части здания 1888 г. постройки выполнены в виде кладки из глиняного кирпича толщиной 1760 мм.

Наружные стены первого, второго этажей и части постройки 1967 г. выполнены в виде кладки из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм. Изнутри они оштукатурены известково-песчаным раствором толщиной 20 мм.

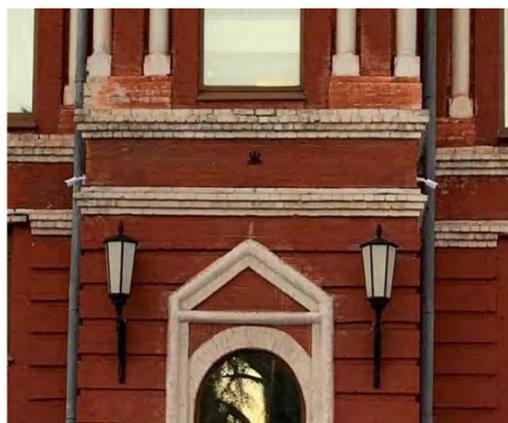
Заполнение оконных проемов осуществлено оконными блоками в отдельных деревянных переплетах. Чердачное перекрытие здания 1888 г. постройки выполнено в виде настила из досок по деревянным балкам, а 1967 г. постройки – в виде пустотных железобетонных плит.

Фотоснимки и термограммы фасадов здания показаны на рис. 2, 3.

Наряду с фактическими значениями сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций определены нормативные значения исходя из санитарно-гигиенических условий для общественных зданий. Согласно Федеральному закону № 261 – ФЗ, требования энергетической эффективности не распространяются на здания, строения, сооружения, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия.

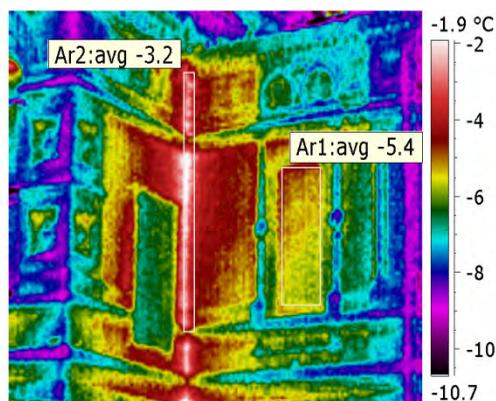


Ar1 Средняя температура -6,9 °C
Ar2 Средняя температура -6,9 °C



Вид на фасад в осях А, 20-21

Рис. 2. Фрагмент ограждения в инфракрасном и видимом спектрах



Ar1 Средняя температура -5,4 °C
Ar2 Средняя температура -3,2 °C



Вид на фасад в осях Д, 1-2

Рис. 3. Фрагмент ограждения в инфракрасном и видимом спектрах

На основе проведенного теплотехнического обследования строительных ограждающих конструкций здания драмтеатра можно констатировать следующее:

1. Температура и относительная влажность в помещениях здания драмтеатра соответствуют нормативным требованиям ГОСТ 30494, предъявляемым к общественным зданиям.

2. Наружные стены 1888 г. постройки по теплозащитным характеристикам соответствуют современным санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, предъявляемым к общественным зданиям. Остальные ограждающие конструкции не соответствуют нормативным требованиям.

3. Зарегистрированы повышенные температуры на наружных поверхностях следующих ограждений: оконных блоках и входных дверей; в местах установки отопительных приборов; в цоколе исторической части здания, расположенной над подвалом; на чердаке, расположенном над сценой и зрительным залом.

По результатам проведенного тепловизионного обследования наружные стены первого и второго этажей части здания Самарского театра драмы 1967 г. постройки имеют значение приведенного сопротивления теплопередаче, равное 0,95 м²·°С/Вт, бельэтажной части – 0,82 м²·°С/Вт, что существенно ниже нормативного значения для общественных зданий – R_{о^{норм}} = 1,28 м²·°С/Вт.

Для повышения теплозащитных характеристик указанных выше стен рекомендуется их утеплить плитами из пеностекла толщиной 0,05 м, защищенными со стороны утепления цементно-песчаной штукатуркой толщиной 0,02 м. На рис. 4 представлен фрагмент утепленной наружной стены. Состав наружной стены показан в таблице.

В качестве примера приведем теплофизический расчет наружной стены бельэтажа, выполненной толщиной 510 мм в виде кладки из силикатного кирпича.

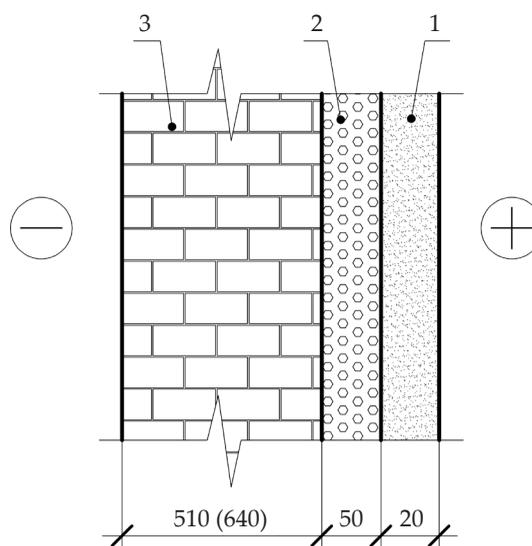


Рис. 4. Фрагмент утепленной наружной стены Самарского театра драмы

Расчет выполним в следующей последовательности, с использованием аналитического метода, подробно изложенного в статье [4].

1. Определяем приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены согласно СП 50.13330.2012.

$$R_o^{np.} = r \cdot R_o^{ycl.}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}, \quad (1)$$

где r – коэффициент теплотехнической однородности наружной стены, принимаемый равным 0,9 при внутреннем утеплении согласно СТО 00044807-001-2006; $R_o^{ycl.}$ – сопротивление теплопередаче глади наружной стены, м²·°С/Вт.

$$R_o^{ycl.} = \frac{1}{\alpha_o} + \sum_{i=1}^3 R_i + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}, \quad (2)$$

где α_o – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Состав наружной стены

Наименование	Толщина δ , м	Плотность γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{\lambda'}$, Вт/(м·°С)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09
Плиты теплоизоляционные из пеностекла	0,05	200	0,08	0,03
Силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,51 0,64	1800	0,76	0,11

Вт/(м²·°C); α_n – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C).

$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – термическое сопротивление i -го слоя наружной стены, м²·°C/Вт.

$$R_o^{ysl.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,05}{0,08} + \frac{0,51}{0,76} + \frac{1}{23} = 1,48 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

$$R_o^{np.} = 0,9 \cdot 1,48 = 1,33 > 1,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Утепленная наружная стена соответствует нормативным требованиям по теплозащите.

2. Определяем сопротивление паропрооницанию наружной стены.

$$R_{n.o.} \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,02}{0,09} + \frac{0,05}{0,03} + \frac{0,51}{0,11} = 6,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}.$$

3. Находим значение упругости водяного пара внутреннего воздуха по формуле

$$e_e = E_e \cdot \frac{\varphi_e}{100} = 2338 \cdot \frac{50}{100} = 1169 \text{ Па}, \quad (3)$$

где E_e – значение упругости насыщенного влагой воздуха, Па; φ_e – относительная влажность внутреннего воздуха, %.

4. Определяем координату плоскости возможной конденсации в толще кладки из силикатного кирпича приближенным аналитическим методом [5] по формуле

$$X_3 = \lambda_3 \cdot \left[\frac{\left((t_e - 55,9) \left(\frac{e_e - e_{n.отр.}}{t_e - t_{n.отр.}} \cdot \frac{R_o^{ysl.}}{R_{n.o.}} \cdot \frac{\lambda_3}{\mu_3} \right)^{0,1515} + 100 \right) \cdot R_o^{ysl.}}{t_e - t_{n.отр.}} - \frac{1}{\alpha_e} - R_1 - R_2 \right], \text{ м}, \quad (4)$$

где $e_{n.отр.}$, $t_{n.отр.}$ – среднее значение упругости наружного воздуха и его температуры за период месяцев с отрицательными температурами соответственно.

$$X_3 = 0,76 \cdot \left[\frac{\left((20 - 55,9) \left(\frac{1169 - 310}{20 + 7,18} \cdot \frac{1,48}{6,53} \cdot \frac{0,76}{0,11} \right)^{0,1515} + 100 \right) \cdot 1,48}{20 + 7,18} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{0,05}{0,08} \right] = 0,208 \text{ м}.$$

Расчет показал, что плоскость возможной конденсации находится внутри слоя кладки из силикатного кирпича.

5. Определяем значение температуры в плоскости возможной конденсации для трех периодов года:

а) зимний период: ($t_n < -5$ °C)

$$t_3 = t_e - \frac{t_e - t_{n.1}}{R_o^{ysl.}} \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{X_3}{\lambda_3} \right) = 20 - \frac{20 + 10,03}{1,48} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,05}{0,08} + \frac{0,208}{0,76} \right) = -1,1 \text{ °C};$$

$$E_1 = 4,688 \cdot \left(1,486 - \frac{1,1}{100} \right)^{12,3} = 559 \text{ Па};$$

б) переходный период: $(-5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{н}} \leq +5\text{ }^{\circ}\text{C})$

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 + 2,9}{1,48} \cdot 1,04 = 2,91\text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$E_2 = 288 \cdot \left(1,098 - \frac{3,91}{100}\right)^{8,02} = 807\text{ Па};$$

в) переходный период: $(t_{\text{н}} > +5\text{ }^{\circ}\text{C})$

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 - 14,4}{1,48} \cdot 1,04 = 16,1\text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$E_3 = 288 \cdot \left(1,098 - \frac{16,1}{100}\right)^{8,02} = 1826\text{ Па}.$$

6. Находим среднее значение упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации здания по формуле

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot Z_1 + E_2 \cdot Z_2 + E_3 \cdot Z_3), \text{ Па}, \quad (5)$$

где Z_1, Z_2, Z_3 – количество месяцев зимнего, переходного и летнего периодов года.

$$E = \frac{1}{12}(559 \cdot 3 + 807 \cdot 2 + 1826 \cdot 7) = 1339\text{ Па}.$$

7. Определяем сопротивление паропроницанию части наружной стены, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации.

$$R_{\text{нн}} = \frac{\delta_3 - X_3}{\mu_3} = \frac{0,51 - 0,208}{0,11} = 2,75\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

8. Вычисляем сопротивление паропроницанию части наружной стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:

$$R_{\text{нн}} = \frac{\delta_3 - X_3}{\mu_3} = \frac{0,51 - 0,208}{0,11} = 2,75\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

9. Определяем величину требуемого сопротивления паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в наружной стене за годовой период эксплуатации здания:

$$R_{\text{н},1}^{\text{мп}} = \frac{(e_o - E) \cdot R_{\text{нн}}}{E - e_n} = \frac{(1169 - 1339) \cdot 2,75}{1339 - 720} = -0,76\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

$$R_n > R_{\text{н},1}^{\text{мп}}; 3,78 > -0,76\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Накопление влаги в наружной стене за годовой период эксплуатации здания маловероятно.

10. Находим значение упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за

период месяцев с отрицательными температурами:

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 + 7,18}{1,48} \cdot 1,04 = 0,9\text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$E_3 = 288 \cdot \left(1,098 + \frac{0,9}{100}\right)^{8,02} = 651\text{ Па}.$$

11. Требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения накопления влаги в холодный период года определяем по формуле

$$R_{\text{н}2}^{\text{мп}} = \frac{0,0024 \cdot Z_o \cdot (e_s - E_o)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w + \eta}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}, \quad (6)$$

где Z_o – продолжительность периода влагонакопления, сут; ρ_w – плотность материала увлажняющего слоя, кг/м³; δ_w – толщина увлажняющего слоя, м; Δw – предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняющего слоя, %; η – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_o - e_{\text{н.опр.}})}{R_{\text{нн}}}, \quad (7)$$

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (1169 - 651) \cdot 151}{2,75} = 44,9;$$

$$R_{\text{н}2}^{\text{мп}} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1169 - 651)}{1800 \cdot 0,208 \cdot 1,5 + 44,9} = 0,31\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг};$$

$$R_n > R_{\text{н}2}^{\text{мп}}; 3,78 > 0,31\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Расчет показал, что влагонакопление в кладке из силикатного кирпича в холодный период года не выходит за пределы сорбционного допустимого увлажнения.

По приведенной выше методике был выполнен теплофизический расчет строительных несветопрозрачных ограждающих конструкций как для существующей части здания Самарского театра драмы, так и для вновь возводимых строений.

Выводы. 1. Представлены результаты тепловизионного обследования строительных ограждающих конструкций здания Самарского академического театра драмы, которые выявили места повышенных тепловых потерь.

2. В целях снижения тепловых потерь наружными стенами, возведенными из силикатного кирпича в 1967 г., было предложено утеплить их изнутри теплоизоляционными плитами из пеностикла толщиной 50 мм.

3. Представлена методика теплофизического расчета ограждающих конструкций, ба-

зирующаяся на использовании аналитического метода, разработанного авторами статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мизюряев С.А., Жигулина А.Ю., Ганечкина К.В. О потребности создания эффективного теплоизоляционного материала для жилищного строительства на основе пеностекольной композиции // Градостроительство и архитектура. 2016. № 2 (23). С. 10–13. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.2.

2. Мизюряев С.А., Жигулина А.Ю., Ганечкина К.В. Перспективные теплоизоляционные материалы для повышения эффективности изоляции ограждающих конструкций // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сб. статей. Самара: СамГТУ, 2017. С. 111–114.

3. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Беякова Е.А. Повышение энергоэффективности реконструируемых жилых зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 1. С. 62–63.

4. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Дядин А.А. Приближенный аналитический метод расчета влажностного режима многослойных строительных ограждающих конструкций // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3(63). http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_14_2_vytchikov_saparev_dyadin.pdf_02a57a3357.pdf

5. Корниенко С.В. Метод инженерной оценки влажностного режима ограждающих конструкций на основе потенциала влажности // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 2. С. 46–48.

6. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Применение теории потенциала влажности к моделированию нестационарного влажностного режима ограждений // Вестник МГСУ. 2019. № 4. С. 485–495.

7. Корниенко С.В. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилого здания при верификации метода расчета влаготеплопереноса в ограждающих конструкциях // Вестник Волгогр. гос. арх.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 28 (47). С. 19–26.

8. Корниенко С.В. Экспериментальное исследование переноса влаги в материалах ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2007. № 1. С. 42–44.

9. Корниенко С.В. Экспериментальная проверка состояния системы «внутренняя среда–ограждение–наружная среда» на основе потенциала влажности // Жилищное строительство. 2007. № 2. С. 5–7.

10. Вытчиков Ю.С., Беяков И.Г., Чулков А.А., Шайхутдинова И.В. Тепловизионный контроль качества тепловой защиты зданий и сооружений, утепленных с помощью вентилируемых фасадов // Научное обозрение. 2015. № 23. С. 54–58.

REFERENCES

1. Mízyuryaev S.A., Zhigulina A.Yu., Ganekhkina K.V. About the need of creating an effective heat insulation material for housing based on foam glass composition. *Gradostroitel'stvo i Arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2016, no. 2 (23), pp.10–13. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.2

2. Mízyuryaev S.A., Zhigulina A.Yu., Ganekhkina K.V. Promising thermal insulation materials for improving the insulation efficiency of enclosing structures. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'nye tekhnologii. Sbornik statey* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies. Collection of articles], Samara State Technical University, Samara, 2017, pp.111–114. (in Russian)

3. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Belyakova E.A. Improving energy efficiency of reconstructed residential buildings. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Construction Materials, Equipment, Technologies of the XXI Century], 2008, no. 1, pp. 62–63. (in Russian)

4. Vytchikov Yu.S., Saparev M.E., Dyadin A.A. Approximate analytical method for calculating the humidity regime of multilayer building enclosing structures. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2010, no. 3 (63). (in Russian)

5. Kornienko S.V. Method of engineering assessment of the humidity regime of enclosing structures based on the humidity potential. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2008, no. 2, pp. 46–48. (in Russian)

6. Gagarin V.G., Zubarev K.P. Application of the theory of humidity potential to modeling of non-stationary humidity regime of fences. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2019, no. 4, pp. 485–495. (in Russian)

7. Kornienko S.V. Field studies of the temperature and humidity regime of a residential building when verifying the method of calculating moisture heat transfer in enclosing structures. *Vestnik Volgogr. gos. arkh.-stroit. un-ta. Ser.: Str-vo i arkhitekt* [Bulletin of VSACE. Ser.: Construction and Architecture], 2012, no. 28 (47), pp. 19–26. (in Russian)

8. Kornienko S.V. Experimental study of moisture transfer in materials of building enclosing structures. *Stroitel'nye materialy* [Building Materials], 2007, no 1, pp. 42–44.

9. Kornienko S.V. Experimental verification of the state of the system “internal environment-fencing-external environment” based on the humidity potential. *Zhishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2007, no. 2, pp. 5–7. (in Russian)

10. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Chulkov A.A., Shaykhutdinova I.V. Thermal imaging quality control of thermal protection of buildings and structures insulated with ventilated facades. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2015, no. 23, pp.54–58. (in Russian)

Об авторах:

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры
теплогазоснабжения
и вентиляции

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: msx072007@yandex.ru

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор кафедры
теплогазоснабжения
и вентиляции

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: git.2008@mail.ru

ЧУЛКОВ Александр Анатольевич

инженер Центра энергосбережения в строительстве
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ch_aleks01@mail.ru

ДЯДИН Андрей Анатольевич

аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: 89376616820@mail.ru

SAPAREV Mikhail Ye.

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

YUTCHIKOV Yuri S.

PhD in Engineering Science, Professor of the Heat and
Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: git.2008@mail.ru

ChULKOV Aleksandr A.

Engineer of the Center Energy Saving in Construction
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: ch_aleks01@mail.ru

DYADIN Andrey A.

Postgraduate Student of the Heat and Gas Supply and
Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: 89376616820@mail.ru

Для цитирования: Сапарёв М.Е., Вытчиков Ю.С., Чулков А.А., Дядин А.А. Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций здания Самарского академического театра драмы // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 74–81. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.10.
For citation: Saparev M.Ye., Vytchikov Yu.S., Chulkov A.A., Dyadin A.A. Improving the Thermal Protection Characteristics of Building Enclosing Structures of the Samara Academic Drama Theater Building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 74–81. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.10.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ



УДК 624

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.11

Н. В. КОНДРАТЬЕВА
М. А. ГОЛОВАТЮК

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОФИБРОБЕТОНА

RESEARCH OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF GLASS-FIBER CONCRETE

Исследуются технические характеристики стеклофибробетона на основе экспериментального исследования и подбора оптимального состава фибробетона. При подборе состава анализировались различные технологии введения и процентное соотношение вводимой фибры, характеристики используемого песка. Полученные результаты исследований позволяют определить эффективность применения конструкций из стеклофибробетона при реконструкции зданий и сооружений. При изготовлении образцов для испытаний использовались материалы отечественного производства.

The article examines the technical characteristics of glass fiber reinforced concrete based on experimental research and selection of the optimal composition of fiber reinforced concrete. When selecting the composition, various technologies for introducing fibers, the percentage of fibers introduced, and the characteristics of the sand used were analyzed. The obtained research results allow us to determine the effectiveness of the use of glass fiber reinforced concrete structures in the reconstruction of buildings and structures. In the manufacture of test samples, materials of domestic production were used.

Ключевые слова: стеклофибробетон, прочность на растяжение при изгибе, адгезионная прочность, экспериментальное исследование

Keywords: fiberglass concrete, tensile strength in bending, adhesive strength, experimental study

Применение стеклофибробетона – композита, состоящего из бетонной матрицы и армирующего стеклянного волокна, в России началось еще в 50-х гг. прошлого века [1]. Однако сравнительно высокая стоимость, низкая стойкость к щелочной среде, отсутствие глубоких исследований физико-химических показателей материала, которые оказывают большое влияние на прочностные, деформационные характеристики и долговечность конструкций из стеклофибробетона, не позволили материалу найти широкое применение в строительстве.

После изготовления щелочестойкого стеклянного волокна конструкции из стеклофибробетона начали постепенно завоевывать свою нишу в строительстве. Неподверженность коррозии, значительно малый вес по сравнению с фибробетоном, повышенная прочность на растяжение по сравнению с обычной бетонной

матрицей делают стеклофибробетон перспективным материалом, в том числе при усилении конструкций зданий и сооружений. При разработке методик усиления железобетонных и бетонных конструкций на химических и нефтеперерабатывающих предприятиях необходимо применять ремонтные материалы, имеющие повышенную коррозионную стойкость, высокие прочностные и адгезионные характеристики [2].

Известны исследования прочностных характеристик стеклофибробетона с использованием стеклофибры производства фирмы Saint-Gobain Vetrotex, а также продукции китайских производителей [3]. В нашем исследовании было принято решение использовать материалы, изготовленные отечественными организациями.

Для исследования стеклофибробетона были изготовлены образцы в виде балочек 160×40×40 мм. Всего было испытано три серии



образцов. Каждая серия состояла из контрольных образцов, изготовленных из мелкозернистого бетона без введения фибры и образцов с различным объемом стеклофибры.

При изготовлении образцов в качестве вяжущего был использован портландцемент марки М500 «ЦЕМ 42,5Б ГОСТ 31108».

В качестве мелкого заполнителя в исследовании образцов использовались следующие материалы:

а) камский песок по ГОСТ 8736 «Песок для строительных работ» с модулем крупности $M_{кр} = 2,56$. Гранулометрический состав камского песка представлен в табл. 1.

$$M_{кр} = (15,6 + 24,8 + 36,1 + 81,7 + 97,9)/100 = 2,56;$$

б) монофракционный вольский песок по ГОСТ 6139 «Песок для испытаний цемента» для определения активности цемента;

в) волжский мелкий песок по ГОСТ 8736 «Песок для строительных работ» с модулем крупности $M_{кр} = 1,46$. Гранулометрический состав волжского песка представлен в табл. 2.

$$M_{кр} = (0,12 + 0,33 + 1,49 + 61,45 + 83,14)/100 = 1,46.$$

Для дисперсного армирования бетона применялась щелочестойкая фибра производства ООО «СевКомпозит», используемая в качестве армирующей добавки в различных видах строительных смесей: штукатурки, шпатлевки, плиточного клея, стяжки пола, производства всех видов бетона и изделий из него, белого цвета, длиной волокон 18 мм. Страна-изготовитель – Россия.

В целях улучшения характеристик бетонной смеси использовался гиперпластификатор треть-



Рис. 1. Стеклоаннрующее волокно длиной $L=18$ мм, ООО «СевКомпозит»

его поколения «ПОЛИПЛАСТ» на основе поликарбоксилатного эфира. Продукт Динамикс ПК-7, дозировка 0,2-1 %, концентрация 50 %.

При приготвлении стеклофибробетонной смеси был определен расход материалов на каждый замес объемом, необходимым для изготовления образцов в виде балочек определенного количества по пособию Ю.М Баженова [4].

До проведения испытания в возрасте 7 и 28 сут образцы выдерживали в нормальных условиях твердения.

Испытания прочности образцов на сжатие и растяжение при изгибе проводились в соответствии с ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Для разработки методики введения стеклофибры в бетонную смесь серии образцов для испытаний изготавливали различным способом.

Таблица 1

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	<0,16
Частные, г	156	92	113	456	162	21
Частные, %	15,6	9,2	11,3	45,6	16,2	2,1
Полные, %	15,6	24,8	36,1	81,7	97,9	-

Таблица 2

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	<0,16
Частные, г	1,2	2,1	11,6	599,6	216,9	168,6
Частные, %	0,12	0,21	1,16	59,96	21,69	16,86
Полные, %	0,12	0,33	1,49	61,45	83,14	-

Все компоненты состава бетонной смеси в первой (пробной)серии перемешивались в сухом виде, вода вводилась постепенно в процессе перемешивания. При изготовлении образцов по указанной технологии было отмечено, что во время перемешивания в сухом виде смесь образует комки с фиброй, что приводит к неравномерному распределению стеклянного волокна в бетонной смеси (рис. 2).

Изготовленные образцы испытывались в возрасте 7 и 28 сут (рис. 3).

Анализ результатов испытаний первой серии образцов показал, что с увеличением количества фибры прочность на изгиб начинает возрастать, при этом не уменьшая прочность при сжатии. Также был выявлен ряд проблем:

- способ введения и распределения фибры (при неравномерном введении фибры в состав наблюдается снижение прочности);
- обязательное введение пластифицирующих добавок в фибробетонном составе;
- правильный и рациональный подбор мелкого заполнителя (нерационально использовать мелкие пески с высокой водопотребностью);
- увеличение процента армирования стекловолокном.

Для повышения удобоукладываемости фибробетонной смеси во второй серии образцов применяли гиперпластификатор третьего поколения «ПОЛИПЛАСТ» на основе поликарбоксилатного эфира в количестве 1 % от массы бетонной смеси. Все образцы имели одинаковый состав при водоцементном соотношении $V:Ц = 0,397$.

Для изготовления фибробетонных образцов второй серии был использован средний песок Камского месторождения с модулем крупности $M_{кр} = 2,23$. Стеклянное фиброволокно вводилось в состав бетонной смеси в количестве 0,6; 0,8; и 1 % от массы бетонной смеси. Состав второй серии образцов фибробетона представлен в табл. 3.

Таблица 3

Состав	Ц : П = 1:3			
Цемент ЦЕМ 42,5Б ГОСТ 31108-2020, г	529	529	529	529
Песок средний камский, г	1569	1569	1569	1569
Вода, мл	210	210	210	210
Фибра стеклянная, %	-	0,6	0,8	1
Гиперпластификатор, %	1	1	1	1
V/Ц	0,397	0,397	0,397	0,397
Средняя плотность, г/см ³	2,340	2,293	2,317	2,280

Фибру добавляли в часть воды затворения, хорошо перемешивали, чтобы волокна распределились и затем добавляли в бетонную смесь в процессе замешивания (рис. 4).

При подборе состава бетонной смеси удобоукладываемость подбиралась таким обра-



Рис. 2. Комкование при добавлении фибры в сухом виде



Рис. 3. Процесс испытания образцов на растяжение при изгибе

зом, чтобы смесь можно было легко наносить на поверхность при проведении ремонтных работ и при этом смесь при нанесении уверенно держалась на вертикальных поверхностях.

Экспериментальным путем были подобраны составы с подвижностью П1 (ОК 1 – 4 см) по ГОСТ 10181. При этом, так как смесь мелкозернистого бетона с добавлением фибры можно рассматривать как разновидность специального раствора (для проведения ремонтных работ), также проводились испытания по определению подвижности по величине погружения стандартного конуса по ГОСТ 5802 (рис. 5). В результате пробных замесов бетонной смеси было установлено, что при получении показателя осадки конуса 1 – 4 см значение погружения конуса было в диапазоне 3 – 4 см.

При этом, несмотря на относительно невысокую подвижность, смесь легко наносится на поверхность и удерживается на ней. Введение фибры вместе с пластифицирующей добавкой изменяет реологические свойства, влияя на тиксотропность смеси. Осадка конуса в 1–4 см объясняется тем, что фибра, особенно при вы-

соких дозировках, связывает бетонную смесь, не давая ей растекаться.

Пределы прочности образцов стеклофибробетона и контрольных образцов второй партии при изгибе представлены в табл. 4.

Максимальные нагрузки и деформации образцов представлены на рис. 6.



Рис. 4. Добавление фибры в часть воды затворения



Рис. 5. Определение подвижности фибробетонной смеси

Таблица 4

Возраст образцов, сут	Количество фибры, %			Контрольный образец
	0,6	0,8	1	
Предел прочности при изгибе, кг/см ²				
7	68,2	71,5	78,6	69,21
28	72,36	88,64	84,92	76,88

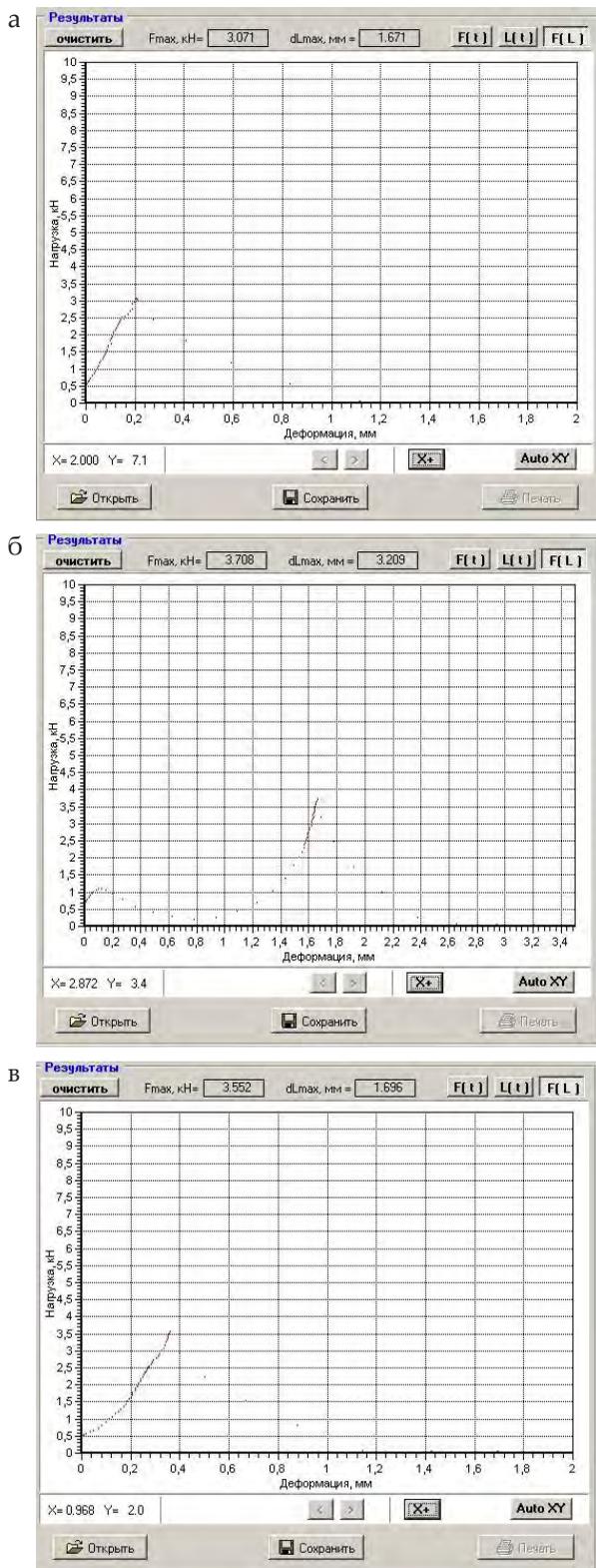


Рис. 6. Результаты испытаний прочности при изгибе стеклофибробетонных образцов 2-й серии на 28-е сут с процентом армирования: а – 0,6 %; б – 0,8 %; в – 1 %

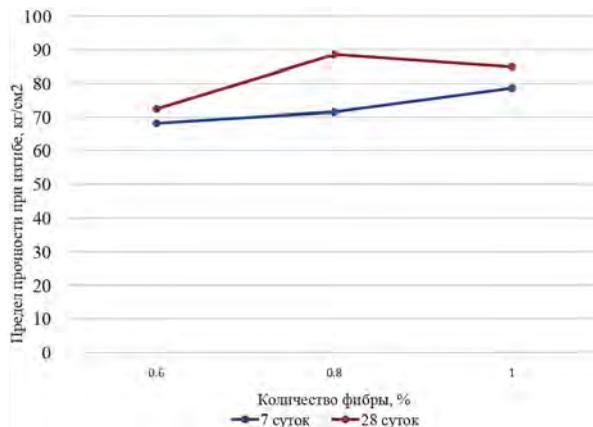


Рис. 7. Зависимость предела прочности фибробетона при изгибе от степени армирования стеклянным фиброволокном

Анализ результатов испытаний второй серии образцов показывает, что с увеличением количества фибры до 0,8 % от массы бетонной смеси прочность при изгибе начинает возрастать на 16,32 % по сравнению с образцами с процентом армирования, равным 0,6 % от массы бетонной смеси. После увеличения процента фибры до 1 % показатель прочности при изгибе снизился на 4,2 % по сравнению с образцами с показателем армирования 0,8 %. Наилучшие прочностные характеристики в возрасте 28 сут имеют образцы мелкозернистого бетона с стеклофиброармированием, равным 0,8 % от массы бетонной смеси. Таким образом, стеклофибробетон имеет лучшие показатели прочности при изгибе, а именно они выше на 13,3 % по сравнению с контрольными образцами.

Характер разрушения стеклофибробетонного образца при испытании на изгиб показан на рис. 8.

Образцы испытывали также на сжатие. Пределы прочности образцов стеклофибробетона и контрольных образцов второй серии при сжатии представлены в табл. 5.

Данные исследований второй серии показывают, что с увеличением процента армирования до 1 % показатели прочности при сжатии начинают снижаться. Наилучшие и максимально приближенные показатели прочности на сжатие к показателям мелкозернистого бетона (контрольный образец) имеют образцы с фиброармированием, равным 0,8 %.

Обобщенный анализ результатов испытаний на сжатие и изгиб позволяет сделать вывод, что наилучшим вариантом для дальнейшего расчета является стеклофибробетон с показателем армирования 0,8 % от массы бетонной смеси при $R_{сж} = 53,92$ МПа и $R_{изг} = 88,64$ кг/см².

При определении водопоглощения испытуемых образцов было установлено, что введение стеклофибры не приводит к повышению данного показателя.

Для исследования зависимости прочности образцов от мелкого заполнителя была изготовлена третья серия образцов стеклофибробетона с тем же составом и водоцементном соотношением, что и образцы второй серии, но в качестве мелкого заполнителя принят песок Волжского месторождения с модулем крупности $M_{кр} = 1,46$.



Рис. 8. Образец – балочка с фиброй (вторая партия) после испытания на изгиб

Стекловолоконное волокно вводилось в состав бетонной смеси в том же количестве, что и для образцов второй партии: 0,6; 0,8 и 1 % от массы бетонной смеси. Состав образцов стеклофибробетона и контрольных образцов третьей партии представлен в табл. 6.

Пределы прочности образцов стеклофибробетона и контрольных образцов третьей партии при изгибе представлены в табл. 7.

Максимальные нагрузки и деформации образцов представлены на рис. 10.

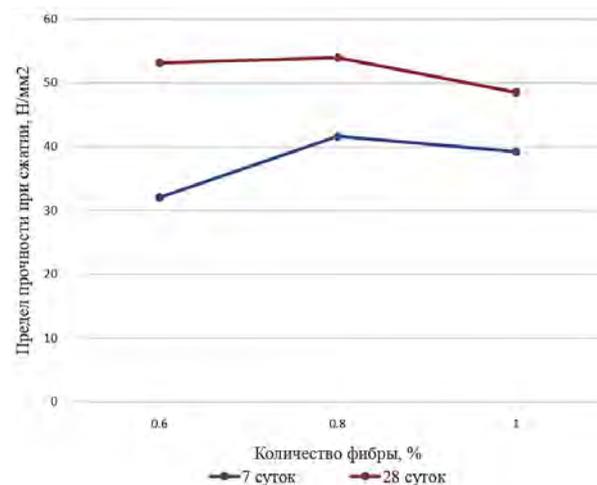


Рис. 9. Зависимость предела прочности фибробетона при сжатии от степени армирования стеклянным волокном

Таблица 5

Возраст образцов, сут	Количество фибры, %			Контрольный образец
	0,6	0,8	1	
	Предел прочности при сжатии, Н/мм²			
7	32,0	41,6	39,2	40,0
28	53,12	53,92	48,48	53,94

Таблица 6

Состав	Ц : П=1:3			
	0,6	0,8	1	Контроль
Цемент ЦЕМ 42,5Б ГОСТ 31108-2020, г	529	529	529	529
Песок мелкий волжский, г	1569	1569	1569	1569
Вода, мл	210	210	210	210
Фибра стеклянная, %	-	0,6	0,8	1
Гиперпластификатор, %	1	1	1	1
В/Ц	0,397	0,397	0,397	0,397
Средняя плотность, г/см³	2,160	2,150	2,220	2,250

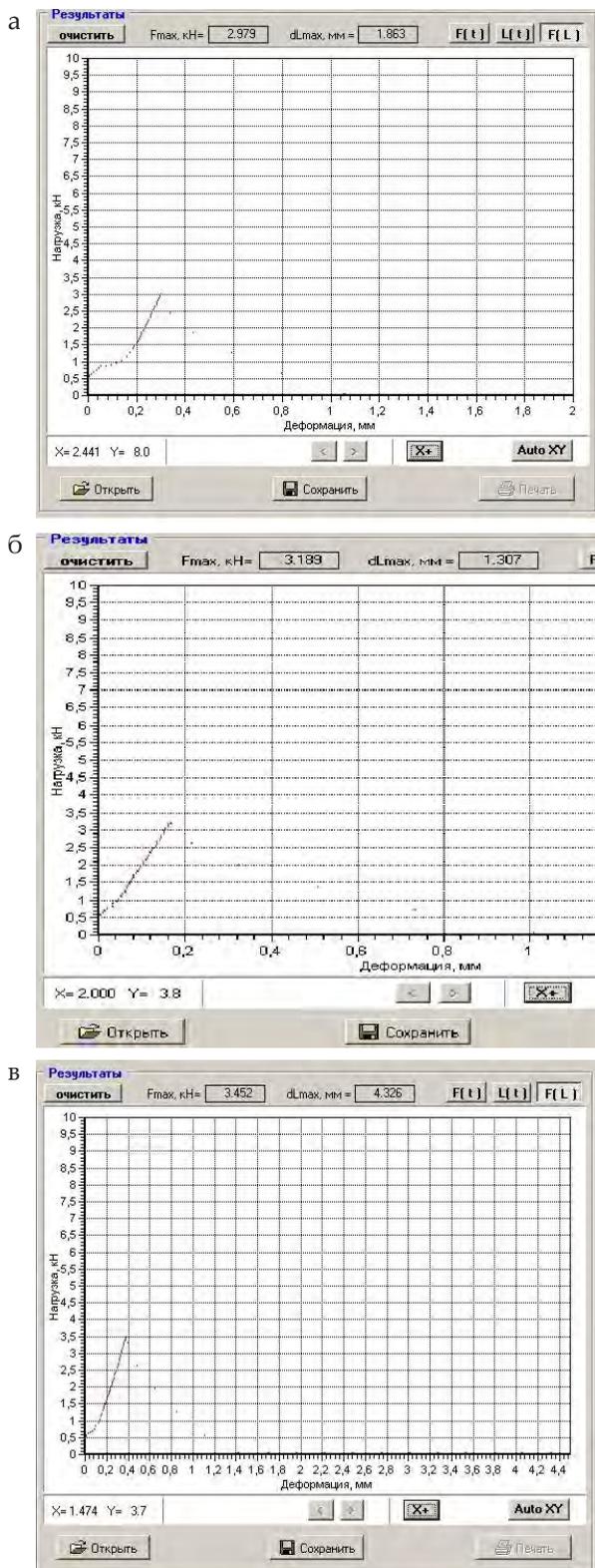


Рис. 10. Результаты испытаний прочности при изгибе стеклофибробетонных образцов 3-й серии на 28-е сут с процентом армирования: а – 0,6 %; б – 0,8%; в – 1 %

Результаты исследований третьей партии показывают, что с увеличением количества фибры до 1 % от массы бетонной смеси прочность при изгибе начинает возрастать на 9,54 % по сравнению с контрольными образцами без фибры. Фибробетонные образцы с процентом армирования, равным 1 %, также выше на 2,5 %, чем у образцов с процентом армирования, равным 0,8, и на 8,93 % выше, чем у образцов с показателем армирования, равным 0,6 %.

Пределы прочности образцов стеклофибробетона и контрольных образцов третьей партии при сжатии представлены в табл. 8.

Данные исследований третьей серии образцов показывают, что наилучшие показатели прочности при сжатии имеют стеклофибробетонные образцы с показателем армирования 0,8 %. С увеличением процента армирования до 1 % показатели прочности при сжатии начинают снижаться.

Сравнительная характеристика показателей прочности образцов от вида мелкого заполнителя представлена в табл. 9, 10.

Сравнительный анализ второй и третьей серий образцов показывает, что образцы с заполнителем – песок группы «средний» имеют лучшие показатели прочности при изгибе и сжатии.

При проведении ремонтных работ одним из главных критериев, влияющих на качество их выполнения, является адгезионная прочность. При исследовании данного показателя был принят состав третьей серии образцов стеклофибробетона с соответствующими показателями армирования (табл. 6).

Наличие на поверхности тонкого слоя бетонной пыли, цементных пленок, органических загрязнений может значительно снизить пока-

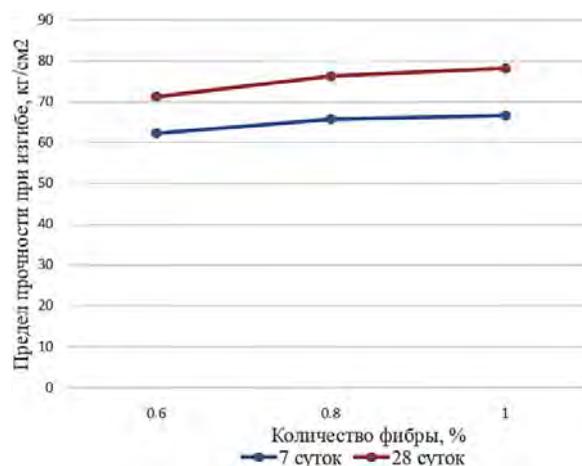


Рис. 11. Зависимость предела прочности фибробетона при изгибе от степени армирования стеклянным фиброволокном

Таблица 7

Возраст образцов, сут	Количество фибры, %			Контрольный образец
	0,6	0,8	1	
	Предел прочности при изгибе, кг/см ²			
7	62,28	65,74	66,58	57,28
28	71,22	76,24	78,2	70,74

Таблица 8

Возраст образцов, сут	Количество фибры, %			Контрольный образец
	0,6	0,8	1	
	Предел прочности при сжатии, Н/мм ²			
7	25,32	26,59	29,28	29,41
28	35,31	44,11	38,51	41,01

Таблица 9

Номер партии	Количество фибры, %			Контрольный образец
	0,6	0,8	1	
	Предел прочности при изгибе, МПа			
Вторая серия: с заполнителем – песок группы «средний»	7,2	8,9	8,5	7,7
Третья серия: с заполнителем – песок группы «мелкий»	7,1	7,6	7,8	7,1

Таблица 10

Номер партии	Количество фибры, %			Контрольный образец
	0,6	0,8	1	
	Предел прочности при сжатии, МПа			
Вторая серия: с заполнителем – песок группы «средний»	53,12	53,92	48,48	53,94
Третья серия: с заполнителем – песок группы «мелкий»	35,31	44,11	38,51	41,01

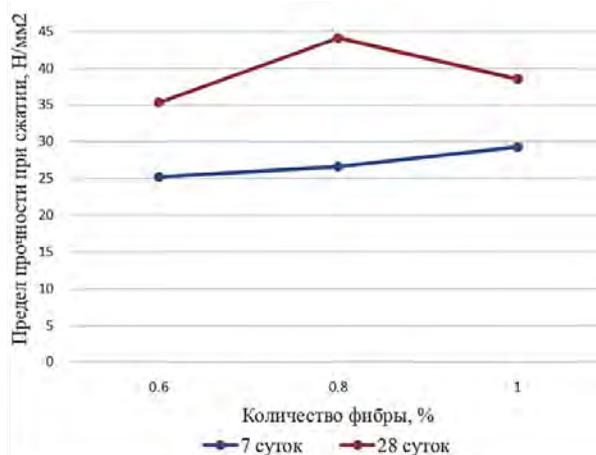


Рис. 12. Зависимость предела прочности фибробетона при сжатии от степени армирования стеклянным фиброволокном



Рис. 13. Образцы с фиброй и контрольным составом без фибры перед испытанием на адгезионную прочность

затели адгезии, поэтому перед началом нанесения ремонтного состава поверхность должна быть тщательно подготовлена. Прочность ремонтного состава должна быть не ниже прочности основания.

Нанесенный на поверхность ремонтный состав в процессе твердения цементного камня находится в напряженно-деформированном состоянии в процессе усадки. Значительные перепады температур в процессе эксплуатации также могут привести к нарушению целостности и появлению микротрещин. По данным авторов [5, 6], введение фибры в мелкозернистые бетонные смеси позволяет снизить усадочные деформации, что в свою очередь положительно сказывается на адгезионной прочности. Показатели адгезионной прочности были измерены при помощи прибора ПСО МГ4 и приведены в табл. 11.

Результаты испытаний показывают, что введение фибры в состав ремонтной смеси увеличивает адгезионную прочность, что, в свою очередь, позволяет использовать данный состав при проведении ремонтных работ.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Вводить стеклофибру в состав бетонной смеси целесообразно в часть воды затворения, а не в сухом виде, также обязательно введение в фибробетонный состав пластифицирующих добавок.

2. Нецелесообразно использовать мелкие пески с высокой водопотребностью.

3. Процент армирования фибры в бетонную смесь при ручном способе ввода не должен превышать 1 % ввиду сложности её однородного распределения в смеси.

4. Исследование физико-механических свойств стеклофибробетона показали, что наиболее оптимальный процент армирования стеклофибробетона при ручном способе введения фибры составил 0,8 % стеклянного волокна от массы бетонной смеси.

5. Отмечено увеличение адгезионной прочности бетонного состава с добавлением стеклянного волокна, что позволяет использовать его при ремонте и усилении железобетонных конструкций.

Таблица 11

Количество фибры, %	Показатели прочности, МПа		Среднее значение прочности, МПа
Контрольный состав, без фибры	0,44	0,46	0,45
0,6	0,55	1,05	1,6
0,8	1,64	2,03	1,835
1	1,13	2,15	1,64



Рис. 14. Характер разрушения образцов:
а – контрольный; б – со стеклофibrрой

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Габидуллин М.Г., Багманов Р.Т., Шангараев А.Я. Исследование влияния характеристик стеклофибры на физико-механические свойства стеклофибробетона // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 1(13). С. 268–273.
2. Кондратьева Н.В. Исследование способов повышения коррозионной стойкости железобетонных конструкций // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 1. С. 16–23. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.3
3. Рябова А.А. Оценка стеклофибробетона как конструкционного материала // Фундаментальные исследования. 2015. № 11–3. С. 500–504.
4. Баженов Ю.М. Способы определения состава бетонов различных видов. М.: Стройиздат, 1975. 268 с.
5. Денисов А. В., Рогачев К.В., Иваненко С.В. Результаты проверки модели структуры фибробетона, разработанной для аналитического определения его термических и радиационных изменений, по экспериментальным данным усадки при твердении // Наукoведение. 2016. Т. 8. № 4(35). С. 37.
6. Критерий оценки качества ремонтных работ стоек опор ЛЭП / И.О. Егорочкина, Е.А. Шляхова, А.В. Черпаков [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1(44). С. 102.

REFERENCES

1. Gabidullin M.G., Bagmanov R.T., Shangaraev A.Ya. Study of the influence of glass fiber characteristics on the physical and mechanical properties of glass fiber reinforced concrete. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [News of Kazan

Об авторах:

КОНДРАТЬЕВА Надежда Владимировна

кандидат технических наук, доцент
кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: samstroyisp@gmail.com

ГОЛОВАТЮК Мария Андреевна

магистрант АСА СамГТУ, инженер
строительного отдела
ООО «СамараНИПИнефть»
443010, Россия, г. Самара, ул. Вилоновская, 18
E-mail: miss2010@mail.ru

State University of Architecture and Civil Engineering], 2010, no. 1(13), pp. 268–273. (in Russian)

2. Kondratieva N.V. Investigation of ways to improve the corrosion resistance of reinforced concrete structures. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, pp. 16–23. DOI: 10.17673/ Vestnik.2020.01.3

3. Ryabova A.A. Evaluation of fiberglass concrete as a structural material. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic Researches], 2015, no. 11–3, pp. 500–504.

4. Bazhenov Yu.M. *Sposoby opredeleniya sostava betonov razlichnyh vidov* [Methods for determining the composition of concrete of various types]. Moscow, Strojizdat, 1975. 268 p.

5. Denisov A.V., Rogachev K.V., Ivanenko S.V. Results of checking the model of the structure of fiber-reinforced concrete, developed for the analytical determination of its thermal and radiation changes, according to experimental data on shrinkage during hardening. *Naukovedenie* [Science of Science], 2016, Vol. 8, no. 4(35), P. 37. Available at: <https://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-4-technics> (accessed 07 September 2022).

6. Egorochkina O., Shlyakhova E.A., Cherpakov A.V. Criteria for assessing the quality of repair work of power transmission towers. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Don Engineering Herald], 2017, no. 1(44), P. 102.

KONDRATYEVA Nadezhda V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: samstroyisp@gmail.com

GOLOVATYUK Mariia A.

Master's Degree Student of Academy of Civil Engineering and Architecture, Engineer of the Building Department
LLC SamaraNIPIneft
443010, Russia, Samara, Vilonovskaya str., 18
E-mail: miss2010@mail.ru

Для цитирования: Кондратьева Н.В., Головатюк М.А. Исследование технических характеристик стеклофибробетона // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 82–91. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.11.

For citation: Kondratieva N.V., Golovatyuk M.A. Research of Technical Characteristics of Glass-Fiber Concrete. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 82–91. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.11.

Н. Г. ЧУМАЧЕНКО
В. В. ТЮРНИКОВ
И. В. НЕДОСЕКО

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ КЕРАМИКИ

TO THE QUESTION OF STRUCTURE OPTIMIZATION FOR PRODUCING HIGH-STRENGTH CERAMICS

В статье изложены принципы, обеспечивающие выпуск керамического кирпича повышенной прочностью. Проанализировано изменение фазового состава глинистого сырья в процессе обжига. Определена роль расчетной методики определения количества и состава образующегося при обжиге расплава. Определено значение стеклофазы в упрочнении керамического черепка. С учетом свойств новообразований проанализированы различные типы структур. Определены оптимальные структуры для повышения прочности обожженной керамики. Установлены основные факторы, повышающие прочность керамического кирпича и способы их реализации. Рекомендованы способы реализации.

Ключевые слова: керамический кирпич, фазовый состав, структура, новообразования

Керамический кирпич на ближайшую перспективу останется одним из основных конструктивных материалов [1]. Это – объективная реальность, обусловленная распространенностью и не дефицитностью сырья для его изготовления, простотой технологии, возможностью возведения архитектурно-выразительных построек. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что строительство только тогда будет эффективным, когда имеется широкий выбор стеновых керамических материалов по прочности и размерам.

Практически на всех предприятиях есть проблемы, связанные с качеством. Такое положение характерно не только для Самарской области, но и для других регионов. Изменение технологии строительного производства, а именно переход на многослойные конструкции, повышает требования к прочности кирпича и его стабильности. И если для возведения малоэтажных строений основным требованием будет стабильность, то для многоэтажных – марка по прочности.

Выпуск керамического кирпича повышенной прочности должен базироваться на следующих положениях:

The article outlines the principles that ensure the production of high-strength ceramic bricks. The change in the phase composition of clay raw materials during firing is analyzed. The role of the calculation method for determining the amount and composition of the melt formed during firing is determined. The value of the glass phase in the strengthening of the ceramic shard has been determined. Taking into account the properties of neoplasms, various types of structures were analyzed. The optimal structures for increasing the strength of fired ceramics are determined. The main factors that increase the strength of ceramic bricks and methods for their implementation were established. The factors that increase the strength of ceramic bricks are determined. Implementation methods are recommended.

Keywords: ceramic brick, phase composition, structure, neoplasms

- возможность прогнозирования качества сырья;
- обоснование оптимального фазового состава обожженного керамического кирпича;
- направленная корректировка состава исходного глинистого сырья;
- тщательная гомогенизация массы.

Полную оценку сырья можно получить по нестандартной расчетной методике определения количества и состава образующегося при обжиге расплава, зная его химический состав. Разработанная методика [2] имеет широкий уровень апробации на примере глин Самарской области, Татарии и Башкирии.

Качество обожженного керамического кирпича определяется главным образом его фазовым составом.

В обожженной керамике всегда присутствуют остатки исходных минералов. Прежде всего – это кварцевые зерна и модификации кварца. Роль модификаций кварца различна. Кварцевые зерна могут частично растворяться в расплаве. Не растворившиеся остатки выполняют роль инертных наполнителей. В резуль-

тате полиморфных превращений возможно образование кристобалита и тридимита. Эти разновидности кристаллического кремнезема разрыхляют керамический черепок.

Высокоактивные аморфизированные остатки кремнезема и глинозема при недостатке щелочных оксидов приводят к мулитообразованию, а при наличии щелочных оксидов – к образованию эвтектических алюмосиликатных расплавов.

Стеклофаза представляет собой не закристаллизовавшийся расплав, образованный двойными и тройными эвтектиками. Стеклофаза играет роль связующего, склеивая между собой не растворившиеся в расплаве остатки исходных веществ и отдельные кристаллы новообразований. Известно, что наибольшей прочностью обладают стекла эвтектического состава, еще большей прочностью можно достигнуть при направленной кристаллизации расплава. Стеклофаза играет вторую по важности роль в упрочнении керамического черепка [3].

Наиболее важную роль на прочность керамического кирпича оказывают кристаллические новообразования. В качестве основных соединений можно назвать муллит, шпинели (особенно магнезиальную), β -воластонит и твердые растворы. Вид новообразований определяется свойствами сырья: в кислом сырье с избытком кремнезема преобладают кварц, тридимит, кристобалит; в алюмосиликатном глинистом сырье – муллит; при избытке CaO – воластонит. Каждая фаза имеет свою форму и размер, а также влияет на общую структуру обожженного материала. У кварца,

тридимита и кристобалита зерна кубической формы; муллит в основном кристаллизуется в виде длинных тонких иголок; кристаллы воластонита – призматические удлиненные [4].

Учитывая вышесказанное, были разработаны существующие и прогнозируемые типы структур с целью выбора оптимальной для повышения прочности керамического кирпича [5–8].

Традиционное кирпично-черепичное сырье кислое по содержанию кремнезема, с преобладанием зерен кварца, которые при обжиге переходят в более стабильные модификации, но форма зерен не меняется. Частично кварц растворяется с поверхности в образующемся расплаве, но основная доля остается в виде включений.

Как следует из рис. 1, а, при получении кирпича по традиционной технологии (грубая переработка) структура, включающая кварц, тридимит и кристобалит, не каркасная. Единичные кристаллы муллита не способствуют упрочнению керамического кирпича. Повышенные степени гомогенизации кремнеземсодержащего сырья (рис. 1, б, в) улучшает структуру за счет перевода ее на более совершенный уровень. Достаточная гомогенизация шихты и максимально плотная упаковка способствуют улучшению структуры за счет увеличения числа и укрупнения размера кристаллов муллита и большего вовлечения зерен кварца и его модификаций в расплав.

За счет описанного эффекта достигается некоторое упрочнение изделий на современных заводах при работе на традиционных составах за счет улучшения структуры при более тонкой переработке.

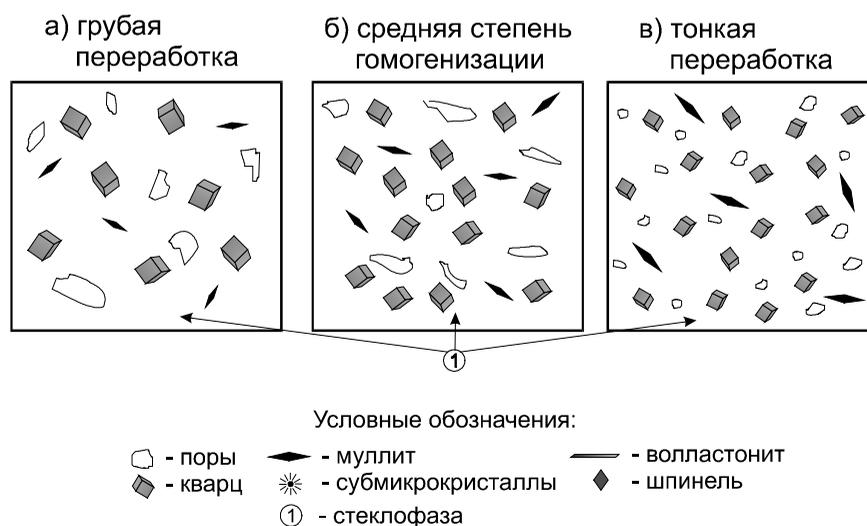


Рис. 1. Влияние степени гомогенизации кирпично-черепичного глинистого сырья на структуру и текстуру керамического кирпича

Проектные типы структур при преобладании определенных минералов новообразований показаны на рис. 2. Каркасный, упрочняющий тип структур характерен при направленном образовании муллита, шпинели, волластонита.

Очевидно, еще больший упрочняющий эффект даст получение материала с оптимальными соотношениями этих фаз (муллит + шпинель – рис. 2, б, муллит + волластонит – рис. 2, в, г). Оптимальная теоретическая структура керамического кирпича показана на рис. 3.

Так как при обжиге керамических изделий образуется 35–50 % стеклофазы, то она играет существенную роль в упрочнении материала. Наибольший эффект упрочнения может быть достигнут при направленной каталитической кристаллизации стеклофазы (см. рис. 3).

В ходе проведенного анализа были установлены основные факторы, повышающие прочность керамического кирпича, и способы их реализации, которые отражены в таблице и рекомендуются для использования при раз-

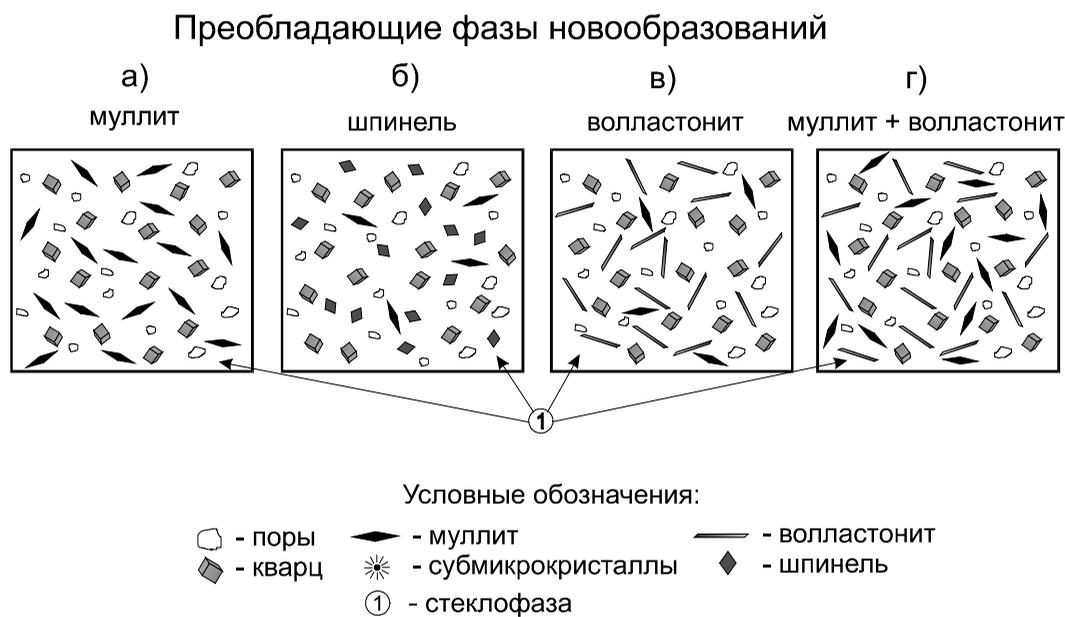


Рис. 2. Влияние направленной корректировки фазового состава новообразований на структуру и текстуру керамического кирпича

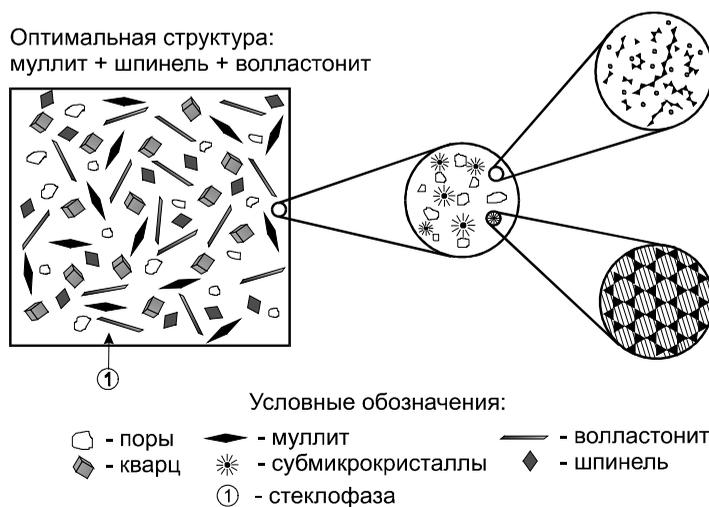


Рис. 3. Оптимальная структура керамического кирпича

Влияние фазового состава на прочность керамического кирпича

Фазовый состав кирпича	Факторы, повышающие прочность кирпича	Способы реализации
Остатки исходных минералов	Снижение количества $\text{SiO}_{2\text{кр.}}$	За счет более тонкого помола и большего вовлечения $\text{SiO}_{2\text{кр.}}$ в расплав
Кристаллические новообразования	Уменьшение $\text{SiO}_{2\text{кр.}}$ Увеличение содержания муллита, шпинели, волластонита и твердых растворов	Введение добавок, обеспечивающих образование этих соединений
Стеклофаза	1. Снижение температуры образования расплава	Введение добавок, обеспечивающих образование расплава при $t \approx 500^\circ\text{C}$
	2. Получение состава наибольшей прочности	Получение расплава эвтектического состава
	3. Получение субмикроструктурной структуры	За счет введения добавок TiO_2 , MeF , P_2O_5 , ZrO_2 , Cr_2O_3 , MeS , ZnO , NiO , CuO , Fe_2O_3 и др.

работке составов керамических шихт по выпуску высокопрочного кирпича.

Повышение прочности может быть достигнуто на гомогенных шихтах за счет оптимизации структуры и фазового состава путем направленного синтеза кристаллических новообразований (муллита, шпинели, волластонита, а также твердых растворов) и каталитической кристаллизации эвтектического алюмосиликатного расплава [5].

Таким образом, в составе керамического кирпича можно выделить три группы фаз: остатки исходных минералов, кристаллические фазы новообразований и стеклофаза. Каждая из этих трех основных групп, образующихся при обжиге кирпича, может быть откорректирована так, чтобы либо максимально снизить её вредное воздействие, либо максимально использовать ее положительное воздействие на прочность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семёнов А.А. Тенденции развития кирпичной промышленности и кирпичного домостроения в России // *Строительные материалы*. 2018. № 8. С. 49–51. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-49-51>
2. Chumachenko N.G. The use of phase rule diagrams of aluminosilicate systems for calculating melt amount and constituents appearing in ceramic mixture under firing. *Procedia Engineering*. 2014, vol. 91, pp. 381–385.
3. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат, 1977. 240 с.
4. Павлов В.Ф., Митрохин В.С. Исследование фазовых превращений в глинах различного минералогического состава в процессе непрерывного на-

грева // *Тр. НИИСтройкерамики*. 1975. Вып. 40–41. С. 204–221.

5. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Верецагин В.И., Фомина О.А. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья // *Строительные материалы*. 2016. № 8. С. 20–23. DOI: [10.31659/0585-430X-2016-740-8-19-24](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2016-740-8-19-24).

6. Салахов А.М., Кабиров Р.Р., Морозов В.П., Арискина Р.А., Валимухаметова А.Р., Арискина К.А. Исследование структуры и фазового состава глин в процессе их термической обработки // *Строительные материалы*. 2017. № 9. С. 18–22.

7. Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Принципы создания оптимальной структуры керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 65–71. DOI: [10.31659/0585-430X-2015-724-4-65-71](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2015-724-4-65-71).

8. Салахов А.М., Тагиров Л.Р. Структурообразование керамики из глин, формирующих при обжиге различные минеральные фазы // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 68–75. DOI: [10.31659/0585-430X-2015-728-8-68-75](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2015-728-8-68-75).

REFERENCES

1. Semenov A.A. Trends in the development of the brick industry and brick house-building in Russia. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2018, no. 8, pp. 49–51. (in Russian) DOI: [10.31659/0585-430X-2018-762-8-49-51](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-49-51)
2. Chumachenko N.G. The use of phase rule diagrams of aluminosilicate systems for calculating melt amount and constituents appearing in ceramic mixture under firing. *Procedia Engineering*. 2014, vol. 91, pp. 381–385.
3. Pavlov V.F. *Fiziko-himicheskie osnovy obzhiga izdelij stroitel'noj keramiki* [Physicochemical bases of roasting of

construction ceramics products]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 240 p.

4. Pavlov V.F., Mitrohin V.S. Study of phase transformations in clays of various mineralogical composition during continuous heating. *Trudy NIIstroykeramiki* [Proceedings of NIIstroykeramiki], 1975, no. 40–41, pp. 204–221. (in Russian)

5. Stolboushkin A.Ju., Berdov G.I., Vereshhagin V.I., Fomina O.A. Ceramic wall materials of a matrix structure based on non-sintering low-melting-steel technogenic and natural raw materials. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2016. no. 8, pp. 20–23. (in Russian) DOI: 10.31659/0585-430X-2016-740-8-19-24

6. Salahov A.M., Kabirov R.R., Morozov V.P., Ariskina R.A., Valimuhametova A.R., Ariskina K.A. Study of the structure and phase composition of clays during their thermal drilling. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2017, no. 9, pp. 18–22. (in Russian)

7. Ivanov A.I., Stolboushkin A.Ju., Storozhenko G.I. Principles of creation of optimal structure of ceramic

brick of semi-dry pressing. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2015, no. 4, pp. 65–71. (in Russian) DOI: 10.31659/0585-430X-2015-724-4-65-71

8. Salahov A.M., Tagirov L.R. Structure formation of ceramics from clays forming various Mi-non-oral phases during firing. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2015, no. 8, pp. 68–75. (in Russian) DOI: 10.31659/0585-430X-2015-728-8-68-75

Об авторах:

ЧУМАЧЕНКО Наталья Генриховна

доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: uvarovang@mail.ru

CHUMACHENKO Natalia G.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Production of Building Materials, Products and Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: uvarovang@mail.ru

ТЮРНИКОВ Владимир Викторович

кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: sm-115@mail.ru

TYURNIKOV Vladimir V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Production of Building Materials, Products and Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: sm-115@mail.ru

НЕДОСЕКО Игорь Вадимович

доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций Уфимский государственный нефтяной технический университет 450064, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1 E-mail: nedoseko1964@mail.ru

NEDOSEKO Igor V.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Building Structures Chair Ufa State Oil Technical University 450064, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov str., 1 E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Для цитирования: Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Недосеко И.В. К вопросу оптимизации структуры для получения высокопрочной керамики // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 92–96. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.12.

For citation: Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V., Nedoseko I.V. To the Question of Structure Optimization for Producing High-Strength Ceramics. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 92–96. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.12.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА



УДК 721.001

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.13

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

НОВЫЕ МЕТОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

NEW METHODS IN BUILDING DESIGN

Освещены основные аспекты применения новых методов проектирования зданий с использованием технологий информационного моделирования. Рассмотрено применение на практике информационного моделирования объектов на зарубежном и российском рынке. Определены основные проблемы использования информационной модели будущего объекта в России. Предложены сценарии применения современного программного обеспечения на базе предприятия. Разработаны этапы внедрения современных технологий для проектирования зданий, которые позволят повысить качество выполнения проектной документации, сократить сроки реализации будущего объекта строительства.

Ключевые слова: новые методы проектирования, информационное моделирование, внедрение программного обеспечения

Проектирование зданий и сооружений является неотъемлемой частью таких процессов, как строительство, реконструкция, капитальный ремонт.

С новыми современными технологиями развитие всей сферы строительства открывает новые горизонты, что положительно влияет и будет влиять на человека и окружающую его среду. Поскольку именно инновации дают максимальную эффективность в строительном процессе, появляются экономически выгодные условия, повышается конкурентоспособность строительных компаний, а также реализуются запросы клиентов с максимально возможными эффектами развития. Современные методы дают большие возможности всем участникам проекта, а значит активно внедряются и продвигаются.

The study highlights the main aspects of the use of new building design methods using information modeling technologies, considers the practical application of information modeling of objects in the foreign and Russian markets, identifies the main problems of using the information model of a future object in Russia, and suggests scenarios for using modern enterprise-based software. The stages of introduction of modern technologies for designing buildings have been developed, which will improve the quality of project documentation, reduce the time for the implementation of the future construction object.

Keywords: new design methods, information modeling, software implementation

Зарубежный и российский опыт применения новых методов проектирования довольно обширен, но само применение и внедрение современных технологий рассмотрено не так глубоко и детально, особенно для небольших предприятий, поэтому требуется проведение как теоретических, так и практических исследований.

В приоритете развития сейчас находится строительная отрасль, и с применением новейших цифровых технологий удастся сохранить конкуренцию на рынке, повысить эффективность строительных процессов, самого проектирования и в целом развивать отрасль.

Популяризацию мировой строительной отрасли захватила так называемая BIM-технология, термин которой является аббревиатурой

рой от Building Informational Modeling и в переводе на русский означает «информационное моделирование зданий».

Строительная отрасль сегодня предъявляет новые требования к проектированию объектов недвижимости. Это означает, что на этапе управления строительством теперь необходимо использовать не только сам проект объекта, но и информационную модель, которая будет содержать в себе все сведения, необходимые на протяжении всего жизненного цикла объекта.

На рис. 1 показаны преимущества применения BIM на стадиях проектирования, экспертизы, строительства и эксплуатации.

Сегодня создание проекта объёмной модели объекта является приоритетной составляющей для будущего развития градостроительства. Это дает возможность визуализировать создание будущего здания в любых его формах, ракурсах и размерах, что позволяет участникам проекта понять детально суть строящегося объекта и его важные составляющие аспекты.

Инновационные технологии дают возможность организовывать комфортные условия работы строительного проектирования для всех участников процесса, а также согласующих и экспертных организаций, надзорных органов и местных органов самоуправления. При этом сокращается затраченное время на проектирование будущего объекта строительства, с созданием большого перечня информации (чертежи, схемы, расчеты, характеристики и т. д.).

Переход на новые технологии сталкивается с проблемой их внедрения, так как мир развития строительства и проектирования чаще обращен в сторону зарубежных технологий, развитие которых происходит быстро и активно, тем самым в России этот процесс становится более затруднительным и медленным. Кроме того, подобные программы обращены в сторону тех нормативно-правовых документов, где непосредственно создана эта программа (США, Германия, Англия, Япония и др.), что ведет к несогласованности с нормативно-правовыми документами России. Самые востребованные и актуальные технологии чаще всего являются продуктом зарубежных компаний, где в основном применяется ограниченный список языков перевода, как правило это английский, немецкий.

На рис. 2 отражена примерная структура затрат для внедрения BIM в проектные организации.

На этапе глобального развития технологий в сфере строительства и проектирования используется огромный перечень зарубежных и российских программных обеспечений (ПО). Но на этом не останавливается век технологий, уже сейчас существует немало новейших методов для строительства и проектирования, которые обеспечивают более сложную и кропотливую работу как на самом участке строительства, так и в офисе, в узкоспециализированной направленности.



Рис. 1. Преимущества применения BIM на всех стадиях жизненного цикла

Так, одной из современных технологий является трехмерное сканирование объектов, которое позволяет создавать цифровые модели не только отдельных зданий и сооружений, но и целых комплексов или территорий. С его помощью можно получить точные данные даже при работе со сложными архитектурными формами. Это позволяет широко использовать метод для различных научных исследований, реставрации памятников. Внедрение и использование данной технологии позволяет сократить время, затраченное на получение информации по объектам, а также обеспечивает точность в топографических съемках.

Большую значимость получает и современная технология параметрического моделирования, что позволяет за короткое время с помощью изменения параметров или геометрических соотношений получить различные конструктивные схемы и в дальнейшем избежать ошибок.

Наиболее очевидным преимуществом параметрической архитектуры является огромный потенциал для экономии времени и денежных средств благодаря способности автоматизировать изменения в модели здания и рабочей документации. Такие программы как Revit позволяют изменять несколько элементов (например типы дверей и окон), меняя ширину, высоту и материал различных элементов. Параметрический подход к проектированию интересен возможностью создавать сложную и выразительную архитектурную форму простыми средствами, а также оптимизировать производство и монтаж конструктивных

элементов, например фасад общественного здания, изображенный на рис. 3 [1].

Это концепция двойной шестиугольной сетки со сложным плетением, алгоритм которой рассчитывает узлы сетки, пересечения отдельных элементов, что позволяет подготовить модель к производству, а также сократить денежные затраты и производить несложный монтаж. Примером использования параметрического моделирования за рубежом является культурный центр Гейдара Алиева, построенный в столице Азербайджана городе Баку [2].

Программный продукт Tekla Structures также имеет активный спрос среди зарубежных и российских компаний в сфере строительства, это система информационного моделирования, представляющая собой продукт ряда конфигураций, направленных на различные сегменты и роли в строительной и проектной отрасли. Tekla Structures дает возможность создавать точные информационные модели любых строительных конструкций, и в будущем пользователь может получить из модели необходимую информацию и документацию в автоматическом режиме [3].

На рис. 4 показана информационная модель сооружения, сделанная в Tekla Structures.

В табл. 1 показано применение программного продукта Tekla Structures в различных компаниях.

Основными достоинствами данного программного продукта уверенно могут считаться:

- оптимизация рабочего процесса (создание информационной модели конструкций вне зави-

Статья затрат	Примерная доля в общих тратах
Аудит компании	5%
Обучение сотрудников работе в ПО	30%
Разработка регламентирующих BIM-документов	25%
Разработка шаблонов проектов для Revit	15%
Сопровождение пилотного проекта	25%
Комплексное внедрение BIM (25 человек)	100%

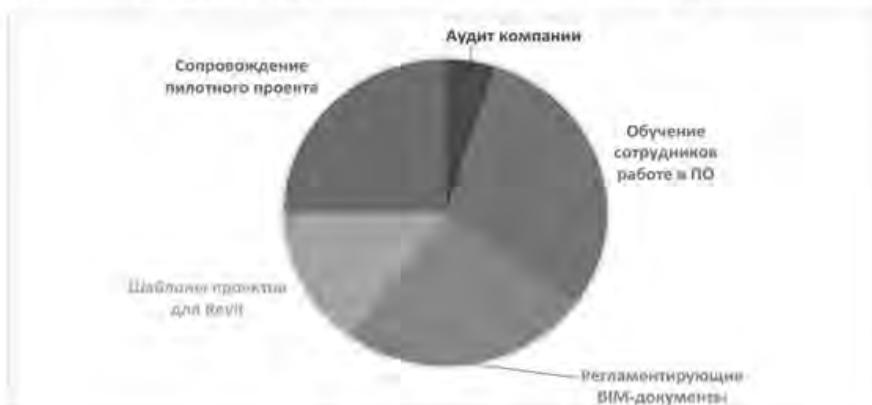


Рис. 2. Примерная структура затрат для внедрения BIM в проектные организации

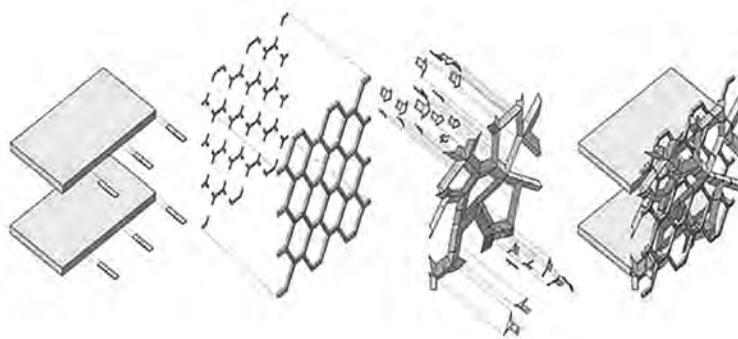


Рис. 3. Поэтапное крепление фасада

симости от типов материалов, единое информационное поле на всех стадиях создания строительного объекта от проектирования до строительства, управление совместными рабочими процессами группы с помощью точных данных из модели);

- экономное производство (эффективное моделирование с целью сокращения расхода материалов, передача информации из модели на технологичную линию без потери данных);

- открытое взаимодействие участников проекта с возможностью подключения субподрядчиков и других лиц.

Расчетная модель будет создаваться автоматически по модели конструкций, что позво-

лит уменьшить процент ошибок, связанных с построением расчетной модели зданий или сооружений. Что же касается связи с другими программными комплексами, то передача модели конструкций архитекторам, проектировщикам и инженерам будет производиться за счет использования самых распространенных форматов передачи данных, таких как: DWG, DXF, DGN, IFC, CIS/2 и др.

Перечень зарубежных технологий, которые используются на территории России в крупных компаниях, но из-за весомых показателей не могут пока быть применены на небольших предприятиях, приведен в табл. 2.

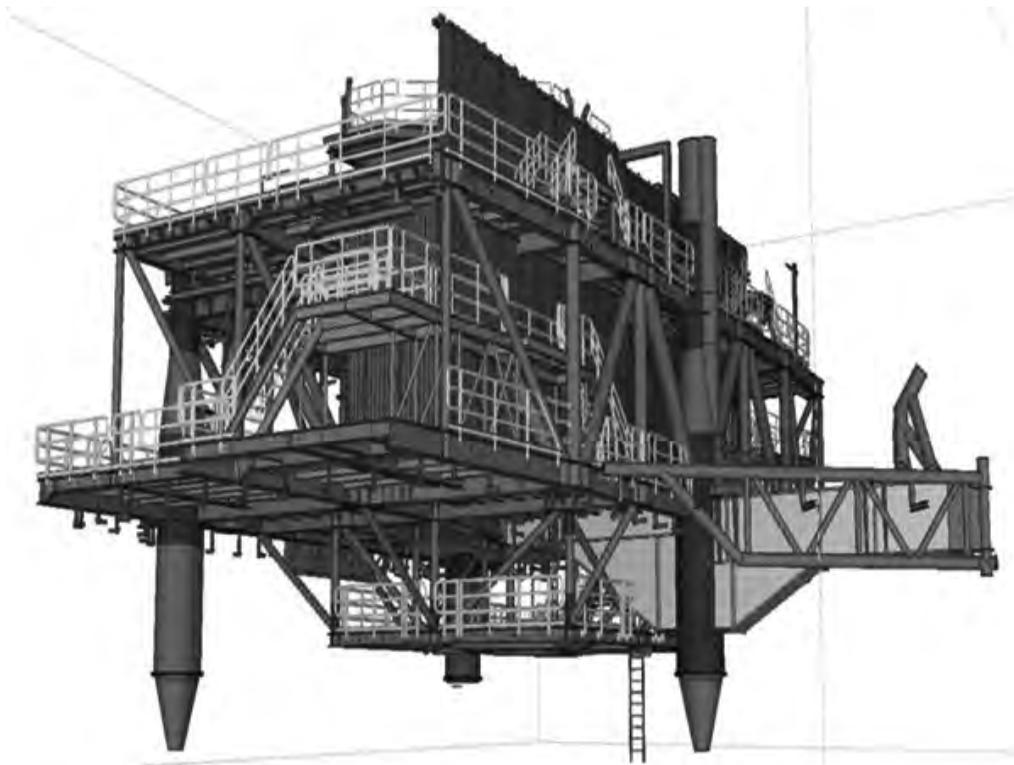


Рис. 4. Информационная модель сооружения в Tekla Structures

Таблица 1

Применение Tekla Structures в компаниях

Наименование организации	Описание
АПБ А U	Выступает основным исполнителем и партнером девелоперской компании «Унистрой», занимающейся вводом жилья в Приволжском федеральном округе России. На примере жилых зданий конструкторы показывают, как решения Tekla Structures помогают в массовом строительстве [4]
UPB Engineering	Белорусское дочернее предприятие международного холдинга UPB. Проектное бюро находится в Минске и занимается проектированием раздела «конструктивные решения» объектов жилого и общественного назначения. Внедрение Tekla Structures в работу холдинга началось в 2012 г. Сейчас это основная рабочая программа в компании, есть корпоративный стандарт обучения новых сотрудников, наборы видеоуроков, обучающих материалов и методички [5]
Проектное бюро «Апекс»	Выполняет весь спектр задач по развитию территорий: от оценки участка, проектирования городской среды и создания планов освоения территорий до конкретных конструктивных решений, разработки инженерных систем, адаптации архитектурных концепций. Основное направление деятельности – комплексное проектирование жилых и общественных зданий и сооружений. Особенность подхода проектного бюро – опирание на BIM-решения на всех этапах работы. Опора на Tekla Structures с собственными доработками позволяет специалистам «Апекс» в сжатые сроки разрабатывать технически сложные и уникальные проекты [6]
AAE Engineering	Казахстанская компания, эксперт в проектировании и строительстве промышленных объектов. Закупка и внедрение Tekla Structures прошли несколько лет назад. Однако эффективно применять программный комплекс стали только после того, как появилась группа конструкторов, заинтересованных в собственном профессиональном развитии. Они на практике доказали, что можно за один месяц с нуля научиться уверенно работать с Tekla Structures. AAE Engineering получила заказ на модернизацию действующей золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ) и увеличение мощностей на 25 %. Для оптимальной организации работы и поэтапной выдачи документации предложено строить отдельно модель каждого металлокаркаса технологических этажерок. Когда один каркас достраивался, конструкторы уже выдавали на изготовление следующий пакет документации. Эта схема снимала риски внесения случайных изменений в выданный комплект производственных чертежей. Из-за сжатых сроков и нехватки специалистов использовалась только элементарная параметризация (например разворот элемента) [7]

Таблица 2

Основные проблемы использования современных и зарубежных технологий

Название технологии/ программы	Основные проблемы использования
Параметрическое моделирование	1. В ходе создания концепции параметрическая 3D CAD может оказаться сложной для конструкторов и проектировщиков, желающих исследовать максимально возможное количество 3D-концепций 2. Высокая стоимость обучения «параметрического моделирования (проектирования)»
Лазерное сканирование объектов	Основной проблемой использования данного оборудования является высокая стоимость
Tekla Structures	Одним из главных минусов данного программного продукта является высокая стоимость

По результатам проведенных исследований предлагается несколько сценариев по внедрению новых методов проектирования.

Сценарий 1. Заключение договоров с консалтинговой компанией.

В табл. 3 перечислены переходы на BIM-технологии или другие современные технические продукты. Указаны этапы по внедрению BIM-технологий, это поможет организации самостоятельно разобраться в том, как лучше внедрять технологии, какие плюсы и минусы существуют в различных сферах на предприятии и каков процент готовности к внедрению.

Сценарий 2. Помощь и внедрение новых технологий проектирования с поддержкой компаний-интеграторов.

При невозможности самостоятельного выбора необходимых ПО организация может обратиться в компанию-интегратор (например «Айбим») [8], которая поможет подобрать необходимое техническое обеспечение, что позволит сократить денежные и временные затраты на неподходящие ПО и качественно оборудовать рабочий процесс.

Для выбора компании-интегратора рассмотрим критерии оценок (табл. 4).

Сценарий 3. Пробные периоды и демоверсии программных продуктов.

Выход из сложившейся ситуации в затруднительном использовании современных программ и технологий – это пробные периоды использования, а также демоверсии (Sweet Home 3D, SketchUp, Asana).

Существует ряд бесплатных курсов для ознакомления или более глубокого изучения различных систем и программ, которые могут предоставлять институты, специализированные школы, частные фирмы и разработчики самих программ. Это дает возможность в любое время освоить начальные этапы использования современных программ и систем, их дальнейшую реализацию в проектировании и в других немаловажных отраслях строительства в целом.

Сценарий 4. Применение российского ПО (Renga, Model Studio CS Строительные решения, SodisDocs, PlanRadar). Для обучения и начальной работы в BIM Renga достаточно использовать минимальные системные требования, в будущем предприятию будет понятно,

Таблица 3

Этапы перехода на BIM-технологии

Шаг 1. Провести предварительный аудит компании	
Основные моменты, на которые нужно обратить внимание организации/предприятию	V
Желание руководства цифровизировать/модернизировать компанию	+/-
Оценка внутренних ресурсов: подбор людей, заинтересованных во внедрении BIM	+/-
Готовность к найму BIM-менеджера в случае нехватки внутренних ресурсов	+/-
Оценка IT-инфраструктуры в компании, ее готовности к цифровизации	+/-
Наличие бюджета для закупки лицензированного ПО и оборудования для обучения сотрудников и разработки нормативных документов	+/-
Шаг 2. Предусмотреть препятствия, которые могут помешать	
Оценка возможных препятствий	V
Неправильная стратегия внедрения BIM, попытки выполнить сложную задачу в короткие сроки, некорректный выбор ПО	+/-
Неготовность компании менять свои бизнес-процессы	+/-
Неготовность компании к спаду производительности на начальных этапах внедрения (из-за смены устоявшихся бизнес-процессов и перехода на новую технологию)	+/-
Незнание трендов строительной отрасли: отсутствие данных о новых технологиях	+/-
Отсутствие ответственного за внедрение сотрудника и специалиста, который разбирается в BIM-технологии	+/-
Неготовность к тому, что процесс перехода на BIM требует определенных временных и финансовых затрат	+/-
Обращение к недобросовестной компании-интегратору	+/-

Таблица 4

Выбор компании-интегратора

Критерии оценки интегратора	V
Объем покрытия бизнес-процессов: опыт внедрения технологии «под ключ» и знание всех этапов строительного процесса (от эскизного проектирования до введения в эксплуатацию)	+/-
Опыт: объем реализованных проектов, наличие позитивной обратной связи от компаний, где технология внедрена, возможность предоставить контакты референсных клиентов	+/-
Отличные знания в IT-сфере: наличие IT-обеспечения, знание всех процессов при внедрении технологии, официальная сертификация от вендоров ПО, статус партнера вендора	+/-
Лояльность к заказчику: готовность идти навстречу и подбирать оптимизированное решение при постановке нестандартных задач	+/-
Знание различных программных продуктов: подбор ПО под конкретные задачи заказчика	+/-

хватает ли технического оснащения или же для более глубокой и детальной работы придется приобрести более мощное техническое оборудование.

Вывод. Применение российского программного обеспечения становится важной составляющей будущего развития строительства и проектирования в России. Разработка и применение современных российских ресурсов довольно быстро набирает обороты и становится популярным продуктом на рынке. С учетом развития зарубежного рынка ПО, колебания цен (курса) и введения большого перечня нормативно-правовой документации по информационной модели будущего объекта, российские разработчики активно развивают свои системы и программы. Уже сейчас данные разработки активно входят в работу различных организаций и предприятий, так как имеют доступную стоимость и довольно понятную и быструю ориентацию в системе, это позволяет компаниям и предприятиям быстро осваивать программные продукты и новую основу строительства будущего, а стоимость позволяет без огромных вложений приобретать и использовать продукты российских разработчиков.

Опираясь на зарубежный опыт, идет глобальная переоценка строительной сферы в РФ, и с учетом развития и новшеств происходит обновление российского программного обеспечения (ПО). Это дает возможность небольшим организациям и предприятиям переходить и использовать российские разработки, без лишних затрат, на русском языке и при постоянной поддержке технического персонала. Уже сейчас наблюдаются большие перспективы российских программных продуктов, которые имеют все шансы полностью заменить зарубежные разработки и вывести российских рынков на новый уровень.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МАРШ: Параметрическое проектирование [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://archi.ru/russia/85126/marsh-parametricheskoe-proektirovanie> (дата обращения: 12.07.2022).
2. Культурный центр Гейдара Алиева от Zaha Hadid Architects – архитектура, стирающая границы [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.architime.ru/specarch/zaha_hadid_architects_ha/heydar_aliyev_center.htm#1.jpg (дата обращения: 12.07.2022).
3. Tekla Structures – высокопроизводительное программное обеспечение для информационного моделирования (BIM) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru/Продукция/tekla-structures> (дата обращения: 12.07.2022).
4. Опыт АПБ А|U при проектировании жилых объектов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/опыт-апб-а-у-при-проектировании-жилых-объектов> (дата обращения: 12.07.2022).
5. Tekla Structures как основной рабочий инструмент: опыт UPB Engineering [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/tekla-structures-как-основной-рабочий-инструмент-опыт-upb-engineering> (дата обращения: 12.07.2022).
6. Автоматизация проектирования с Tekla Structures: опыт APEX [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/автоматизация-проектирования-с-tekla-structures-опыт-apex> (дата обращения: 12.07.2022).
7. Опыт AAEngineering: от проектирования до стройплощадки [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/опыт-aaengineering-от-проектирования-до-стройплощадки-6> (дата обращения: 12.07.2022).
8. Айбим [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bim-info.ru/> (дата обращения: 12.07.2022).

REFERENCES

1. MARSH: Parametric Design. Available at: <https://archi.ru/russia/85126/marsh-parametricheskoe-proektirovanie> (accessed 12 July 2022).
2. Heydar Aliyev Cultural Center from Zaha Hadid Architects – architecture that blurs borders. Available at: https://www.architime.ru/specarch/zaha_hadid_architects_ha/heydar_aliyev_center.htm#1.jpg (accessed 12 July 2022).
3. Tekla Structures – High Performance Information Modeling (BIM) Software. Available at: <https://www.tekla.com/ru/Продукция/tekla-structures> (accessed 12 July 2022).
4. A'U APB Experience in Residential Design. Available at: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/опыт-апб-а-у-при-проектировании-жилых-объектов> (accessed 12 July 2022).
5. Tekla Structures как основной рабочий инструмент: опыт UPB Engineering. Available at: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/tekla-structures-как-основной-рабочий-инструмент-опыт-upb-engineering> (accessed 12 July 2022).
6. Design Automation with Tekla Structures: APEX Experience. Available at: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/автоматизация-проектирования-с-tekla-structures-опыт-апех> (accessed 12 July 2022).
7. AAEngineering Experience: From Design to Construction Site. Available at: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/опыт-aaengineering-от-проектирования-до-стройплощадки-6> (accessed 12 July 2022).
8. Aibim. Available at: <https://bim-info.ru/> (accessed 12 July 2022).

Об авторах:

ДИДКОВСКАЯ Ольга Всеволодовна

доктор экономических наук, профессор,
заведующая кафедрой стоимостного инжиниринга
и технической экспертизы зданий и сооружений
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 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
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 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
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sjv-74@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
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kafedra_cen@mail.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
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: nikiforova70@inbox.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
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: sjv-74@mail.ru

Для цитирования: Дидковская О.В., Власова Н.В., Селезнева Ж.В. Новые методы в проектировании зданий // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 97–104. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.13.

For citation: Didkovskaya O.V., Vlasova N.V., Selezneva Zh.V. New Methods in Building Design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 97–104. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.13.

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



УДК 711.4.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.14

Э. В. ДАНИЛОВА
Р. М. ВАЛЬШИН

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОГО ГОРОДА CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF THE POST-INDUSTRIAL CITY

Статья посвящена урбанистическим концепциям – экогород, креативный город, умный город, лежащим в основе развития города в постиндустриальную эпоху. Рассматриваются исторические предпосылки формирования концепций, анализируются истоки каждой концепции, которые были сформулированы социологами, экономистами и урбанистами. Описываются принципы экологического урбанизма, креативного города и основные характеристики умного города. Проводится сравнительный анализ принципов каждого города, и выявляются общие положения, присутствующие в каждой из описываемых урбанистических концепций. В заключении дается описание образа постиндустриального города, который является альтернативным по отношению к индустриальному городу.

The article is devoted to urban concepts – eco-city, creative city, smart city – which underlie the development of the city in the post-industrial era. The historical prerequisites for the formation of concepts are considered. The origins of each concept, which were formulated by sociologists, economists and urbanists, are analyzed. The principles of ecological urbanism, a creative city and the main characteristics of a smart city are described. A comparative analysis of the principles of each city is carried out, and general provisions are identified that are present in each of the described urban concepts. In conclusion, a description is given of the image of a post-industrial city, which is alternative to an industrial city.

Ключевые слова: экология, инновации, креативность, разнообразие, плотность, компактность, идентичность, образ города

Keywords: ecology, innovations, creativity, diversity, density, compactness, identity, city image

Существует канонический образ модернистского индустриального города, который был представлен в Афинской хартии. Все аспекты – работа, жилье, досуг и транспорт – подробно описаны, а ранние эскизы и планы Ле Корбюзье сегодня представляются калькой с реальности. За несколько десятилетий этот образ был реализован повсеместно. Благодаря ясно артикулированным принципам и массовому жилому строительству, все подобные реализации копировали друг друга, создавая бесконечный ряд одинаковых иллюстраций к исходным положениям хартии. Возможно, это был один из главных признаков наступающей глобальной эпохи. После крушения надежд модернистов, после краха модернистского индустриаль-

ного города, появилось множество концепций, часто фантастических, а иногда наоборот укорененных в историческом прошлом. Тем не менее в течение долгого времени не существовало общих принципов, аналогичных Афинской хартии, благодаря которым можно было бы заменить устаревший и скомпрометировавший себя идеал модернистского города. Авторы проектов, планов и стратегий противоречили друг другу. Между шагающими городами Архигрема и урбанистическими артефактами Альдо Росси существовало неопределённое настоящее, которое не находило своей визуальной и структурной репрезентации [1]. Невозможно было вывести золотую середину несмотря на принцип коллажности, предложенный

К. Роу и Ф. Кеттером [2]. Предполагалось, что будущий город – это город, в котором прошлое и будущее должны сосуществовать в настоящем, но оставался вопрос, как это можно было увязать содержательно, кроме совмещения контрастных и разнородных структур в урбанистическом коллаже.

Пока архитекторы и градостроители искали образ будущего, постепенно развивались различные процессы в самих реальных городах. Переход от индустриального к постиндустриальному городу привел к упадку производств, вокруг которых и строилась идея модернистского градостроительства. Исчезали сами смысловые центры городской жизни, постепенно вытесняясь другими способами производства, все больше уходящего от традиционной структуры. Одновременно движение «зеленых» за экологическое благополучие в городах набирало обороты. Рыночная экономика и потребительская культура изменили само понятие центра города, которое все больше отдавалось на откуп торговле, проникающей во все вакантные пространства. Общественное же пространство напротив все больше приватизировалось и сокращалось, что вызывало тревогу горожан и урбанистов. Наконец, развитие информационно-компьютерных технологий трансформировало сам мир, который теперь предстал перед человечеством в двух измерениях одновременно, вынуждая их приспосабливаться к постоянным погружениям и функционированию в виртуальной и реальной средах одновременно. Глобальный мир способствовал постоянным перемещениям, порождая поколение номадов, следующих за трендами экономики и переосмысляющих понимание городского окружения.

Все эти радикальные изменения побудили многих философов и социологов, архитекторов и урбанистов, а также экономистов и городских менеджеров, с одной стороны, к переосмыслению и анализу происходящих процессов, а с другой – к поиску подходов, способных справиться с непрерывными изменениями. Разработка стратегий потребовала, в свою очередь, формулирования принципов, а следовательно, определения ценностей, которые и могли быть положены в основу конкретных планов. Так, прежде всего нужно было разработать новое описание наступающего времени. Такое описание дал Дэниел Белл в книге «Грядущее постиндустриальное общество», вышедшей в 1973 г. [3]. Белл на раннем этапе показал, как меняется система производства, экономика, а само общество переходит на новую ступень развития, что, в свою очередь, порождает требования к организации пространства. Требовались но-

вые концепции города, которые пришли бы на смену концепции индустриального города. Три новые концепции – экогород, креативный город и умный город – стали ключевыми в развивающейся урбанистике, поскольку они выражали как сами изменения города, так и новые ценности в постиндустриальном обществе.

Экогород

Концепция экогорода является продолжением перманентно существующей проблематики градостроительства, центром которой является идея гармонизации городской среды и природного окружения [4]. Несмотря на то, что модернисты провозгласили зеленое пространство одним из важнейших принципов, реальное положение дел в городах демонстрировало острую нехватку публичных зеленых пространств, плохую экологию и отсутствие вынужденной, четко артикулированной зеленой инфраструктуры. Индустриальные предприятия разрушили природные системы, а образ «башен в парке» в реальности представлял собой отдельно стоящие здания в неорганизованном ландшафте. Множество различных идей – зеленый город, биоурбанизм, биорегионализм – предполагали обращение к природным ресурсам города как к основанию экономического развития города и региона. Сторонники этих подходов представляли человеческое сообщество как часть мировой природной системы. Наиболее заметным движением стала некоммерческая организация «Урбанистическая экология», которая была основана архитектором Р. Реджистером в Беркли в 1975 г. Именно Р. Реджистер разработал концепцию экогорода Беркли, впервые предложив такое определение города. Книга ««Экосити Беркли: строительство городов для здорового будущего» стала широко распространенной и послужила руководством по развитию экологичного городского пространства [5]. Международные конференции, организованные архитектором, собирали множество участников, распространяя идеи экосити во многих странах.

Первые проекты экосити были основаны на стремлении к общинному образу жизни, использованию экологических строительных материалов и источников энергии, развитию велосипедного и пешеходного движения, увеличению зеленых насаждений. Тем не менее их некоторая первоначальная патриархальность была трансформирована под влиянием информационно-компьютерных технологий и принятием концепции устойчивого развития ООН, послужившей новым импульсом для экологической трансформации горо-

дов [6]. Появилось три значимых вектора: экологическая реновация исторических городов, создание новых экорайонов в европейских городах и строительство технологичных экогородов в Азии на основе новых инновационных методов. В строительстве экорайонов в Европе лидируют Германия, Швеция и Финляндия, где традиционно природа играла большую роль в национальной культуре. В Азии наиболее активно процесс строительства экогородов происходит в Китае, Южной Корее и Сингапуре.

Определение экогорода включает множество концепций, варьирующихся в соответствии с географическим и культурным контекстом. Вне зависимости от того, являются ли экорайоны результатом реновации уже существующих мест или представляют собой новые инновационные проекты, всем им присущи следующие принципы экологического урбанизма [7]:

1. Интеграция природной среды и среды, созданной человеком. Это означает, что территориальный контекст, ландшафт и климат являются ключевыми факторами влияния на планировочную структуру города. Уникальность каждого контекста обеспечивает минимизацию негативного воздействия погодных условий и извлечение преимуществ из существующего ландшафта. Природный потенциал территории становится обоснованием для экономического и социального развития.

2. Компактная форма города. Наличие артикулированных границ препятствует хаотическому расползанию городской структуры и преобладанию низкой плотности в застройке города. Это позволяет оптимизировать трафик, создать высокую пропускную способность транспортного каркаса. Наиболее важным представляется сохранение природного ландшафта, обеспечивающего возможности для развития сельского хозяйства, а значит продовольственную автономность и приоритет локальных продуктов. Компактная форма и высокая плотность также дают возможности для развития велосипедного и пешеходного движения и шаговой доступности всех необходимых общественных объектов и пространств. Компактная форма позволяет рационально использовать территорию города, не оставляя пустот и не допуская деградации отдельных районов и мест.

3. Зеленый каркас города. Взаимосвязанность зеленых пространств подобно транспортному каркасу позволяет создать непрерывную зеленую среду в городе, состоящую из четко артикулированных компонентов с их композиционным и формальным разнообразием. Все горожане имеют доступ к зеленым простран-

ствам. Зеленый каркас позволяет создать био-разнообразие города, поскольку интегрирует зеленые пространства внутри города с непосредственным природным окружением за его пределами, что ведет к повышению устойчивости в целом.

4. Сокращение автомобильного транспорта. В экогородах приоритет отдается общественному транспорту, велосипедному и пешеходному движению. В азиатских городах также распространено использование мотоциклов, которые являются дешевым и доступным моторизованным средством. Развивается железнодорожное сообщение, поскольку этот вид транспорта является более экологичным. Предполагается увеличение количества транспорта с электроприводом.

5. Экономика замкнутого цикла. В экогороде применяются экологичные технологии для управления энергией, водными ресурсами и отходами. Используется биологическая очистка сточных вод, сбор стоков воды в хранилищах, разнообразные возобновляемые источники энергии с применением локальных ресурсов, технологии интеллектуального учета. Особое внимание уделяется переработке ресурсов, сокращению отходов и выбросов токсичных веществ.

6. Применение локальных материалов в строительстве. Производство материалов должно быть экологичным и экономичным. Использование локальных материалов позволяет сократить цепочки поставок, минимизирует энергозатраты и обеспечивает урбанистическую идентичность. Разработка новых материалов должна основываться на возможности их последующей переработки и повторного использования.

7. Строительство на основе модульных конструкций и энергоэффективных технологий. Модульные конструкции способствуют увеличению доступного жилья. Все общественные здания в экогороде должны быть построены с учетом их гибкого использования, возможности трансформации и повторного использования различных компонентов, что обеспечивает длительный срок их жизненного цикла. При разработке фасадов следует применять адаптируемые оболочки, позволяющие автоматически изменять температурный режим и регулировать процессы вентиляции. Энергоэффективные технологии позволяют изменить процесс потребления энергии, превращая объект в источник энергии, в то время как системы сбора и очистки воды сокращают потребление водных ресурсов в городе.

8. Развитое общественное пространство. В экогороде планировочная структура поли-

центрична. В центрах и подцентрах происходит концентрация деловых и общественных функций. В исторических районах общественное пространство становится результатом реновации и адаптивного использования бывших промышленных зданий [8]. Все общественные пространства являются доступными для всех групп населения, включая маломобильных горожан, и предоставляют возможности для различных видов деятельности, способствующих укреплению соседств. Так же, как и зеленый каркас, общественное пространство в экокороде объединяет все районы, что достигается за счет смешанного использования.

9. Разнообразие является ведущим принципом, который реализуется в уровнях планировочной структуры и застройки, зеленых и общественных пространств, инновационных технологий и материалов экокорода. Инновационные технологии и локальная культура стимулируют экономическое процветание. Функциональное и визуальное разнообразие определяют уникальность города, усиливая его урбанистическую идентичность.

Таким образом, концепция экокорода предполагает не только увеличение зеленых пространств, но подразумевает трансформацию планировочного подхода, развитие инновационных технологий и стимулирует общественную жизнь горожан. Высокотехнологичные экокорода в Азии проигрывают европейским городам именно с точки зрения развития общественных функций и доступного жилья. Современный опыт строительства экокородов демонстрирует, что только технологии замкнутого цикла являются недостаточными для обеспечения комфортной среды – должна меняться сама социально-экономическая, планировочная и функциональная структура города в соответствии с теми ценностями, которые были сформированы в процессе становления концепции креативного города.

Креативный город

Концепция креативного города начала развиваться на десятилетие позже концепции экокорода. В 1980-е гг. в городах все заметнее становились последствия перехода от индустриальной к постиндустриальной экономике. Многие промышленные предприятия были заброшены. Изменилась структура рабочей занятости. Рабочий класс был вытеснен новыми работниками, занятыми в сфере финансов и услуг. Новый креативный класс, по определению Р. Флориды, предъявлял иные требования к городской среде и качеству городской жизни [9]. Эти требования совпали с новым интересом

городских властей к культуре и искусству, которые все больше играли значимую роль в жизни креативного класса и в самой постиндустриальной экономике, в которой дизайн и реклама являлись неотъемлемой частью. Культура и искусство стали восприниматься как новые драйверы экономики, способные изменить облик города и сделать его привлекательным не только для развивающегося туризма, но и для притока работников интеллектуальных и творческих профессий.

Конкурируя друг с другом, города преобразовывались за счет строительства знаковых объектов – музеев современного искусства или культурных центров. Идея повторного использования, проистекающая из экологического подхода, была применена для адаптивного использования промышленных объектов, которые стали преобразовываться в креативные кластеры. Культурные и творческие индустрии получили пространства в городской среде, а деградирующие территории, в свою очередь, стали значимыми общественными пространствами. Очень часто творческие кластеры, располагавшиеся в неиспользуемых зданиях, становились основой для последующей джентрификации рабочих районов, привлекая общественное внимание и тем самым повышая стоимость земли и будущей застройки. Аналогичный процесс привлечения горожан и туристов происходил и в случае строительства нового музея по проекту известного архитектора, как, например, в Бильбао или Барселоне. Такой объект становился новой городской иконой, формирующей современную идентичность города.

Занимавшие прежде маргинальную роль в городской экономике культура и искусство вышли на передний план в постиндустриальном обществе. Развитие творческих кластеров и современного искусства происходило одновременно с реконструкцией исторической среды, что также повышало качество городской среды и привлекало туристов. Все эти процессы стали основой для концепции креативного города, которая была разработана Ч. Лэндри, одним из авторов постиндустриальной трансформации Глазго. На основе анализа и собственного опыта Ч. Лэндри в книге «Креативный город» [10] сформулировал положения, которые могут быть осознаны как принципы креативного города.

1. *Культура как ресурс.* На протяжении всей истории цивилизации креативность была движущей силой развития городов. Культура, в свою очередь, является основой для креативности, поскольку в создании нового всегда задействованы интеллектуальные и творческие силы. Таким образом, культуру можно определить как

ключевой ресурс экономики и политики. Именно культура сохраняет все идеи, развитые обществом, и является материалом для последующего развития. Культурные ресурсы и определяют степень креативности, которая выступает как метод. К культурным ресурсам относится историческое наследие, городская среда, фестивали и локальная кухня, все культурные институции и туризм, а также все творческие силы города, укрепляющие социальный капитал.

2. *Инновации как результат креативности.* Инновации возникают в процессе реализации идей, которые рождаются на пересечении различных традиций и их трансформации и адаптации к новым условиям. Таким образом, креативность обеспечивает взаимовлияние традиций и инноваций. Креативные практики позволяют транслировать ценности культуры и препятствуют гомогенизации, обусловленной процессами глобального развития. Инновации во всех сферах городской жизни становятся возможными благодаря повышению креативности всего городского сообщества [11].

3. *Разнообразие как потенциал инноваций.* Поскольку инновации возникают за счет гибридизации различных идей и практик, для их стимулирования необходимо отдавать приоритет разнообразию в культуре, экономике, технологиях, социальной структуре города, методах его управления, архитектуре и искусстве. Чем выше степень разнообразия исходных данных, тем больше инноваций может быть осуществлено в креативном городе. Таким образом, разнообразие становится неисчерпаемым ресурсом, порождая тренд на инновации во всех сферах.

4. *Значимость локального контекста.* Каждый контекст является уникальным и определяет специфику культурных ресурсов, особенности экономической и производственной структур, а значит и специализацию города – нишу, которую он занимает в культуре и экономике региона или страны. Соответственно контекст влияет на инновации, которые могут реализовываться в одном городе и быть нерелевантными в другом. Локальные традиции, практики и события формируют идентичность города. Поэтому необходимо тщательно исследовать локальный контекст и усиливать то, что составляет локальную идентичность.

5. *Значимость творческой среды.* Инициатором и драйвером инноваций в городе являются креативный люди, для которых важно существование творческой среды в городе. Для этого необходимо объединять различных индивидуальностей, группы, команды, государственные, коммерческие и общественные организации, обеспечивая постоянный диалог между всеми

членами городского сообщества и превращая процесс городского развития в коллективное творчество. Различные мнения, точки зрения горожан и внешних экспертов определяют более полную картину анализа и обеспечивают как знание локального контекста, так и знание изменяющегося мира, что позволяет создать стратегию развития города. Если в столичных городах творческая среда существует всегда как часть культуры метрополии, то в региональных центрах и малых городах творческую среду необходимо развивать, а также создавать возможности для ее создания там, где она отсутствует, поощряя формальные и неформальные связи и диалоги.

6. *Город как организм.* Все процессы в городе развиваются динамично, поэтому стратегия развития должна учитывать происходящие изменения, возникающие инновации, внешнюю конъюнктуру, растущее разнообразие технологий, влияний, культурных и социальных ресурсов. Все это позволяет сместить фокус с идеи города-машины с его жесткой бюрократической и производственной структурой к идее города-организма, которая предполагает признание непрерывных изменений. Город-организм способен гибко реагировать на изменения, адаптироваться к ним и постоянно улучшать все аспекты городской жизни. Идея города-организма наилучшим образом подходит к пониманию современного мира с его возрастающей сложностью и динамикой.

Чтобы запустить проект креативного города, необходима мотивация. Обычно это происходит под влиянием таких внешних факторов, как экономический кризис, вызванный внутренними или внешними факторами, появление проблем, которые не могут быть решены традиционными методами и требуют изобретения новых подходов и решений, неблагоприятная среда, требующая реорганизации и реструктуризации, и в итоге современная урбанистическая конкуренция. В результате становятся наиболее востребованными креативные практики, которые предполагают возможность создания альтернатив, поиск вариантов и неожиданные решения. Все эти практики были развиты в современной культуре, ориентированной на инновации. Когда такие практики интегрируются в стратегию развития города, это позволяет запустить креативный цикл в городе, в котором инновации будут осуществляться параллельно во всех сферах. Восприимчивость к инновациям является качеством городской культуры, демонстрируя определенный уровень ее развития, но это качество может быть привнесено извне на основе внедрения ценностей концепции устойчивого развития, предусматривающей

необходимость изменений урбанистического мышления.

Примеры креативных городов демонстрируют, что переход от жестких планов к гибким стратегиям и ориентация на адаптацию к изменениям позволяют найти уникальные решения для каждого отдельного случая [12]. Но в каждом успешном креативном городе развитие было основано на вышеперечисленных принципах. Приоритет культуры как ресурса, основания и стимула для инновационного развития города позволяет найти новые возможности и изобрести новые методы для повышения уровня жизни горожан, повышения качества городской инфраструктуры и среды, а значит повышения притягательности этого города для новых жителей. Даже небольшая группа инноваторов способна преобразовать творческую среду в городе, запустить процесс креативного развития и превратить деградирующий город в процветающий.

В свою очередь, Р. Флорида описал требования креативного класса к городу. Для креативных людей важны уникальная городская среда, нестандартные пространства для работы и жизни, насыщенная общественная жизнь и уличное разнообразие, которые связаны с урбанистической культурой – множество кафе, книжных магазинов, галерей, концертных площадок, локальное сообщество, места для прогулок и велосипедные дорожки. Все эти места становятся материальной творческой средой для инноваторов, поскольку для них необходимы визуальные и пространственные стимулы. Традиционные города с традиционными офисными пространствами и типовой жилой застройкой не могут привлечь представителей креативного класса. Это означает, что город, стремящийся привлечь креативный класс, должен аккумулировать ценности городской культуры, которая будет становиться ресурсом его развития. Креативный город и креативный класс являются двумя сторонами процесса устойчивого развития.

Умный город

Развитие информационно-компьютерных технологий (ИКТ) начиная с 1970-х гг. породило немало количество проектов будущего, основой которых была вера в то, что ИКТ способны изменить традиционное производство, экономику и саму среду обитания – город. Прогнозы относительно того, что виртуальная среда станет повседневной реальностью, оправдали себя [13]. Но сегодня очевидно, что виртуальное и реальное пространства существуют не обособленно, а переплетаются друг с дру-

гом, создавая общую интегрированную среду. Такая среда была определена М. Кастельсом как «пространство потоков», относящихся как к материальной, так и нематериальной средам [14]. М. Кастельс и П. Холл [15] развили понятие инновационной среды, для которой, как они доказывали, характерно создавать синергетическое влияние, извлекая энергию из взаимодействия территории и технологии. В таких местах развита технологическая инфраструктура, которая связывает между собой все потоки, а также пространственная организация элит, обеспечивающих личностное взаимодействие. В последующие годы идея объединения технологий и территорий начала получать свое реальное воплощение, что побудило Д. Гибсона, Д. Козмецкого и Р. В. Смайлора к формулированию определения «умный город», которое проистекало из их анализа американских технополисов [16]. Авторы продемонстрировали, что во всех случаях присутствует государственно-частное партнерство, которое стимулирует урбанистическое развитие за счет технологических инноваций и коммерческого сектора. «Умный город», таким образом, стал востребованной моделью и концепцией, которая стала определять урбанистические стратегии, целью которых была трансформация городов к изменяющемуся миру технологий. В процессе развития концепции «умного города» было выработано три подхода. Первый из них – техноцентричный подход – отдавал приоритет ИКТ в городском развитии; второй был направлен на увеличение социального капитала. В настоящее время распространен третий комплексный подход, который подразумевает повышение качества экономической и культурной жизни за счет баланса и взаимодействия технологических и социальных инноваций. Значимыми стали не только технологические инновации сами по себе, но ценным стал тот вклад ИКТ, который способствует появлению умного общества, благодаря которому и происходит трансформация городов. Так, например, стало важным, что умные города отвечают концепции устойчивого развития, совмещая экономические, социальные и экологические аспекты и обеспечивая комфортную урбанистическую среду.

Р. Гиффингер сформулировал шесть характеристик умного города, которые в своей сумме определяют качество жизни [17]:

1. Умная экономика, построенная на инновациях, развивается за счет «умного» производства на основе ИКТ.

2. Умные люди составляют социальный капитал. Они имеют высокую квалификацию и производят инновации.

3. Умное управление свойственно административным системам, обеспечивающим менеджмент на основе инноваций.

4. Умная мобильность отвечает за доступность, логистику, безопасность в транспортных системах.

5. Умная среда обеспечивает защиту окружающей среды и экологический баланс города.

6. Умная жизнь определяет качество жизни в сферах здравоохранения, образования, жилища, культуры и туристической привлекательности.

По этим характеристикам оценивается рейтинг городов. Сегодня инфраструктура любого города включает физическую структуру, информационные технологии и услуги. В умном городе вся физическая инфраструктура управляется на основе ИКТ, которые являются ключевым ресурсом города, обеспечивающим взаимодействие всех сетей и систем. Можно выделить несколько градообразующих компонентов умного города.

Умные здания оснащены датчиками, имеют программное обеспечение, регулируют потребление ресурсов, повышая энергоэффективность здания. Умный транспорт включает системы связи и навигации, интегрируя все виды транспорта в единую систему и обеспечивая наиболее короткие маршруты, автоматизацию платы за проезд и мобильные приложения для горожан. Умная энергия основана на интеллектуальном производстве энергии, включая сети, передачу и хранение.

Интеллектуальные транспортные системы обеспечивают навигацию, оплату и взаимодействие всех видов транспорта. Умный транспорт становится важной частью городской структуры, что содействует доступности любого вида транспорта, легкости пересадок, выбора маршрута, с одной стороны, и административного контроля за безопасностью – с другой. Мобильные приложения для такси удешевляют этот вид транспорта для горожан и позволяют сделать выбор качества и уровня обслуживания.

Умная энергия в городе включает системы распределения, потребления, хранения и учета энергопотребления, минимизируя затраты благодаря использованию различных датчиков и интеллектуальных сетей с регулируемые тарифами. Это позволяет использовать возобновляемые источники энергии, а также синхронизировать процессы из всех видов энергии, включая энергию ветра, тепловую и фотоэлектрическую энергию.

Система умного здравоохранения позволяет осуществлять сбор, хранение и анализ постоянно обновляемых данных, позволяя врачам принимать протоколы лечения, применяя

различные методы. Кроме того, использование телемедицины делает доступным квалифицированную врачебную помощь для всех горожан и сельских жителей, вне зависимости от мест их проживания. Подключение пожилых людей и людей с ограниченными возможностями к системе умного здравоохранения позволяет своевременно оказывать помощь и уход, повышая качество их жизни. Благодаря мобильным приложениям горожане могут записаться к любому специалисту в нужное время, сокращая личное присутствие в поликлиниках.

Умное образование включает все типы образовательных учреждений в единую систему, что помогает горожанам записать детей в детский сад и школу, подать документы в колледж и вуз, получить доступ к онлайн образованию, воспользоваться системами дополнительного образования и повышения квалификации. Умное образование обеспечивает доступ детей из отдаленных районов к урокам лучших учителей и учебным материалам в интерактивной форме.

Интернет вещей связывает все энергетические системы, датчики, компьютеры и другие интеллектуальные устройства в сети, обеспечивая сбор и хранение информации, контроль и мониторинг, передачу сообщений и приведение в действие. Все большие данные обрабатываются и систематизируются, способствуя повышению эффективности умного города. Таким образом, в умном городе все системы находятся в постоянном взаимодействии, объединения все виды интеллектуальных ресурсов и структур.

Заключение

Сегодня каждый город стремится воплотить все три концепции в своем развитии. Каждая из рассмотренных концепций – экогород, креативный город, умный город – пересекается с другой по многим пунктам. Анализируя принципы, характеристики и особенности каждой из концепций, можно заметить, что развитие одной инновационной стратегии в градостроительстве незамедлительно приводит к появлению другой, стимулируя непрерывный инновационный процесс развития постиндустриального города. Постиндустриальный город постепенно обретает свой образ, который радикально отличается от образа индустриального города. Ключевыми принципами постиндустриального города являются: экологичность, технологичность, разнообразие, высокая плотность, компактность, ярко выраженная урбанистическая идентичность. Постиндустриальный город динамичен. Его урбанистическая

стратегия предполагает постоянную адаптацию к изменяющимся условиям и развитие на основе креативности во всех сферах. В отличие от индустриального города-машины, следующего одному и тому же распорядку, постиндустриальный город – это город-организм, способный трансформироваться в соответствии новыми требованиями и инновациями. Культура и история в постиндустриальном городе играют ключевую роль, не только определяя урбанистическую идентичность, но и способствуя принятию инноваций и усиливая креативность как главный фактор развития. Умные технологии обеспечивают высокий уровень экологичности, который выражается, прежде всего, в использовании возобновляемых источников энергии, умных систем водоочистки, регулировании потребления ресурсов, повторном использовании и повышении энергоэффективности, что приводит к биоразнообразию зеленых городских пространств и повышению уровня комфорта городской среды. Взаимодействие всех интеллектуальных городских систем позволяет осуществлять эффективный менеджмент города, создавая высокое качество жизни для всех горожан. Результатом является разнообразие – главное качество, отличающее постиндустриальный город от индустриального: от разнообразия городской среды, застройки, рабочих мест, социальной и культурной жизни, общественных пространств до разнообразия традиций и инноваций, технологий и креативных практик на всех уровнях города. Именно многостороннее и многоаспектное разнообразие в каждом отдельном случае и определяет уникальность каждого города, что само по себе является ключевой урбанистической ценностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилова Э.В. Теория городских фактов Альдо Росси: истоки и идеи // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 3 (40). С. 52–58. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.8.
2. Данилова Э.В. Концепция коллажного города Колина Роу и Фреда Кеттера в контексте современной теории архитектуры // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11. № 1(42). С.103–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.14.
3. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. М.: Academia, 2004. 944 с.
4. Duvall P., Lennon M., Scott M. The «natures» of planning: evolving conceptualizations of nature as expressed in urban planning theory and practice // European Planning Studies. 2018. Vol. 26. N 3. P. 480–501. doi:10.1080/09654313.2017.1404556.
5. Register R. Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future. Berkeley: North Atlantic Books, 1993.152 p.

6. Шульц А.С. Экологические подходы к проектированию устойчивой городской среды // Архитектура и современные информационные технологии. 2021. № 1 (54). С. 227–235. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-227-235.

7. Kenworthy J. R. The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development // Environment and Urbanisation. 2006. Vol. 18(1). P. 67–85. doi:10.1177/0956247806063947.

8. 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.

9. Флорида Р. Креативный класс. Люди, которые создают будущее. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 384 с.

10. Лэндри Ч. Креативный город. М.: Издательский дом «Классика-XXI», 2006. 399 с.

11. Ахмедова Е.А., Вавилонская Т.В. Принципы поэтапной реорганизации архитектурно-пространственной структуры городской среды на основе инновационных технологий // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 2. С. 68–79. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.10.

12. Лэндри Ч. Развитие городов через культуру [Электронный ресурс] URL: <http://www.dvinaland.ru/culture/site/Publications/EoC/EoC2000-6/01.pdf>. (дата обращения: 17.10.2022).

13. Есаулов Г.В. «Умный» город в цифровой экономике // Academia. Архитектура и строительство. 2017. № 4. С. 68–74.

14. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. М.: ГУ ВШЭ, 2000. 608 с.

15. Hall P. Creative cities and economic development // Urban Studies. 2000. Vol. 37. N 4. P. 639–649. doi:10.1080/00420980050003946.

16. Gibson D.V., Kozmetsky G., Smilor R.W. The Technopolis Phenomenon. Lanham: Rowman, Littlefield Publishers. 1992. 234 p.

17. Giffinger R., Gudrun H. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of cities? // ACE: Architecture, City and Environment. 2010. N 4(12). P. 7–25. doi:10.5821/ace.v4i12.2483.

REFERENCES

1. Danilova E.V. Aldo Rossi theory of urban facts: origins and ideas. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, V. 10, no. 3, pp. 52–58 (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.8
2. 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, V. 11, no. 1, pp. 103–109 (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.14
3. Bell D. *Gryadushchee postindustrial'noe obshchestvo. Opyt social'nogo prognozirovaniya* [The Coming of post-industrial society: A venture in social forecasting]. M., Academia, 2004. 944 p.

4. Duvall P., Lennon M., Scott M. The «natures» of planning: evolving conceptualizations of nature as expressed in urban planning theory and practice. *European Planning Studies*, 2018, Vol. 26, no. 3, pp. 480–501. DOI:10.1080/09654313.2017.1404556
5. Register R. *Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future*. Berkeley, North Atlantic Books, 1993. 152 p.
6. Shulc A.S. Ekologicheskie podhody k proektirovaniyu ustojchivoj gorodskoj sredy. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and modern information technologies], 2021, no. 1(54), pp. 227–235. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-227-235
7. Kenworthy J.R. The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. *Environment and Urbanisation*, 2006, Vol. 18, no. 1, pp. 67–85. DOI:10.1177/0956247806063947
8. 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
9. Florida R. *Kreativnyj klass. Lyudi, kotorye sozdayut budushchee* [Creative class. The people who created the future]. Moscow, Mann, Ivanov and Ferber, 2016. 384 p.
10. Landry Ch. *Kreativnyj gorod* [Creative city]. Moscow, Publishing house “Classic-XXI”, 2006. 399 p.
11. Akhmedova E.A., Vavilonskaya T.V. Principles of Phased Reorganization of the Architectural and Spatial Structure of the Urban Environment Based on Innovative Technologies. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019. Vol. 9, no. 2, pp. 68–79. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.10
12. Landry Ch. *Razvoitie gorodov cherez kul'turu* [Urban development through culture]. Available at: <http://www.dvinaland.ru/culture/site/Publications/EoC/EoC2000-6/01.pdf> (accessed 17 October 2022)
13. Esaulov G.V. «Smart» city in the digital economy. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academy. Architecture and construction], 2017, no. 4, pp. 68–74. (in Russian)
14. Castells M. *Informacionnaja jepoha: jekonomika, obshhestvo i kul'tura* [The Information Age: Economics, Society and Culture]. Moscow, HSE, 2000. 608 p.
15. Hall P. Creative cities and economic development. *Urban Studies*, 2000, Vol. 37, no. 4, pp. 639–649. DOI:10.1080/00420980050003946
16. Gibson D.V., Kozmetsky G., Smilor R.W. *The Technopolis Phenomenon*. Lanham: Rowman, Littlefield Publishers, 1992. 234 p.
17. Giffinger R., Gudrun H. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, 2010, no. 4(12), pp. 7–25. DOI:10.5821/ace.v4i12.2483

Об авторах:

ДАНИЛОВА Элина Викторовна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: red_avangard@mail.ru

ВАЛЬШИН Расим Мунирович

доцент, доцент кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: r.m.wall@mail.ru

DANILOVA Elina V.

PhD in Architecture, Professor of the Urban Planning Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: red_avangard@mail.ru

VALSHIN Rasim M.

Associate Professor, Associate Professor of the Urban Planning Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: r.m.wall@mail.ru

Для цитирования: Данилова Э.В., Вальшин Р.М. Концептуальные основания постиндустриального города // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 105–113. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.14.

For citation: Danilova E.V., Valshin R.M. Conceptual Foundations of the Post-Industrial City. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 105–113. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.14.

Д. В. ЛИТВИНОВ
А. В. ЯШИНА

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ КРАСНОКИРПИЧНЫХ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ XIX ВЕКА В СОВРЕМЕННОМ СТИЛЕ «ЛОФТ»

ADJUSTMENT AND RECONSTRUCTION OF RED BRICK MONUMENTS OF 19TH CENTURY ARCHITECTURE IN THE MODERN LOFT STYLE

В статье проводится анализ примеров обновления краснокирпичных памятников архитектуры в результате их приспособления и реконструкции под актуальные на сегодняшний день функции. Во многих крупных городах сохранилась краснокирпичная архитектура XIX в., но, к сожалению, не всегда есть возможность и финансирование, чтобы поддерживать сохранность памятников в их исконном историческом виде. Кроме того, изначальная функция здания иногда теряет свою актуальность, или же само здание перестает подходить под планировочные нормы, и необходимо определить какой подход использовать при реконструкции и модернизации здания, чтобы максимально сохранить его целостность. Стиль «лофт», обладая чистой линией, простотой и минимализмом в отделке, открытым, сплошным остеклением и сдержанно-контрастной цветовой гаммой, наиболее удачно подходит для реконструкции краснокирпичной архитектуры XIX в. Приведенные примеры дают полное представление о стиле как во внешней отделке, так и во внутренней планировке при реконструкции с учетом замещения функций и сохранения первоначального облика здания.

Ключевые слова: красный кирпич, краснокирпичные памятники, приспособление памятников, стиль «лофт», обновление архитектуры, обновление дизайна, историческое с современными

The article analyzes examples of renovation of red-brick architectural monuments as a result of their adaptation and reconstruction for current functions. In many large cities, the red brick architecture of the XIX century has been preserved, but unfortunately, there is not always the opportunity and funding to maintain the preservation of monuments in its original historical form. In addition, it often happens that the original function of the building loses its relevance, or the building itself ceases to fit the planning standards, here the question arises which approach to use in the reconstruction and modernization of the building to preserve its integrity as much as possible. The Loft style, with its clean lines, simplicity and minimalism in decoration, open, solid glazing and restrained contrasting colors, is most suitable for the reconstruction of red brick architecture of the XIX century. The studied examples give a complete idea of the style in both exterior and interior decoration.

Keywords: red brick, red brick monuments, adaptation of monuments, loft, architecture renovation, design renovation, historical with modern

Сохранение памятников архитектуры важно с точки зрения сохранения культурного кода страны и городов в частности [1–4]. Сооружения, рассматриваемые сейчас как памятники, в свое время были возведены для определенной цели, которой они известное время успешно служили [5, 6]. К сожалению, с течением времени многие здания переставали подходить под современные требования эксплуатации или же их основные функции становились не актуальны. Это приводит к сносу объекта или к его постепенному разрушению.

Однако есть вариант сохранения памятников архитектуры, который помогает зданиям вновь стать активными участниками жизни го-

рода, а именно подбор новых функций. Благодаря этому будут созданы условия для поддержания сохранности сооружений.

Правильный выбор новой функции – первейшая задача подготовки к использованию, от этого более всего зависит дальнейшая судьба памятника [7–10].

Чтобы здание было комфортным с новой функцией, необходимо частичное переустройство здания. Это касается элементов, не обладающих особой исторической ценностью, а также обновление инженерного оборудования. В результате появляются новые архитектурные стили, которые передают в будущее принципы

исторической архитектуры, обогащая внешний облик улиц. При этом важно превалировать требование сохранности памятника. Поэтому обязательным условием приспособления должно быть абсолютное уважение к приспособляемому памятнику, недопустимость его повреждения.

Для реставрации памятника архитектуры возможны или подделка под стиль памятника, или внедрение современных элементов, контрастирующих с историческими, или внесение новых элементов, которые будут поддерживать исторический стиль. Новые лестничные ограждения, дверные заполнения, осветительная арматура, а во многих случаях и находящаяся в здании мебель вступают в активное взаимодействие с другими элементами интерьера, сохранившимися от прошлых эпох [11].

При реставрации кирпичных памятников архитектуры распространен стиль «лофт», который возник благодаря приспособлению под жильё промышленных сооружений.

В первую очередь лофт ассоциируется с высокими потолками, большими окнами (обычно незанавешенными), кирпичными или бетонными стенами и открытыми конструктивными элементами из необработанного металла. Он сохраняет в себе наследие фабричного прошлого: лестницы, различные трубы, системы вентиляции, заводские приспособления и т. д. [12].

В пространстве дома в стиле «лофт» зонирование происходит не за счет стен, а с помощью цвета и мебели. Огражден стенами может быть только санузел, а ванная объединена со спальней.

Цветовое решение дома осуществляется использованием белого цвета как фона для объединения текстуры необработанных материалов и современных элементов интерьера. Чаще всего в палитре помещений в стиле «лофт» преобладают холодные оттенки.

Вместе с историческими заводскими конструкциями вполне гармонично могут уживаться такие современные аксессуары, как: граффити, рекламные плакаты, фотографии, картины, вывески, декоративные подушки, скульптуры, оригинальные статуэтки и вазы, дорожные знаки, рекламные плакаты, абстракции в современных или в тяжелых старинных рамках.

Кондитерская фабрика «Большевик»

Одним из примеров стиля «лофт» является комплекс кондитерской фабрики «Большевик» в Москве (рис. 1), где разместились бизнес-центр, кафе, рестораны и музей русского импрессионизма. Проектом занималось архитектурное бюро John McAslan + Partners.

Тёмно-серый пристрой контрастирует с исторической частью из красного кирпича,

а оконные проемы максимально упрощены и расположены в динамическом ритме, несвойственном исторической части. Несмотря на разницу в стилях, современная часть не перетягивает на себя внимание и поддерживает историческую основу (рис. 2).

Ландшафт геометричен, присутствуют возвышенные зоны озеленения, ограниченные парапетами. Используются газоны, деревья и кустарники разной высоты (рис. 3).



Рис. 1. Внешнее решение фасада кондитерской фабрики «Большевик» (Автор: Департамент культурного наследия города Москвы)



Рис. 2. Внешнее решение фасада кондитерской фабрики «Большевик» (Автор: dmitry_sasin)



Рис. 3. Проект студии ND3D
Объёмно-пространственная схема кондитерской фабрики «Большевик»

В интерьере сохранен оригинальный облик здания с внедрением минималистичной, однотонной мебели черного и белого цвета или же с текстурой дерева (рис. 4).



Рис.4. Интерьер кондитерской фабрики «Большевик»



Рис. 5. Фасады комплекса «Винзавод»
(Авторы: а –Ярослав Чингаев; б–Анна Быкова)



Рис. 6. Интерьер комплекса «Винзавод»
(С официального сайта Винзавода)

Комплекс «Винзавод»

Бывший пивоваренный завод благодаря его приспособлению стал центром современного искусства в Москве. Фасады сооружений комплекса максимально сохранены в своём историческом виде, современный вид достигается за счет граффити и рекламных афиш выставки (рис. 5).

Интерьер Винзавода минималистичен (рис. 6). Для отделки используются металл, дерево и кирпич. В качестве поверхностей для картин устроены белые перегородки. Ритмичную композицию создают осветительные приборы [12].

Ландшафтное решение территории максимально простое: территория полностью заасфальтирована. Это удачное функциональное решение, так как обеспечено место для большого количества людей. Кроме того, есть возможность временно размещать актуальные арт-объекты (рис. 7).

Мельница купца Зарывного

Построенная в 1894 г. в Оренбурге мельница купца Зарывного – образец провинциального российского кирпичного стиля [13]. Бюро T+T Architects в соавторстве с Mealhouse Concept Design приспособили здание в офисный центр для компании «Руссоль».

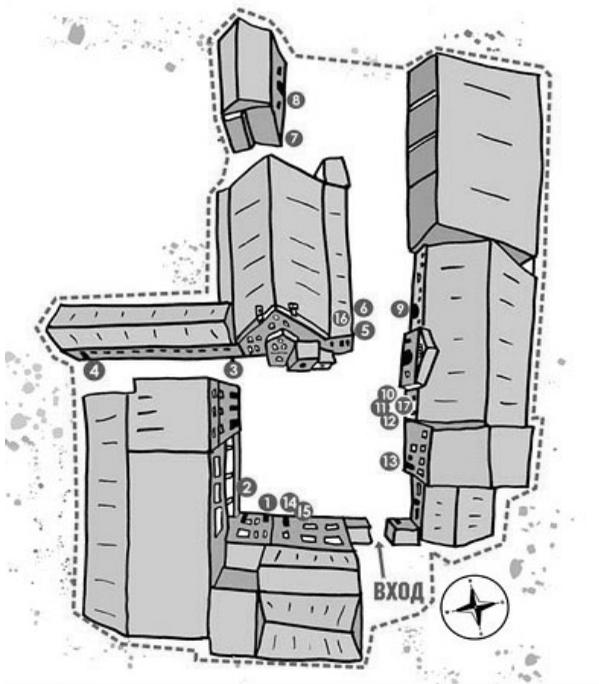


Рис. 7. Схема комплекса «Винзавод»
(Автор:double_bind)

Сохраненный старый керамический кирпич дополняет современное сплошное остекление в месте, где ранее была котельная (рис. 8). У одного из боковых фасадов расположен рекламный щит, представляющий собой конструкцию из железных балок, обшитую прозрачным стеклом. На главном фасаде были восстановлены по примерам аналогов настенные светильники, надоконные элементы, лестничные перила и козырьки. Это делает здание визуально легче и как будто более сказочным.

Пространство внутри – офисы open space, выставочная зона, meeting point для неформального общения и стойка ресепшена, похожая на емкость для выпаривания соли (рис. 9). В цветовом решении офисов основа – светлые тона. На этом фоне выигршно выделяются яркие элементы мебели.

Мельница входит в проект многофункционального жилого комплекса, в который планируется включить: спортивное ядро, гостиницу, детский образовательный центр и систему площадей, объединенных проходящей через всю территорию пешеходной структурой.



Рис. 8. Мельница купца Зарывного (T+T Architects, Mealhouse Concept Design)

Товарищество Даниловской мануфактуры

Это расположенный в Москве комплекс краснокирпичных зданий с черными окнами, фризами, карнизами и водосточными трубами (рис. 10). В современное время товарищество Даниловской мануфактуры переродилось в бизнес-центр и жилые лофты [14].

В ландшафте присутствует мощение и небольшие зелёные включения круглой и овальной формы. Предусмотрены парковочные места.

В интерьере сохраняется красный кирпич, бетонные полы и балки. Мебель больше похожа на историческую, нежели в предыдущих вариантах: стулья и табуреты, обитые бордовой или черной кожей, сочетание светлого дерева с темно-красным. Сохранены чугунные ажурные балясины и покрытые заклепками металлические трубы, переходящие в форму шара. Такое необычное сочетание создает ощущение, что вы находитесь в книге жанра научной фантастики (рис. 11).



Рис. 10. Товарищество Даниловской мануфактуры (Автор: Qweasdqwe)



Рис. 9. Стойка ресепшена.
Проект офисных интерьеров мельницы купца Зарывного (T+T Architects, Mealhouse Concept Design)



Рис. 11. Интерьер товарищества Даниловской мануфактуры (KR Properties)

Обновленный дом в стиле Тюдоров 1920-х годов

Хозяева этого дома, расположенного в Оклахома-Сити в США, ценят его исторический облик и потому попросили у архитекторов, чтобы его реновация дополняла оригинал (рис. 12). Кирпичный постаревший фасад омолодили черными окнами, навесной стеной с квадратной расстекловкой. Верх фронтонов покрыт досками из черного дерева с узорчатым окончанием, что выигрышно выделяет дом. Для увеличения жилой площади был надстроен второй этаж. За счет черного цвета новый этаж подчёркивает и сохраняет силуэт дома таким, каким он был ранее. Ландшафтное решение было сохранено оригинальным, с использованием кирпичного парапета, засаженного кустарниками и деревьями.

В интерьере архитектор также сохранил исторические мотивы (рис.13). Основная идея дизайна заключалась в том, чтобы комнаты были «искусно несовместимы». В доме историческое балансирует с современным, что удовлетворяет пожелания клиентов, но при этом выглядит свежо благодаря мастерскому искусству смешения жанров и стилей [15].



Рис. 12. Обновленный дом в стиле Тюдоров 1920-х гг. (Автор: Коди Ульрих)



Рис. 13. Интерьер обновленного дома в стиле Тюдоров 1920-х гг. (Автор: Коди Ульрих)

Вывод. Сохранение зданий, в которых ярко выражены архитектурные стили того или иного временного периода, очень важно для города. К сожалению, не всегда оригинальная функция здания остаётся востребованной, из-за этого архитектурный памятник может быть утерян.

Однако есть вариант, благодаря которому старые здания могут стать снова востребованными, а именно благодаря их частичному переустройству и приспособлению под новые функции. Это подразумевает, что будут внесены изменения в фасады, интерьеры и ландшафт. Такое внедрение может быть оформлено современно, не нарушая исторически важные части сооружения, или же современное решение может подстраиваться под исконный стиль. Основной концепцией при этом является сочетание старого и нового. Кроме того, приспособление подарит зданию вторую жизнь, продлит его эксплуатационный период и может послужить вдохновением для появления новых архитектурных образов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полякова М.А. Охрана культурного наследия России. М., 2005. 135 с.
2. Узлева И.К. Культурное наследие: современные проблемы. М., 1987. 100 с.
3. Литвинов Д.В., Яшина А.В. Архитектурно-планировочные и конструктивные особенности доходных домов А. Щербачева // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, № 2. С. 63–76. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.10.
4. Vuzlit [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://vuzlit.com> (дата обращения: 11.07.2022).
5. Самогоров В.А., Иванов М.О. Архитектура Александра и Петра Щербачевых в Самаре. Кн. II. Архитектор Петр Щербачев. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. 416 с.

6. Вавилонская Т.В., Райхель Ю.Л. Новый подход к комплексной реконструкции исторических кварталов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 4 (41). С. 91–99. DOI:10.17673/Vestnik.2020.04.12.
7. Басс Н.И. Технология реставрации и консервации объектов культурного наследия. Самара, 2011. 60 с.
8. Косенкова Н.А., Демирова М.А., Косенкова Е.В. Анализ мирового опыта проектирования духовно-просветительских центров исламской культуры // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 144–151. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.17.
9. Культурное наследие Самарской области. Т.1. Объекты Архитектурного наследия. Самара, 2020. 704 с.
10. Бочарова Ю.В., Хрюкина М.Т. Территория и объекты завода имени М.В. Фрунзе в контексте развития городской среды города Пензы // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 131–137. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.18.
11. Ожегов С.С. История ландшафтной архитектуры. М.: Архитектура-С, 2004. 100 с.
12. АРК Инжиниринг [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ark-eng.ru> (дата обращения: 11.07.2022).
13. ARCHI [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://archi.ru> (дата обращения: 11.07.2022)
14. Википедия [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 11.07.2022).
15. D Let's Make Dallas Even Better [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.dmagazine.com> (дата обращения: 11.07.2022).
7. Bass N.I. *Tehnologiya restavracii i konservacii obektov kulturnogo naslediya* [Technology of restoration and conservation of cultural heritage sites]. Samara, 2011. 60 p.
8. Kosenkova N.A., Demirova M.A., Kosenkova E.V. Analysis of World Experience in Designing of Islamic Culture Spiritual and Educational Centers. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 4, pp. 144–151. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.17
9. Kul'turnoye naslediyе Samarskoy oblasti. T.1. *Ob'yekty Arkhitekturnogo naslediya* [Cultural heritage of the Samara region. T.1. Architectural Heritage Sites]. Samara, 2020. 704 p.
10. Bocharova Yu.V., Khryukina M.T. Territory and Objects of the Frunze Plant in the Context of the Development of the Urban Environment in Penza. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, Vol. 12, no. 3, pp. 131–137. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.18
11. Ozhegov S.S. *Istorija landshaftnoj arhitektury* [History of landscape architecture]. Moscow, Architecture-S, 2004. 100 p.
12. ARK Inzhiniring. Available at: <https://ark-eng.ru> (accessed August 11 2022).
13. ARCHI. Available at: <https://archi.ru> (accessed August 11 2022.).
14. Wikipedia. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (accessed August 11 2022).
15. D Let's Make Dallas Even Better. Available at: <https://www.dmagazine.com> (accessed 11 August 2022).

REFERENCES

1. Polyakova M.A. *Okhrana kul'turnogonaslediya Rossii* [Protection of Russia's cultural heritage]. Moscow, 2005. 135 p.
2. Ugleva I.K. *Kul'turnoe nasledie: sovremennye problemy* [Cultural heritage: modern problems]. Moscow, 1987. 100 p.
3. Litvinov D.V., Yashina A.V. Architectural Planning and Construction Features of Shcherbachev's Revenue Houses. *Gradostroitel'stvoi arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 63–76. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik. 2022.02.10
4. Vuzlit. Available at: <https://vuzlit.com> (accessed 11 August 2022).
5. Samogorov V.A., Ivanov M.O. *Arhitektura Aleksandra i Petra Scherbachevikh v Samare. Kniga II. Arhitektor Petr Scherbachev* [Architecture of Alexander and Peter Shcherbachev in Samara. Ch. II. Architect Petr Shcherbachev]. Samara, SGASU, 2014. 416 p.
6. Vavilonskaya T.V., Raihel Yu.L. A new approach to the comprehensive reconstruction of historical neighborhoods. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10 no. 4. pp. 91–99. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.12

Об авторах:

ЛИТВИНОВ Денис Владимирович

кандидат архитектуры, доцент,
профессор кафедры реконструкции и реставрации
архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: litvinov-dv@mail.ru

LITVINOV Denis V.

PhD in Architecture, Associate Professor,
Professor of the Reconstruction and Restoration of
Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, st.Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: litvinov-dv@mail.ru

ЯШИНА Алевтина Валерьевна

магистрант архитектурного факультета
кафедры реконструкции и реставрации
архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: alyashina@mail.ru

YASHINA Alevtina V.

Master's Degree Student of the Architecture Faculty
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, st.Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: alyashina@mail.ru

Для цитирования: *Литвинов Д.В., Яшина А.В.* Приспособление и реконструкция краснокирпичных памятников архитектуры XIX века в современном стиле «лофт» // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 114–120. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.15.

For citation: Litvinov D.V., Yashina A.V. Adjustment and Reconstruction of Red Brick Monuments of 19th Century Architecture in the Modern Loft Style. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 114–120. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.15.

М. Е. МОНАСТЫРСКАЯ

«ЦИРКУМБАЛТИЙСКОЕ ПРОСТРАНСТВО»: ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ТЕОРЕТИКО- МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЕЛИМИТАЦИИ

“CIRCUMBALTIAN SPACE”: HISTORICAL BACKGROUND
AND THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS
OF DELIMITATION

«Циркумбалтийское пространство» презентировано в работе как ядро окраинной локальной цивилизации Европы – Балтийской морской цивилизации, которая стала природно-социальным базисом формирования современного Балтийского региона. Региональные границы обозначены согласно актуальным научно-практическим подходам к делимитации пространств и мест обитания: естественнонаучному, программно-стратегическому и социогуманитарному. Показано, что доминантным фактором становления, развития и распространения цивилизационных и, следовательно, регионотворящих процессов на Балтике выступала, начиная с рубежа VII – VIII вв. и сохраняя свою значимость сегодня, урбанизация приморья. В целях выявления, конструирования, характеризования и формализации генетического кода последней предложено рабочее определение «Циркумбалтики» как «объективной данности» или «физической сущности», которая в физико-географическом отношении представляет собой геоторию (геопространственную форму). На основе геоториального концепта и геопространственной модели ядра Балтийской морской цивилизации – «центростремительного» фокуса региона обоснована методология и разработана методика его делимитации в контексте решения задач историко-градостроительных исследований. Высказано предположение о том, что генетический код балтийской урбанизации, индикаторами которого являются закономерности и специфика пространственной организации системы приморского урбанизированного расселения может послужить основанием региональной идентификации и/или реидентификации градостроительной деятельности, осуществляемой в границах СЗФО РФ, Европейской части России в целом и тем самым – способствовать ее совершенствованию.

Ключевые слова: Балтийская морская цивилизация, Балтийский регион, генетический код, геотория, делимитация, методология, приморская урбанизация, система расселения, Циркумбалтийское пространство

The Circumbaltian Space is presented in the work as the core of the peripheral local civilization of Europe – the Baltic Sea civilization, which has become the natural and social basis for the formation of the modern Baltic region. Regional borders are marked in accordance with current scientific and practical approaches to the delimitation of spaces and habitats: natural science, program-strategic and socio-humanitarian. It is shown that the dominant factor in the formation, development and spread of civilizational and, consequently, region-creating processes in the Baltic Sea has been, since the turn of the VII – VIII centuries and retaining its importance today, the urbanization of Primorye. In order to identify, construct, characterize and formalize the genetic code of the latter, a working definition of «Circumbaltics» is proposed as an «objective reality» or «physical entity», which in physical and geographical terms is a geotory (geospatial form). On the basis of the geotoryal concept and the geospatial model of the core of the Baltic Sea civilization – the «centripetal» focus of the region – the methodology is substantiated and the method of its delimitation is developed in the context of solving the problems of historical and urban planning research. It is suggested that the genetic code of the Baltic urbanization, the indicators of which are the patterns and specifics of the spatial organization of the Primorsky urbanized settlement system, can serve as the basis for regional identification and/or reidentification of urban development activities carried out within the boundaries of the Northwestern Federal District of the Russian Federation, the European part of Russia as a whole, and thereby contribute to its improvement.

Keywords: Baltic sea civilization, Baltic region, genetic code, geotory, delimitation, methodology, seaside urbanization, settlement system, Circumbaltian space

Введение. Понятие «циркумбалтийское пространство» было введено в научный оборот в 1980-х гг. прошлого века выдающимся ленинградско-петербургским ученым-энциклопедистом – археологом, историком, философом, этнографом Глебом Сергеевичем Лебедевым (28.12.1943 – 15.08.2003) [1, 2]. Это понятие, наряду с часто употребляемым в научном сообществе и среди обывателей, начиная с последних десятилетий XX в., понятием «Балтийский регион» [3]¹ и редко используемым специалистами-гуманитариями преимущественно в культурно-историческом контексте понятием «Балтийская морская цивилизация» [5; 6, с. 105]², является базовой пространстводифференцирующей категорией нашего исследования. Последнее посвящено выявлению закономерностей, специфики и тенденций становления, развития и функционирования системы приморского урбанизированного расселения Балтики как основы региональной идентификации [8] и/или реидентификации [9] градостроительной деятельности,³ осуществляемой субъектами пространствообразования в СЗФО РФ, в Европейской части России (в т. ч. в сферах пространственного стратегирования и планирования).

По Лебедеву, «циркумбалтийское пространство» – это культурно-историческое пространство «Северной и Восточной Европы вокруг Балтийского моря» [10, с. 128]; оно представляет собой «историко-географическое единство <...>, проявившееся впервые наиболее полным образом в становлении и развитии «Балтийской цивилизации раннего средневековья» VIII – XI вв. [11]. «Интегративным руслом» цивилизационных процессов стала архаичная урбанизация народов и стран Балтики [5; 10, с. 129] (рис. 1–7). Природно-антропогенным базисом урбанизированного расселения приморья выступила динамично развивавшаяся система исторически уже сложившихся и вновь формировавшихся [14] трансконтинентальных [15] (континентальных, субконтинентальных) и трансакваториальных (акваториальных, субакваториальных) [16] коммуникаций (военных, культурно-просветительских, паломнических, торговых, хозяйственных и пр.).

«Взросление» Балтийской морской цивилизации прямо связано с кристаллизацией всех цивилизационных начал в постепенно укрупнявшемся и наполнявшемся новыми смыслами «объеме» Циркумбалтийского пространства.

«Циркумбалтика» [11, с. 23], объединившая в прибрежной и приморской зонах «притяжения» [17] Балтийского моря «внутренние области» [5, с. 98] «скандинавских викингов, славян вдоль южного побережья и речных бассейнов Балтики, балтов и прибалтийских финнов» [18, с. 62] в раннем средневековье, трактуется нами как ядро [14] «мультикультурной и полиэтнической» [6, с. 104] локальной цивилизации – высшего проявления самобытного «культурно-исторического типа» [12, 13], которая воспринимается сегодня благодаря достижениям археологии и ее «промежуточному» статусу на стыке естественнонаучного и социогуманитарного знания [18] как «природно-социальная общность» [19, с. 101] или «историко-географическая реальность» [6, с. 105]. Пространственная обособленность, достаточная зрелость, перманентная изменчивость, относительная устойчивость к неизбежным внутренним трансформациям и внешним воздействиям, а также несомненная харизматичность локальной совокупности территориально-культурной общности или «разновидности человеческого потенциала» [19, с. 99], «социальных условий и природной среды» [19, с. 98], исторически сложившейся на северной окраине Европы, дали импульс становлению современного Балтийского региона [14].

Научно-практические подходы к делимитации Балтийского региона

«Есть веские основания для более чем одного определения Балтийского региона – поэтому ни одно из них само по себе не будет достаточно» [21, с. 34], – утверждает финский эконом-географ Урпо Кивикари, признавая, что «по крайней мере сейчас Балтийский регион еще невозможно ни официально определить, ни точно разграничить» [21, с. 7]. Действительно, границы региона вариативны и являются дискуссионными в силу различных дисциплинарных трактовок самого понятия «Балтийский регион». Их начертание прямо зависит как от вектора делимитации, так и от конкретной научно-практической задачи, решение которой в русле выбранного направления требует отграничения пространства региона от существующего окружения. Как правило, регионы «выделяются с позиций определенной области науки или

¹ «Термин «Балтийский регион» прочно утвердился в международной жизни в начале 1990-х гг. [4, с. 71], «хотя до сих пор существуют разные мнения относительно его географических границ» [3, с. 17].

² Сегодня представители научного сообщества предпочитают использовать понятие «Балтийская цивилизация» [7], значимо снижая, тем самым, «центростремительную» роль Балтийского моря в процессе ее возникновения, развития, функционирования.

³ В 2013-2016 гг. автором настоящей статьи была разработана Концепция региональной идентификации градостроительной деятельности [8].

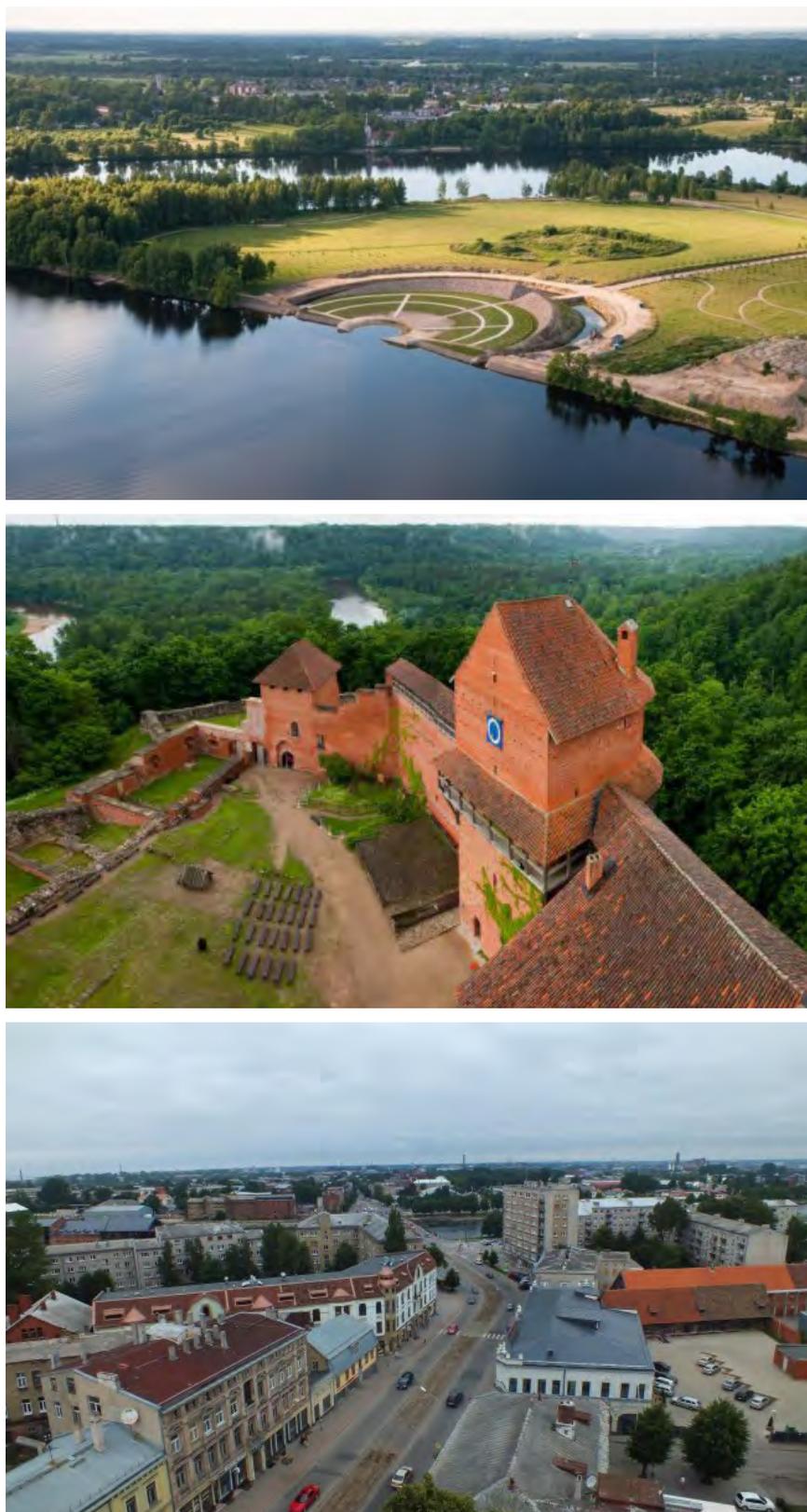


Рис. 1. «Древнесеверный вики», «колония викингов» или «город старшего типа» [2] (VII–IX вв.); «город младшего типа» Зеебург (Seeburg) (X–XIII вв.); с 1245 г. город Гробина (Grobina) в Латвии



Рис. 2. «Открытое торгово-ремесленное поселение» (ОТРП) [2] западных славян на острове Волин (Wolin) (начало VIII в.) – город Волин (Wolin, Wollin) в Польше



Рис. 3. «Древнесеверный вик» (VII – VIII вв.), «открытое торгово-ремесленное поселение» (ОТРП) [2] славянских венов (VIII-XI вв.) на реке Пен (Peene) – село Менцлин (Menzlin) в Германии



Рис. 4. «Древнесеверный вик» Бирка (Birka) на острове Бьёрке (Björkö) озера Меларен (Mälaren) – первое поселение городского типа в Швеции (750-980 гг.) и первая столица государства



Рис. 5. Первая столица Руси [2, 11] на реке Волхов, «открытое торгово-ремесленное поселение» скандинавов (753-е – 760-е гг.) и славян (760-е – 860-е гг.), полиэтническое земледельческо-ремесленное поселение – город Ладога (конец IX в. – 1703 г.), с 1704 г. – село Старая Ладога в России



Рис. 6. «Древнесеверный вик» (конец VII–начало VIII в. – 1066 г.) Хедебю (Hedeby)/Хайтабу (Haithabu) в устье залива Шлей (Slien) – поселок Бусдорф (Busdorf) в Германии



Рис. 7. Королевский и торгово-ремесленный центр на берегу озера Меларен (Mälaren), вторая после Бирки столица государства (980–1187 гг.) – город Сигтуна (Sigtuna) в Швеции

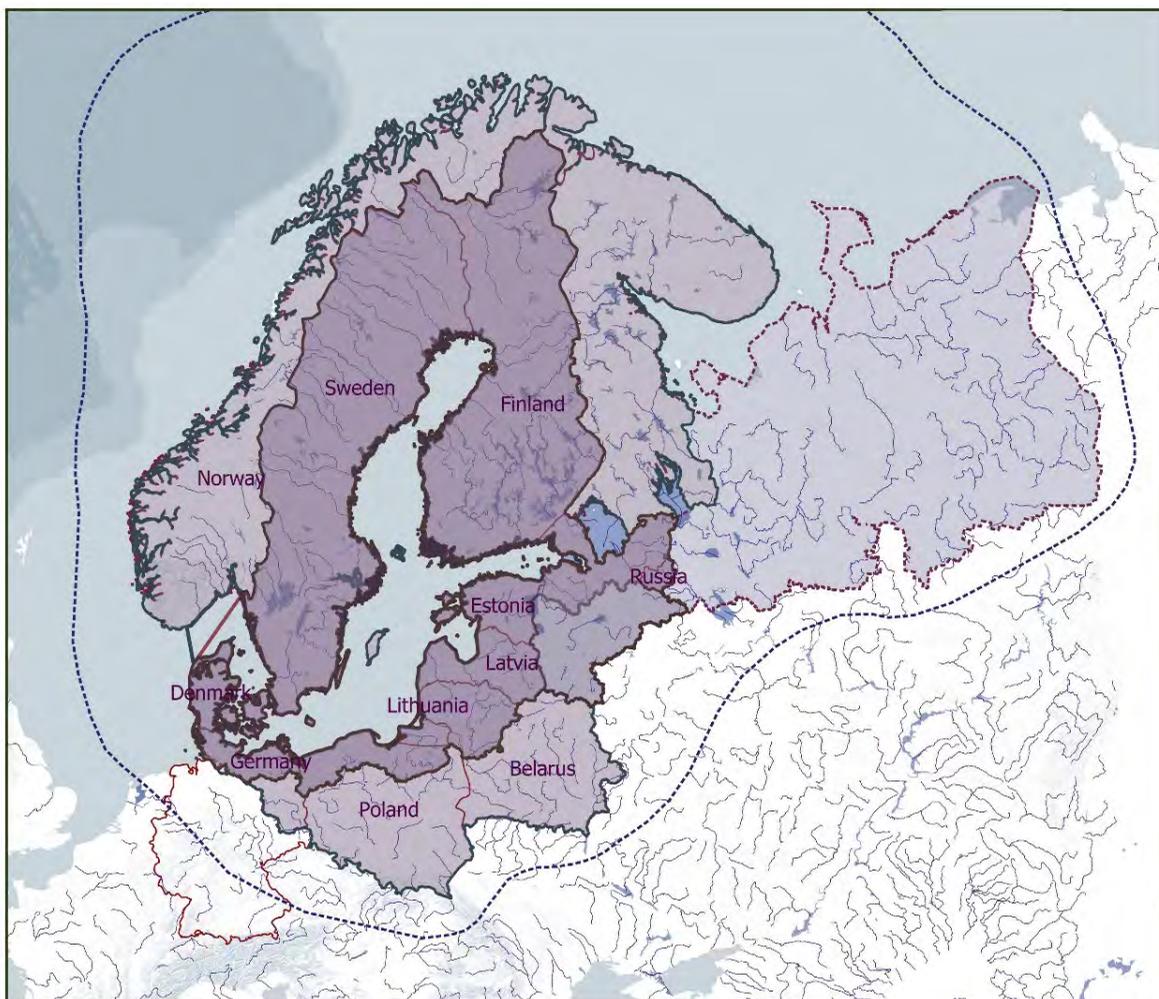
экономики, причем критерии их выделения могут существенно различаться. В некоторых случаях могут использоваться критерии, заимствованные из разных подходов, и тогда речь идет о междисциплинарном подходе к делимитации регионов» [17, с. 14]. Именно на основе такого подхода польско-российским авторским

коллективом под руководством А.П. Клемешева (А.П. Клемешев, В.С. Корнеев, Т. Пальмовский, Т. Студжинитский, Г.М. Федоров) в 2017 г. были разработаны предложения по «тройной делимитации Балтийского региона» – в узком, расширенном и широком смыслах [17, с. 17-18] (табл. 1, рис. 8).

Таблица 1

Узкое, расширенное и широкое понимание состава Балтийского региона и зона его косвенного влияния [17]

Понимание региона	Состав
Узкое А	Швеция, Дания, Финляндия, Литва, Латвия, Эстония; земли Германии: Мекленбург-Форпоммерн, Шлезвиг-Гольштейн; воеводства Польши: Западно-Поморское, Варминьско-Мазурское, Поморское; субъекты РФ: Санкт-Петербург, Ленинградская и Калининградская области
Узкое Б	То же, а также: Новгородская и Псковская области
Расширенное А (VASAB)	Польша, Беларусь, Швеция, Дания, Норвегия, Финляндия, Литва, Латвия, Эстония; земли Германии: Мекленбург-Форпоммерн, Шлезвиг-Гольштейн, Берлин, Бранденбург, Бремен, Гамбург, Люнебург; субъекты РФ: Санкт-Петербург, Ленинградская, Калининградская, Новгородская, Псковская, Мурманская области, Республика Карелия
Расширенное Б (Interreg)	То же, а также: Республика Коми, Вологодская и Архангельская области, Ненецкий автономный округ
Широкое	Дополнительно Исландия, некоторые территории России, Германии, Чехии, Словакии, Украины



Границы Балтийского моря

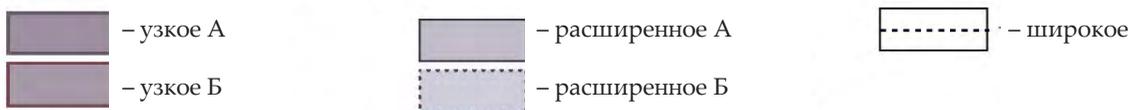


Рис. 8. «Тройная делимитация Балтийского региона» [17]. 2017 г.
Фрагмент. Графическая редакция О.А. Песляк

С градостроительной же точки зрения представлялось целесообразным и обоснованным опереться на три направления интерпретации проблемного понятия: во-первых, природно-экологическое (естественнонаучный подход), имеющее в основе своей бассейновый принцип формирования региональной

физико-географической целостности⁴ (рис. 9); во-вторых, нормативно-правовое (программно-стратегический подход), позволяющее очертить регионообусловленные границы, принятые рядом крупных международных программ и проектов, нацеленных на продвижение стратегий пространственного планирования,

⁴ В рамках естественнонаучного подхода, его природно-экологической составляющей наличествует множество предложений по формированию границ Балтийского региона на основе бассейнового принципа. Эта тема достаточно проработана географией, геологией, климатологией, экологией и др. Результаты реализации природно-экологической установки различаются лишь в части очертаний западных региональных границ [17, с. 10], что обусловлено включением (или невключением) [22] в границы водосборного бассейна Балтийского моря Датских проливов, а также проливов Каттегат и Скагеррак в самых разных «начертательных» вариациях.

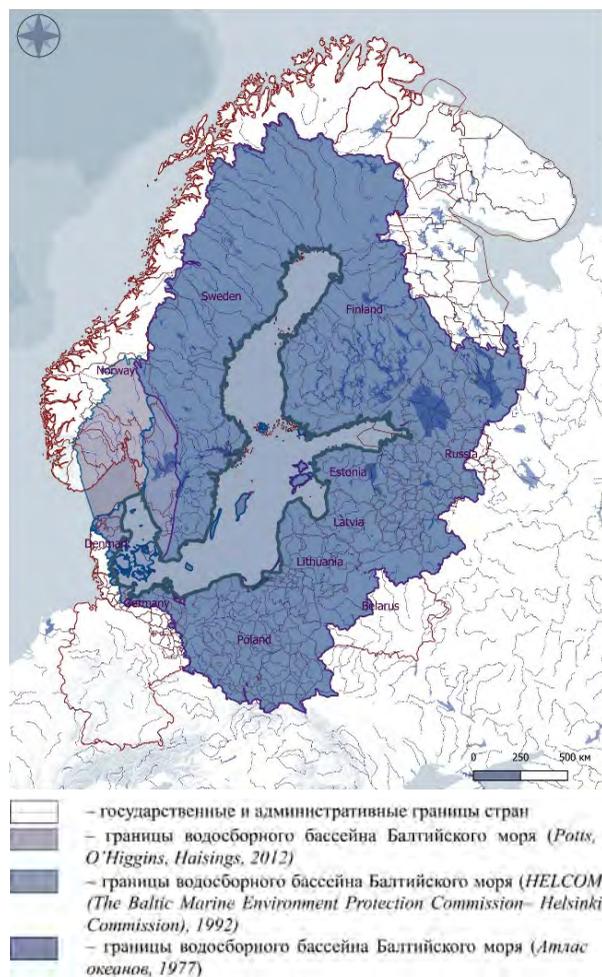


Рис. 9. Делимитация Балтийского региона на основе естественнонаучного подхода: реализация бассейнового принципа выявления границ природно-экологических систем

обеспечения экологической безопасности, интенсификации экономической активности, геополитического урегулирования в успешно развивающемся по европейским меркам макрорегионе⁵ (рис. 10); в-третьих, цивилизационное (социогуманитарный подход) [21, с. 34].

Последнее направление применительно к Балтийскому региону, в отличие от двух предыдущих, на наш взгляд, проработано как отечественными, так и зарубежными учеными и практиками недостаточно. Несмотря на

то, что, например, с 2010 г. активно функционирует Международный общественный фонд (и журнал региональных исследований) «Янтарный мост», «аналитические, академические и научно-организационные аспекты деятельности» которого обеспечивает созданный в Латвии в 2011 г. Институт балтийской цивилизации (ИБЦ) [23], проводятся научные конференции в БФУ им. И. Канта, посвященные некоторым направлениям цивилизационной проблематики, отраслевые «Балтийские форумы» в Санкт-Петербурге и пр., вплоть до настоящего момента российской гуманитарной элитой серьезно дискутируется вопрос «Существует ли Балтийская цивилизация?» [24]: так, академик РАН, «директор Института истории РАН А.О. Чубарьян ставит вопрос о существовании особой – балтийской – цивилизации» [3, с. 18], не давая, при этом, однозначного ответа на него. Поскольку ленинградско-петербургской школой скандинавистики почти шестьдесят лет назад уже был дан аргументированный положительный ответ на этот вопрос и поскольку до сего дня даже весьма приблизительные границы региона цивилизационного толка остаются неопределенными [4, 21], постольку для целей историко-градостроительного исследования можно опереться на концепцию культурно-географической среды Л.И. Мечникова [26] при «отрисовке» их исходного – раннесредневекового варианта. В этом случае границы региона, установленные на основе бассейнового принципа в его наиболее широкой трактовке, и первоначальные цивилизационно обусловленные границы будут конгруэнтны друг другу.

Таким образом, в естественнонаучном плане мы придерживаемся границ Балтийского региона, установленных Хельсинкской комиссией, в социогуманитарном аспекте – границ, установленных исследованиями Т. Поттса, Т. О'Хиггинса и Е. Хайзигса [30], посвященными проблемам совершенствования европейской политики морепользования и осуществления морехозяйственной деятельности, а в программно-стратегическом отношении – границ, утвержденных в рамках реализации программы VASAB. Пространствоорганизующим фокусом и региона и цивилизации (в ее первоначальных границах) является Циркумбалтийское пространство.

⁵ Программно-стратегический подход представляется нам добротным обоснованным: он определяет пространственные границы деятельности каждой из международных институциональных инициатив, выдвигаемых с завидной регулярностью европейским сообществом в последние десятилетия. Речь идет, в первую очередь, о таких масштабных проектах, как программа «Видение и стратегии вокруг региона Балтийского моря» (VASAB – Vision and strategies around the Baltic Sea, 1992 – н. в.), ХЕЛКОМ (HELCOM – The Baltic Marine Environment Protection Commission – Helsinki Commission, 1992 – н. в.), «INTERREG для региона Балтийского моря» (Interreg Baltic Sea Region, 2014 – н. в.), «Стратегии Европейского Союза для региона Балтийского моря» (European Union Strategy for the Baltic Sea, 2009).

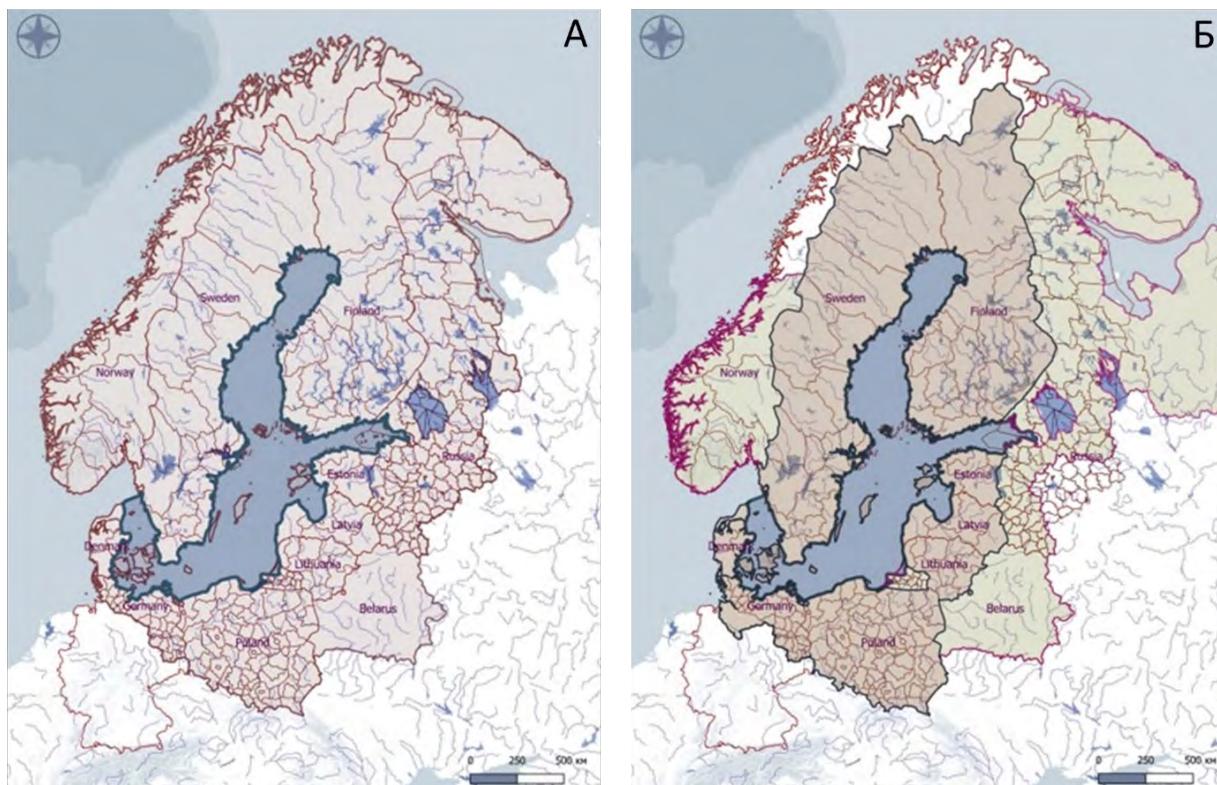


Рис. 10. Делимитация Балтийского региона на основе программно-стратегического подхода: А – границы действия программы «Видение и стратегии вокруг региона Балтийского моря» (VASAB – Vision and strategies around the Baltic Sea, 1992-н.в.); Б – границы действия программ «INTERREG для региона Балтийского моря» (Interreg Baltic Sea Region, 2014-н.в.) и «Стратегии Европейского Союза для региона Балтийского моря» (European Union Strategy for the Baltic Sea, 2009)

Концептуально-методологические основы делимитации «Циркумбалтики»

Таким образом, в отношении Циркумбалтийского пространства речь идет об уникальном явлении, которое в понятийно-терминологическом, исследовательском и деятельностном аспектах можно охарактеризовать, опираясь на классические интерпретации пространственных форм, выработанные архитектурной теорией и градостроительной наукой. Так, например, по А.В. Иконникову, в научном анализе правомерно оперировать следующими категориями: «1) *пространство реальное* (физическое), существующее как объективная данность <...>; 2) *пространство концептуальное*, мысленная модель, системно объединяющая «объективные» данные о пространстве; 3) *перцептивное пространство*, пространство в восприятии человека, отраженное его органами чувств» [31, с. 51].

Признавая существование Циркумбалтики как «объективной данности», целесообразно сформулировать рабочее определение понятия, это явление раскрывающее. Циркумбалтийское пространство – это исторически

сложившаяся на северо-востоке Европы, непрерывно преобразуемая деятельностью человека и потому трансформирующаяся в своих значимых и знаковых ипостасях «физическая сущность», эксплицируемая посредством тематических систем [32]: векторных, топологических, метрических и др. В физико-геометрическом (процессуально-параметрическом) отношении «циркумбалтика» представляет собой четырехмерный пространственно-временной континуум (четвертым измерением является время) [33], а в физико-географическом плане – геотеорию [34].

«Геотеория – это ограниченная часть поверхности земли с присущими ей природными и антропогенными свойствами и ресурсами, характеризующаяся протяженностью, глубиной, площадью, объемом, местоположением, которая является объектом деятельности или исследования» [34, 35]. Геотеория трехмерна и трехкомпонентна; она аккумулирует в своих границах территорию, акваторию и аэротерию («воздушную территорию» или «воздушный столб») [36]. Структурный, топологический, морфологический, метрический, сущностный

потенциал геотории как части «геопространственного сектора» [36, с. 6] позволяет рассматривать ее не только в качестве очевидного и при том интереснейшего объекта изучения историко-градостроительной науки, но и в качестве перспективного объекта компонентно ориентированного (территориально-пространственного, акваториально-пространственного, аэроториально-пространственного) и комплексного пространственного планирования и стратегирования.

Делимитация «Циркумбалтики» как геотории, согласно методологии нашего исследования, осуществляется последовательно на основе нормативно-правового, естественнонаучного, социогуманитарного подходов (1, 2, 3-й этапы) с дальнейшей генерализацией поэтапных границ (4-й этап) и завершающей оптимизацией генерализованных границ по критерию компактности пространственной формы (5-й этап) [37].

Результаты первого этапа определения современных границ Циркумбалтийского пространства, полученные посредством сочетанного применения существующих делимитационных методик с учетом нормативно-правовых ограничений, действующих в сфере пространственной организации региональной среды обитания, служат основой разработки базовой цифровой модели объекта. Безусловно, эта модель – «слепок» концептуального [31] или когнитивного пространства – является необходимой и достаточной для проведения историко-градостроительных исследований на предмет выявления закономерностей, специфики и тенденций приморской урбанизации Балтики на трех уровнях средового обустройства геопространства – собственно региональном (макроуровень), субрегиональном (мезоуровень), локальном (микроуровень).

Тем не менее, итоги второго и третьего делимитационных этапов, достигнутые за счет выполнения дифференцированного анализа и комплексной оценки генетически разнородных групп природно-экологических характеристик Балтийского региона (литогенной, гидротермической, биогенной), а также интегративного использования цивилизационно ориентированных подходов к определению границ историко-культурного, социально-географического, культурно-экологического, социально-исторического, экономико-географического и иных «срезов» балтийской «природно-социальной общности», исключительно значимы: они позволяют уточнить территориальные и аэроториальные параметры базовой цифровой модели Циркумбалтики. Это, в свою очередь, расширит доказательную информационную базу для применения геоториального

методологического подхода к работе с исторически изменчивой пространственной формой в целом, с тремя ее средоформирующими компонентами: приморской территорией, акваторией моря и секторальной аэроторией.

Результаты четвертого и пятого этапов, технических по сути, будут способствовать созданию сбалансированной концептуальной модели Циркумбалтийского пространства и, следовательно, полноценной реализации совокупности градостроительных подходов к изучению приморской урбанизации Балтики, в том числе посредством преимущественного вовлечения в научно-прогностический процесс территориального, территориально-акваториального и территориально-аэроториального градоформирующих «срезов» региона (субрегионов, локалитетов).

Выводы. Исторические предпосылки, теоретические положения и методологические основы делимитации Циркумбалтийского пространства как ядра Балтийской морской цивилизации и «центростремительного» фокуса одноименного региона представляют собой в совокупности исследовательский инструментарий выявления, конструирования, характеризования и формализации генетического кода балтийской урбанизации. Этот генетический код, а точнее – историко-генетический код, служит актуальным, весомым, доказательным обоснованием индентификации и/или реидентификации градостроительной деятельности [8], осуществляемой в Балтийском регионе субъектами градостроительных отношений с целью компенсации урбанистических издержек процессов глобализации [38] и становления многополярного мира. Теоретические и методологические результаты настоящего исследования могут способствовать совершенствованию системы пространственного стратегирования и планирования в границах СЗФО РФ, Европейской части нашей страны в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев Г.С. Этногенетические процессы и образование государств в Восточной Европе: (балты, финно-угры, славяне) // Проблемы этногенетических исследований европейского Северо-Востока: межвуз. сб. науч. тр. Сыктывкар. гос. ун-т. Пермь, 1982. С. 41–55.
2. Лебедев Г.С. Эпоха викингов в Северной Европе. Историко-археологические очерки. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 286 с.
3. Межевич Н.М., Кретицин Г.В., Федоров Г.М. К вопросу об экономико-географической структуризации Балтийского региона // Балтийский регион. 2016. Т.8. № 3. С. 15-29. DOI: 10.5922/2074-9848-2016-3-1.
4. Корнеев В.С. Понятия «страны Балтийского региона» и «Балтийский регион» // Космополис. 2008. № 2(21). С. 68–77.

5. Лебедев Г.С. Балтийская морская цивилизация: Путь из варяг в греки и петербургский миф // Историко-философские проблемы общественных наук на рубеже тысячелетий: 2-я пол. XIX–XX вв.: Современное видение истории. СПб.: Рос. нац. б-ка, 1996. С. 97–99.
6. Лебедев Г.С. Varangica в контексте отечественной культуры последних десятилетий // Этнографические и культурно-исторические аспекты // Сборник докладов II международного симпозиума «Скандинавские чтения». СПб., 1999. С. 5–17.
7. Лихачев Д.С. Балтийская цивилизация // Советская культура. 1986. № 20 (6276). С. 50–60.
8. Монастырская М.Е. Региональная градостроительная идентичность как основа «парадигмальной» интеграции в градообразовании // Региональная архитектура и строительство. 2017. № 1(30). С. 165–172.
9. Добрицына И.А. Город в глобальную эпоху: к проблеме территориальной идентичности // Градостроительство. 2012. № 2. С. 36–40.
10. Лебедев Г.С. Хайтабу: Шлезвиг = Ладога: Петербург: этапы урбанизации Балт. культур.-ист. пространства // XII конф. по изучению истории, экономики, литературы и языка скандинавских стран и Финляндии. М.: Рос. акад. наук. Ин-т рос. истории, 1993. Ч. 1. С. 128–131.
11. Лебедев Г.С. Эпоха викингов в Северной Европе и на Руси. СПб.: Евразия, 2005. 639 с.
12. Абалкин Л.И. Н.Я. Данилевский о России, Европе и славянском единстве // Вопросы экономики. 2002. № 11. С. 3–7.
13. Данилевский Н.Я. Россия и Европа. Взгляд на культурные и политические отношения Славянского мира к Германо-Романскому. М.: Книга, 1991.
14. Монастырская М.Е. Методические подходы к делимитации «Циркумбалтийского пространства» // Сб. докл. VII Всерос. науч. практ. конф. «Современные проблемы истории и теории архитектуры». СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 140–143.
15. Лебедев Г.С. Урбанизм Северо-Запада: генезис древнерусского города и городского самосознания // Основания регионалистики. Формирование и эволюция историко-культурных зон / отв. ред. А.С. Герд, Г.С. Лебедев. СПб., 1999. С. 305–339.
16. Дружинин А.Г. «Морской фактор» в современной российской экономике // Научная мысль Кавказа. 2016. № 2. С. 16–26. DOI: 10.18522/2072-0181-2016-86-2-16-26.
17. Подходы к определению понятия «Балтийский регион» / Клемешев А.П., Корнеевец В.С., Пальмовский Т., Студжиницки Т., Федоров Г.М. // Балтийский регион. 2017. Т. 9, № 4. С. 7–28. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-4-1.
18. Лебедев Г.С. «Скандовизантия» и «Славогюрка» как координаты русского национального самосознания // Канун. СПб., 1996. Вып. 2: Полярность в культуре. С. 55–92.
19. Ковалев А.М. Еще раз о формационном и цивилизационном подходах // Общественные науки и современность. 1996. № 1. С. 97–104.
20. Markusen A. Regions: Economics and Politics of Territory. Rowman and Littlefield Publishes, 1987. 251 p.
21. Кивикари У. Экономическое пространство Балтийского региона. Хельсинки: Издательство «ОТАВА», 1995. 156 с.
22. Атлас океанов: Атлантический и Индийский океаны. Л.: ГУНиО, 1977. 373 с.
23. Об институте [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.amberbridge.org/article/об-институте> (дата обращения: 20.10.2022).
24. Чубарьян, А.О. Существует ли Балтийская цивилизация? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.igh.ru/smi/224/> (дата обращения: 10.02.2016).
25. Мечников Л.И. Энциклопедический словарь. СПб.: Брокгауз, Ефрон, 1890–1907 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rus-brokgauz-efron.sloveronline.com> (дата обращения: 29.11.2022).
26. Мечников Л.И. Цивилизация и великие исторические реки (географическая теория прогресса и социального развития) // Среднерусский вестник общественных наук. 2008. № 2(7). С. 122–124.
27. Лев Ильич Мечников [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ronl.ru/stati/istoricheskie-lichnosti/786233> (дата обращения: 26.03.2018).
28. Мечников Л.И. Цивилизация и великие исторические реки. М.: Прогресс, Пангея, 1995. 459 с.
29. Алаыкин-Извеков В.Н. Цивилизационная теория в России- прошлое, настоящее и будущее [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka/article/n/tsivilizatsionnaya-teoriya-v-rossii-proshloe-nastoyaschee-i-budushee/viewer> (дата обращения: 29.11.2022).
30. Potts T., O'Higgins T., Hasings E. Oceans of opportunity or rough seas? What does the future hold for developments in European marine policy? [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/370/1980/5682> (дата обращения: 17.07.2017).
31. Иконников А.В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве. М.: КомКнига, 2006. 352 с.
32. Шалганова Д.В. Понятие пространства в контексте естественнонаучного, социологического и философского знания // Ученые записки Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики. 2015. № 4 (52). С. 126–131.
33. Кириленко Н.Я. Концепция пространства и времени / Н.Я. Кириленко [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://proza.ru/2021/09/21/405> (дата обращения: 22.06.2022).
34. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983. 350 с.
35. ГЕОТОРИЯ. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://kartaslov.ru/значение-слова/геотория> (дата обращения: 08.08.2022).
36. Елацков А.Б. Территория и район в географической матрице пространственности // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 3. С. 5–13.
37. Монастырская М.Е. Делимитация «Циркумбалтийского пространства»: методические и нормативно-правовые предпосылки // Тез. докл. на

XIII науч. конф. «Современная архитектура мира: основные процессы и направления развития». М.: РААСН, МАРХИ (архитектурная академия), НИИТИАГ (филиал ФБГУ «ЦНИИП Минстроя России») [Электронный ресурс] Режим доступа: www.archi.ru/elpub/97708/delimitaciya-cirkumbaltiiskogo-prostranstva-metodicheskie-i-normativno-pravovyye-predposylki (дата обращения: 08.08.2022).

38. Монастырская М.Е. Урбанистические проблемы глобализации в теоретическом архитектурно-градостроительном дискурсе // Градостроительство и архитектура. 2016. № 1 (22). С. 85–90. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.14.

REFERENCES

1. Lebedev G.S. Ethnogenetic processes and the formation of states in Eastern Europe: (Balts, Finno-Ugrians, Slavs). *Problemy etnogeneticheskikh issledovaniy evropejskogo Severo-Vostoka: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Problems of ethnogenetic studies of the European North-East: inter-university collection of scientific papers. Syktyvkar State University], 1982, pp. 41–55. (In Russian).
2. Lebedev G.S. *Epoha vikingov v Severnoj Evrope. Istoriko-arheologicheskie ocherki* [The Viking Age in Northern Europe. Historical and archaeological essays]. Leningrad, LGU Publ., 1985. 286 p.
3. Mezhevich N.M., Kretinin G.V., Fedorov G.M. On the economic and geographical structuring of the Baltic region. *Baltiiskij region* [Baltic Region], 2016, vol. 8, no. 3, pp. 15–29. (in Russian) DOI: 10.5922/2074-9848-2016-3-1
4. Korneev V.S. The concepts of “Baltic region countries” and “Baltic region”. *Kosmopolis* [Cosmopolis], 2008, no. 2(21), pp. 68–77. (in Russian) DOI: 10.5922/2074-9848-2016-3-1
5. Lebedev G.S. Baltic sea civilization: The way from the Varangians to the Greeks and the Petersburg myth. *Istoriosofskie problemy obshchestvennykh nauk na rubezhe tysyacheletij: 2-ya pol. XIX-XX vekov: sovrem. vision of history: tez. dokl. conf.* [Historiosophical problems of social Sciences at the turn of the Millennium: 2nd half of the XIX–XX centuries]. SPb., Russian national library, 1996, pp. 97–99. (In Russian).
6. Lebedev G.S. Varangica in the context of Russian culture of the last decades. *Etnograficheskie i kul'turno-istoricheskie aspekty: sbornik statey* [Ethnographic and cultural-historical aspects: collection of reports of the II International Symposium “Scandinavian readings”]. SPb, 1999, pp. 5–17. (in Russian)
7. Lihachev D.S. Baltic civilization. *Sovetskaya kul'tura* [Soviet culture], 1986, no. 20(6276).
8. Monastyrskaya M.E. Regional urban identity as the basis of “paradigmatic” integration in urban formation. *Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo* [Regional architecture and construction], 2017, no. 1(30), pp. 165–172. (in Russian)
9. Dobricyna I.A. The city in the global era: on the problem of territorial identity. *Gradostroitel'stvo* [Urban planning], 2012, no.2, pp. 36–40. (in Russian)
10. Lebedev G.S. Haitabu: Schleswig = Ladoga: Petersburg: stages of urbanisation of the Baltic cultures-East. Space. *XII konferenciya po izucheniyu istorii, ekonomiki, literatury i yazyka skandinavskih stran i Finlyandii: tez. dokl.* [XII conference on the study of the history, economy, literature and language of the Scandinavian countries and Finland: TEZ. Dokl.]. Moscow, Russian Academy of Sciences. In-t ROS. History, 1993, pp. 128–131. (In Russian).
11. Lebedev G.S. *Epoha vikingov v Severnoj Evrope i na Rusi* [The Viking Age in Northern Europe and in Russia]. SPb., Evraziya, 2005. 639 p.
12. Abalkin L.I. N.Ya. Danilevsky on Russia, Europe and Slavic unity. *Voprosy ekonomiki* [Economic issues], 2002, no.11, pp. 3–7. (in Russian)
13. Danilevsky N.Ya. *Rossiya i Evropa. Vzglyad na kul'turnye i politicheskie otnosheniya Slavyanskogo mira k Germano-Romanskomu* [Russia and Europe. A look at the cultural and political relations of the Slavic world to the Germanic-Romance]. Moscow, Kniga, 1991.
14. Monastyrskaya M.E. Methodological approaches to the delimitation of the “Circumbaltic space”. *Sb. doklady VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennyye problemy istorii i teorii arhitektury»* [Collection of reports of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference “Modern problems of history and theory of architecture”]. SPb., SPbGASU, 2022, pp. 140–143. (In Russian).
15. Lebedev G.S. Urbanism of the North-West: the genesis of the Old Russian city and urban identity Foundations of regionalism. *Osnovaniya regionalistiki. Formirovanie i evolyuciya istoriko-kul'turnykh zon / pod red. A.S. Gerd, G.S. Lebedev* [Formation and evolution of historical and cultural zones / edited by A.S. Gerd, G.S. Lebedev]. SPb, 1999, pp. 305–339. (in Russian)
16. Druzhinin A.G. “The marine factor” in the modern Russian economy. *Nauchnaya mysl' Kavkaza* [Scientific thought of the Caucasus], 2016, no.2, pp. 16–26. (in Russian) DOI: 10.18522/2072-0181-2016-86-2-16-26
17. Klemeshev A.P., Korneev V.S., Pal'movskij T., Studzhinicki T., Fedorov G.M. Approaches to the definition of the concept “Baltic region”. *Baltiiskij region* [Baltic region], 2017, no. 4, pp. 7–28. (in Russian) DOI: 10.5922/2074-9848-2017-4-1
18. Lebedev G.S. “Scandovizantiya” and “Slavotyurkika” as coordinates of the Russian national identity. *Kanun* [Eve]. SPb., 1996, Iss. 2, pp. 55–92. (in Russian)
19. Kovalyov A.M. Once again about the formation and civilizational approaches. *Obshchestv. nauki i sovremennost'* [Society of science and modernity], 1996, no. 1, pp. 97–104. (in Russian) DOI: 10.18522/2072-0181-2016-86-2-16-26
20. Markusen A. Regions: Economics and Politics of Territory. Rowman and Littlefield Publishes, 1987. 251 p.
21. Kivikari U. *Ekonomicheskoe prostranstvo Baltijskogo regiona* [Economic space of the Baltic region]. Hel'sinki, OTAVA Publ., 1996. 156 p.
22. Atlas okeanov: *Atlanticheskij i Indijskij okeany*. [Atlas of the oceans: Atlantic and Indian Oceans]. Leningrad, GUNiO, 1977. 373 p.

23. About the Institute. Available at: <http://www.amberbridge.org/article/об-институте> (accessed 20 October 2022).
24. Chubaryan A.O. *Sushchestvoet li Baltijskaya civilizaciya?* [Does the Baltic civilization exist?]. Available at: <http://www.igh.ru/smi/224/> (accessed 10 February 2016)
25. Mechnikov Lev Il'ich. *Enciklopedicheskij slovar'* [Lev Ilyich Mechnikov. Encyclopedic dictionary]. Brokgauz, Efron, 1890–1907. Available at: <http://rus-brokgauz-efron.slovaronline.com> (accessed 29 November 2022)
26. Mechnikov L.I. Civilization and great historical rivers (geographical theory of progress and social development). *Srednerusskij vestnik obshchestvennyh nauk* [Central Russian Bulletin of Social Sciences], 2008, no. 2(7), pp. 122–124. (in Russian)
27. Lev Ilyich Mechnikov. Available at: <https://www.ronl.ru/stati/istoricheskie-lichnosti/786233>. (accessed 26 Marth 2018)
28. Mechnikov L.I. *Civilizaciya i velike istoricheskie reki* [Civilization and great historical rivers]. Moscow, Progress, Pangea, 1995. 459 p.
29. Alalykin-Izvekov V.N. *Civilizacionnaya teoriya v Rossii- proshloe, nastoyashchee i budushchee* [Civilizational theory in Russia – past, present and future]. Available at: <https://cyberleninka/article/n/tsivilizatsionnaya-teoriya-v-rossii-proshloe-nastoyashee-i-buduschee/viewer> (accessed 29 November 2022)
30. Potts T., O'Higgins T., Hasings E. Oceans of opportunity or rough seas? What does the future hold for developments in European marine policy? Available at: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/370/1980/5682> (accessed 17 July 2017)
31. Ikonnikov A.V. *Prostranstvo i forma v arhitekture i gradostroitel'stve* [Space and form in architecture and urban planning]. Moscow, KomKniga, 2006. 352 p.
32. Shalganova D.V. The concept of space in the context of natural science, sociological and philosophical knowledge. *Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo universiteta tekhnologij upravleniya i ekonomiki* [Scientific Notes
- of the St. Petersburg University of Management and Economics Technologies], 2015, no. 4(52), pp. 126–131. (in Russian)
33. Kirilenko N.Ya. *Koncepciya prostranstva i vremeni* [The concept of space and time]. Available at: <http://proza.ru/2021/09/21/405> (accessed 22 June 2022)
34. Alaev E.B. *Social'no-ekonomicheskaya geografiya. Ponyatijno-terminologicheskij slovar'* [Socio-economic geography. Conceptual and terminological dictionary]. Moscow, Mysl', 1983. 350 p.
35. GEOTORY. Available at: <http://kartaslov.ru/значение-слова/геотория> (accessed: 08 August 2022)
36. Yelatskov A.B. Territory and district in the geographical matrix of spatiality. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Izvestiya RAN. Geographical series], 2013, no. 3, pp. 5–13. (in Russian)
37. Monastyrskaya M.E. Delimitation of the “Circumbaltic space”: methodological and regulatory prerequisites. *Tezisy doklada na XIII nauchnoj konferencii «Sovremennaya arhitektura mira: osnovnye processy i napravleniya razvitiya»* [Abstracts of the report at the XIII scientific conference “Modern architecture of the world: the main processes and directions of development”]. Moscow, RAASN, MARHI (Architectural Academy), NIITAG (branch of the FSUE “TSNIIP of the Ministry of Construction of Russia). Available at: www.archi.ru/elpub/97708/delimitaciya-cirkumbaltiiskogo-prostranstva-metodicheskie-i-normativno-pravovye-predposylki (accessed 08 August 2022)
38. Monastyrskaya M.E. Urbanistic problems of globalization in theoretical architectural and urban planning discourse. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2016, no. 1(22), pp. 85–90. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.14

Об авторе:

МОНАСТЫРСКАЯ Марина Евгеньевна
кандидат архитектуры, доцент кафедры
архитектурного проектирования
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: gradoved@gmail.com

MONASTYRSKAYA Marina Ye.
PhD in Architecture, Associate Professor of the
Architectural Design Chair
Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, Saint Petersburg, 2-nd
Krasnoarmeyskaya str., 4
E-mail: gradoved@gmail.com

Для цитирования: *Монастырская М.Е.* «Циркумбалтийское пространство»: исторические предпосылки и теоретико-методологические основы делимитации // *Градостроительство и архитектура*. 2023. Т. 13, № 1. С. 121–134. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.16.

For citation: *Monastyrskaya M. Ye.* “Circumbaltian space”: historical background and theoretical and methodological foundations of delimitation. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 121–134. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.16.

В. А. САМОГОРОВ

АРХИТЕКТУРА ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ «ЗАПАСНОЙ» СТОЛИЦЫ СССР – ГОРОДА КУЙБЫШЕВА

ARCHITECTURE OF UNDERGROUND OBJECTS
OF THE “RESERVE” CAPITAL OF THE USSR – THE CITY OF KUIBYSHEV

Рассматриваются стратегические объекты, построенные в городе Куйбышеве в годы Великой Отечественной войны, исследуется их градостроительное положение, особенности архитектурно-планировочной организации, приводятся исторические документы и архивные материалы, раскрывающие особенности строительства и функционирования этих объектов. Систематизируется материал об этой закрытой до настоящего времени странице истории города, существующий в настоящий момент в виде разрозненных фактов, который воссоздает отсутствующую до настоящего времени картину строительства закрытых стратегических объектов военного времени и их архитектуру.

Ключевые слова: запасная столица СССР, стратегические объекты, город Куйбышев, Бункер Сталина, Бункер связи ВМФ, радиовещательная станция, Великая Отечественная война

Введение. История строительства стратегических объектов в г. Куйбышеве в годы Великой Отечественной войны представляет собой очень важную и интересную страницу истории города, которая до настоящего времени изучена недостаточно полно и требует своего дальнейшего исследования. В частности, не освещены вопросы, связанные с изучением закономерностей их градостроительного размещения, не исследованы особенности архитектурно-планировочной организации. Этот материал не включен в курсы отечественного архитектуроведения и истории архитектуры и градостроительства как на общероссийском уровне, так и на местном, региональном. За время войны в городе Куйбышеве были построены Ставка Верховного главнокомандующего и Правительства, известная под названием «Бункер Сталина», два командных пункта и бомбоубежища (Объект № 2 и Объект «А»), сверхмощная радиовещательная станция в районе Ново-Семейкино (Объект № 15). Если новый район Безымянка в годы войны превратился в важнейший промышленный узел авиастроения страны, то Старый город стал местом дислокации важнейших правительственных учреждений и дипломати-

Strategic objects built in Kuibyshev during the Great Patriotic War are considered, their urban planning situation, features of the architectural and planning organization are examined, historical documents and archival materials are provided that reveal the features of the construction and functioning of these objects. The material about this closed page of the history of the city, which currently exists in the form of disparate facts, is systematized, which recreates the picture of the construction of closed strategic facilities of wartime and their architecture, which is absent to date.

Keywords: reserve capital of the USSR, strategic facilities, Kuibyshev city, Stalin Bunker, Navy communications bunker, broadcasting station, Great Patriotic War

ческих миссий, превратившись, по сути, во вторую столицу советского государства.

«Запасная» столица СССР. Процесс превращения Куйбышева в запасную столицу выглядел следующим образом. 15 октября 1941 года вышло Постановление Государственного Комитета Обороны № ГКО-801-сс «Об эвакуации столицы СССР г. Москвы», в котором говорилось, что «ввиду неблагоприятного положения в районе Можайской оборонительной линии Государственный Комитет Обороны постановил:

1. Поручить т. Молотову заявить иностранным миссиям, чтобы они сегодня же эвакуировались в г. Куйбышев. (НКПС – т. Каганович обеспечить своевременную подачу составов для миссий, а НКВД – т. Берия организует их охрану).

2. Сегодня же эвакуировать Президиум Верховного Совета, а также Правительство во главе с заместителем председателя СНК т. Молотовым (т. Сталин эвакуируется завтра или позднее, смотря по обстановке).

3. Немедля эвакуироваться органам Наркомата Обороны и Наркомвоенмора в г. Куйбышев, а основной группе Генштаба – в Арзамас.

4. В случае появления войск противника у ворот Москвы поручить НКВД – т. Берия

и т. Щербакову произвести взрыв предприятий, складов и учреждений, которые нельзя будет эвакуировать, а также все электрооборудование метро (исключая водопровод и канализацию)».

Постановление подписано Председателем Государственного Комитета Оборона И. Сталиным [1].

Вслед за этим Постановлением 21 октября 1941 года выходит Постановление Государственного Комитета Оборона № ГКО-826-сс «О строительстве убежища в г. Куйбышеве». В нем говорилось следующее. «Государственный комитет обороны постановил:

1. Построить в г. Куйбышеве: 1) бомбо- и газоубежище глубокого заложения не менее 25 метров глубины, защищенное от воздействия ФАБ – 2000 кг при прямом попадании. 2) Убежище глубокого заложения той же прочности общей полезной площадью 1000 кв. метров.

2. Возложить строительство убежища на Метрострой НКПС. Обязать НКПС – тт. Кагановича, Гоциридзе и Самодурова начать немедленно проектирование, закончить эскизный проект к 25 октября, подготовив к этому сроку механизмы, площадку и рабочую силу.

3. Установить срок окончания строительства три месяца, т. е. к 25 января.

4. Обязать НКПС перебросить на Строительство № 1 щиты, электрооборудование, механизмы и необходимое количество технического персонала и рабочих Метростроя и выделить для этой цели 800 вагонов.

5. Обязать Госплан СССР в пятидневный срок рассмотреть и обеспечить реализацию заявки Метростроя НКПС на материалы.

6. Обязать Наркомфин СССР выделить из резервного фонда СНК СССР на указанное строительство аванс в размере 5 млн. рублей.

7. Обязать Промбанк СССР финансировать строительство № 1 без проектных заданий, технических проектов и смет».

Постановление также подписано Председателем Государственного Комитета Оборона И. Сталиным [1].

В Куйбышев переехали аппараты ЦК ВКП(б), Президиума Верховного Совета СССР, СНК СССР, ЦК ВЛКСМ, Наркомат иностранных дел, дипломатический корпус, Всесоюзный радиокомитет.

Еще до Постановления № ГКО-801-сс от 15.10.1941 г. СНК СССР распоряжением № 5049-СЭ разрешил Наркомату здравоохранения СССР эвакуировать в г. Куйбышев наиболее ценное оборудование и 20 медицинских работников лечебно-санитарного управления Кремля. Эвакуированное оборудование и медперсонал решили разместить в больнице НКВД [2].

15 октября 1941 года в Куйбышев прибыли в эвакуацию Госплан СССР, часть аппарата ЦК ВКП(б), СНК СССР, ЦК ВЛКСМ и некоторые отделы Наркомата обороны [3].

20 октября 1941 года в Куйбышев прибыл дипломатический корпус, который состоял из 13 посольств и 6 миссий. Все посольства и миссии размещены в центральной части города в старинных особняках [3].

21 октября 1942 года Куйбышевский Облисполком обязал председателя Куйбышевского Горисполкома к 12 часам дня 24 октября 1942 года освободить дом, занимаемый Облздравотделом на углу улиц Чапаевской и Вилоновской, и жилой дом по ул. Куйбышева, 129 для размещения в них дипломатических миссий и посольства Канады [4].

28 октября 1941 года в г. Куйбышеве в доме № 104 по ул. Куйбышева размещен передислоцированный из Москвы Наркомат Оборона СССР [5].

3 ноября 1941 года Решением особого заседания Куйбышевского облисполкома закреплено размещение эвакуированных из Москвы: в г. Куйбышеве – Госплана СССР; в г. Сызрани – Наркомлегпрома, Наркомэлектростанций и Торгбанка СССР; в г. Ульяновске – Наркомречфлота [6].

10 ноября 1941 года в Куйбышеве для размещения эвакуированного из Москвы коллектива Большого театра СССР выделен жилой дом № 17 по ул. Некрасовской. Жильцы дома переселены в другие дома [7].

7 ноября 1941 года в городе Куйбышеве на Площади Куйбышева состоялся парад войск и демонстрация трудящихся. Командовал парадом генерал М.А. Пуркаев, принимал парад маршал Советского Союза К.Е. Ворошилов. С трибуны демонстрантов приветствовали М.И. Калинин, Н.А. Вознесенский, Н.М. Шверник.

1 января 1942 года на основании Постановления СНК СССР в Куйбышев из Саратова переведен Наркомат авиационной промышленности.

17 сентября 1942 года в Куйбышев прибыл личный представитель президента США Уэндел Уилки. В тот же день он нанес визит заместителю председателя СНК, заместителю Наркома иностранных дел А.Я. Вышинскому и заместителю Наркома иностранных дел С.А. Лозовскому.

23 февраля 1943 года в Куйбышеве заместителем Наркома обороны СССР маршал Советского Союза Б.М. Шапошников в связи с 25-летием Красной Армии устроил прием для военно-морских атташе при иностранных посольствах и миссиях в СССР.

Успешные действия советских войск в ходе сражения на Курской дуге содейство-

вали коренному перелому хода Великой Отечественной войны в пользу Советского Союза. Город Куйбышев, почти два года исполнявший обязанности запасной столицы страны, возвратил свои полномочия Москве. 10-20 августа 1943 года дипломатический корпус, находившийся в эвакуации в г. Куйбышеве, выехал в Москву. Освобожденные дипкорпусом помещения переданы в распоряжение облисполкома [8].

Вернулись в Москву аппараты ЦК ВКП(б), ВС СССР, СНК СССР, ЦК ВЛКСМ и другие учреждения. 23 августа Куйбышевский Обком ВКП(б) и Облисполком объявили благодарность коллективу Академического Большого театра СССР за большую творческую работу, проведенную театром в период нахождения в эвакуации в нашем городе в течение 1 года и 8 месяцев [9].

Стратегические объекты запасной столицы. «Бункер Сталина» (Объект № 1), Метрострой, 1942, ул. Фрунзе, 167 расположен под зданием бывшего Куйбышевского Обкома КПСС (в настоящее время в нем располагается Самарский государственный институт культу-

ры) на Площади Чапаева. Со стороны двора, за входной дверью, находится верхняя площадка, с которой начинается спуск в бункер или на лифте, или по лестнице. Вниз ведёт 14-метровая шахта, соединяющаяся с длинным поперечным коридором-этажом, где располагаются агрегаты жизнеобеспечения и вспомогательные механизмы бункера. В случае необходимости этот верхний этаж перекрывался массивными стальными герметичными дверями, способными выдержать нагрузку до 10 т/м². Главная часть бункера – вертикальный ствол-убежище, уходящий вглубь земли на 23 м. Он представляет собой копию тоннеля метро, поставленного вертикально. После 192-й ступени начинается самый глубокий – первый этаж (счёт этажей идёт снизу вверх).

С 3 по 23 ноября 1941 года в Куйбышев из Москвы прибыли эшелоны с работниками Метростроя для строительства командных пунктов и бомбоубежищ [10]. Бункер строился с февраля по октябрь 1942 года московскими и харьковскими метростроевцами, а также донбасскими шахтёрами, которые были тайно переброшены сюда. В строительстве принимали участие 2900 рабочих и около 800 инженерно-технических работников. Из всех строителей бункера ныне известны лишь главный инженер проекта Ю.С. Островский, главный архитектор М.А. Зеленин и начальник геомакетшейдерских работ И.И. Дробинин. Со всех была взята пожизненная подписка о неразглашении государственной тайны, не имеющая срока давности. Поэтому даже живущие рядом жители города не догадывались, что происходило за высоким забором стройки. Грунт вывозился машинами ночью. Строители практически не покидали объект, питались в построенной здесь же столовой, а ночевали в общежитии во дворе Обкома или прямо в подземных помещениях. Работы велись круглосуточно, в две смены. Меньше чем за год было вынуто 25 тыс. м³ грунта, уложено 5 тыс. м³ бетона [11].

6 января 1943 года правительственная комиссия приняла в эксплуатацию спецобъект № 1 (бомбогазозубежище первой категории) («Бункер Сталина») с оценкой «отлично» [12].

Параллельно с Объектом № 1 велось строительство **Объекта № 2 («Бункер связи ВМФ СССР»)**. В документах этот объект назывался «Запасной Флагманский Командный пункт ГШ ВМС». Он разместился внутри квартала Дома Красной Армии. Тоннель, ведущий к запасному выходу у Дома культуры им. Куйбышева, проходит под площадью Куйбышева. Бункер построен в 1941–1942 годах. Полезная площадь объекта 330 м². Защитная толщина грунта 18 м. Стены и перекрытия – железобетонные. Бункер

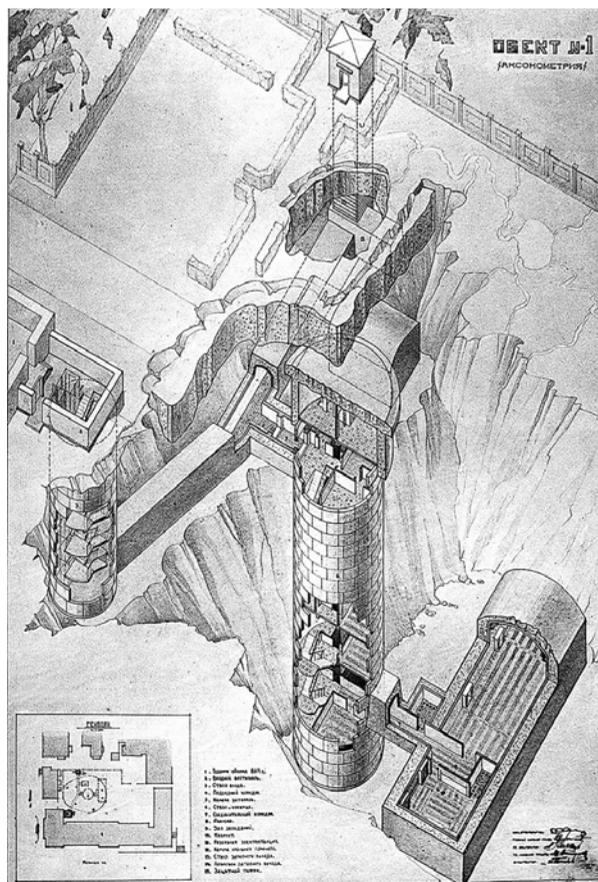


Рис. 1. Объект № 1 (Бункер Сталина). Аксонометрия, 1941–1943

был оборудован электричеством, вентиляцией, имел канализацию. Строительные работы проводил московский Спецметрострой [13, 14]. 30 декабря 1942 года Правительственная комиссия приняла объект № 2 с оценкой «хорошо».

Еще одно бомбоубежище – *Объект «А»*, известный как «*Бункер Жукова*», построен на территории санатория МО РФ «Волга». Сейчас в нем организован «Народный музей «Бункер Жукова» [15].

5 декабря 1942 года в Красноярском районе принята в опытную эксплуатацию сверхмощная *Радиовещательная станция (Объект № 15)*, предназначенная для работы в длинноволновом и средневолновом диапазоне, построенная в 30 км от Куйбышева, вблизи поселка Ново-Семейкино. На радиостанции впервые применены свободно стоящие 150- и 200-метровые радиобашни, полная автоматизация управления и контроля всей системы станции [16]. В конце 1943 года радиостанция заработала на полную мощность.

В 1951 году была издана «Справочная книжка радиолобителя». В ней приведена достаточно подробная на тот момент хронология отечественного радио. В ряду событий, упомянутых в приведенной хронологии, есть и такое: «Октябрь 1942 года. Начала работать сверхмощная радиовещательная станция, являющаяся мировым гигантом радиостроения».

Эта история берет начало еще в 1939 году, когда Совнаркомом СССР было принято решение о строительстве под Курском сверхмощной радиовещательной станции на 1200 кВт. Разработку проекта радиостанции и его техническое исполнение поручили возглавляемому профессором А.Л. Минцем Бюро мощного радиостроения (впо-

следствии Всесоюзный научно-исследовательский институт мощного радиостроения в Ленинграде, ВНИИМР). На электротехнических заводах Москвы и Ленинграда были размещены заказы на изготовление оборудования. Строительные работы по возведению 5-этажного технического здания радиостанции начались в сентябре 1941 года. Однако начавшаяся Великая отечественная война изменила все планы: строительство сверхмощной радиостанции пришлось срочно перебазировать из-под Курска в Куйбышев.

Работы по строительству радиостанции велись в строжайшем секрете. Строительство находилось под личным контролем Л.П. Берии, а строительные работы осуществляло Управление особого строительства НКВД. Радиостанция называлась «Объект № 15 Управления особого строительства НКВД». Начальником строительства был назначен генерал-лейтенант-инженер В.В. Волков, главным инженером – профессор А.Л. Минц. Радиостанция строилась как долговременное оборонительное сооружение. Исходя из требований военного времени, было дано задание разместить радиоцентр под землей, наверху оставить только антенные сооружения. Силовые питающие кабели также провели под землей, переход на воздушную линию осуществлялся за железнодорожной станцией «Водинская». Медные коаксиальные кабели большого диаметра, идущие к антеннам, также проходили под землей в специальном фидерном тоннеле. Строительные работы предполагалось завершить за два с половиной месяца. Пустить радиостанцию в эксплуатацию планировали к 7 ноября 1942 года.

На котловане одновременно работали от пяти до восьми тысяч заключенных. В котло-

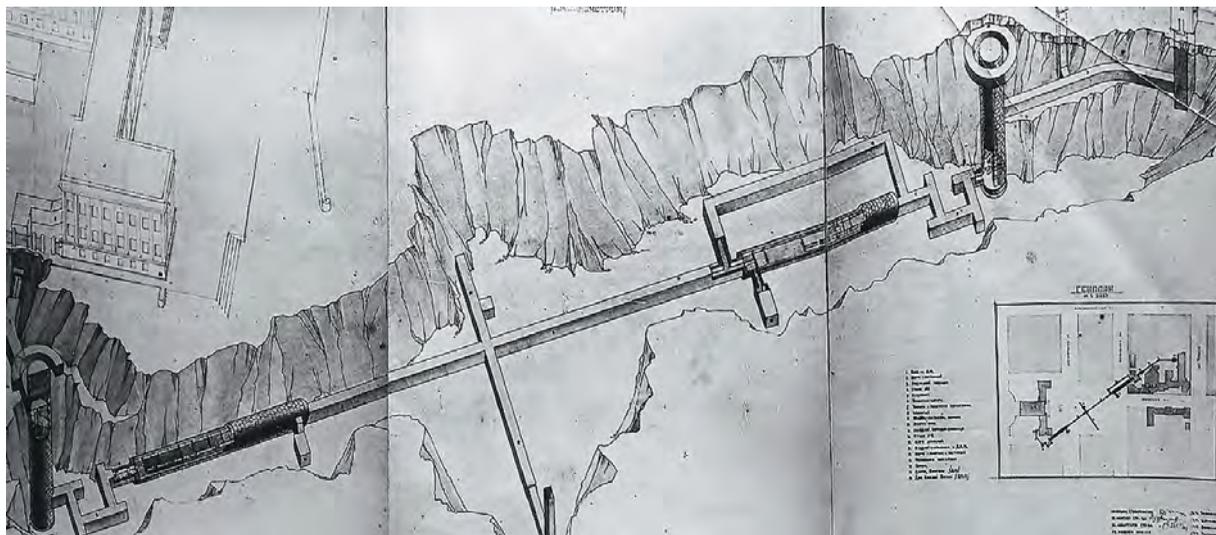


Рис. 2. Объект № 2 (Бункер Штаба ВМС). Аксонометрия, 1941–1943 [13,14]



Рис. 3. Вход в подземное здание Радиовещательной станции в пос. Ново-Семейкино (Объект № 15) [17]

ване, глубина которого составляла более 20 м, из монолитного железобетона начали строить бункер технического здания. Пять этажей первоначального проекта технического здания радиостанции превратились в два подземных этажа. Толщина железобетонных стен бункера составила 1 м. Сверху бункер накрыли железобетонной плитой, толщина которой была равна 4 м. Над всем сооружением насыпан земляной курган. По расчетам возведенное сооружение должно было выдержать прямое попадание 500-килограммовой авиабомбы, самой крупной во время Второй мировой войны.

Поскольку в 1941 году часть оборудования уже была изготовлена для курской радиостанции на заводах Ленинграда, его необходимо было доставить в Куйбышев. Переправляли его баржами по Ладожскому озеру. Для изготовления недостающего радиотехнического оборудования по решению Совнаркома СССР в районе строительства радиостанции был организован филиал одного из радиозаводов.

Строительство здания, монтаж оборудования и настроечные работы велись одновременно. В октябре 1942 года, за десять месяцев до полного завершения всех работ, началось регулярное вещание в диапазоне средних волн при неполной мощности передатчика (600 кВт). В конце 1943 года построенная радиостанция была сдана в постоянную эксплуатацию. Председателем Государственной комиссии по приемке радиостанции был заместитель Наркома связи А.Д. Фортуненко, заместителем председателя Государственной комиссии по строительной части – профессор В.М. Келдыш (отец будущего академика М.В. Келдыша). Утвердил акт приемки Л.П. Берия.

В годы войны, работая на средних волнах, радиоцентр накрывал всю Европу, Северную

Африку, Советский Союз, в ночное время его очень хорошо слышали в Соединенных Штатах Америки [17].

Проект строительства Куйбышевского метрополитена. История строительства метрополитена в г. Куйбышеве берет начало с обращения руководства Спецотдела Строительства № 1 Метростроя в адрес городских властей. 5 мая 1943 года Ликвидком Строительства № 1 Метростроя направил в Спецотдел Облисполкома г. Куйбышева с пометкой «Секретно» свои «соображения о строительстве метрополитена в Куйбышеве. Письмо было подписано начальником Спецотдела Строительства № 1 Метростроя г. Макеевым [письмо № 392-с от 05.05.1943 г.]. «Соображения» были изложены на 6 листах. Прилагалась схема трассировки линий метрополитена.

Во введении обосновывалась необходимость строительства метрополитена в Куйбышеве, что было связано со значительным ростом населения в связи с началом войны и необходимостью обеспечить доступность предприятий, расположенных за пределами центральной части города.

Состояние транспорта оценивалось как неудовлетворительное. Существующие три вида транспорта – трамвай, автобусы и речной – не обеспечивали потребностей в перевозках населения. На 1941 год лишь один трамвайный маршрут связывал центр города с Безымянкой. Автобусное сообщение находилось в зачаточном состоянии. Речной транспорт функционировал только в летнее время и обслуживал береговую зону. Отмечалось, что из всех транспортных направлений наиболее загруженным являлось направление «г. Куйбышев – ст. Безымянка», по которому мобилизованные рабочие перемещались на оборонные предприятия, железнодорожное сообщение загружено перевозками другого характера, а пригородные поезда лишь незначительно решают проблему перевозки трудящихся.

Разрешить транспортные затруднения предлагалось с помощью строительства метрополитена, которое одновременно с транспортной функцией могло выполнять роль массового укрытия населения в период воздушного нападения.

Были определены следующие трассы метрополитена:

1. Хлебная площадь – Площадь Революции – Площадь Куйбышева – Вокзал и вдоль железнодорожного пути до станции Безымянка с остановками у Толевого завода и Мясокомбината.

2. Площадь Революции – Площадь Куйбышева – ул. Ново-Садовая – Поселок Калинина – ЦПКиО – Карбюраторный завод.

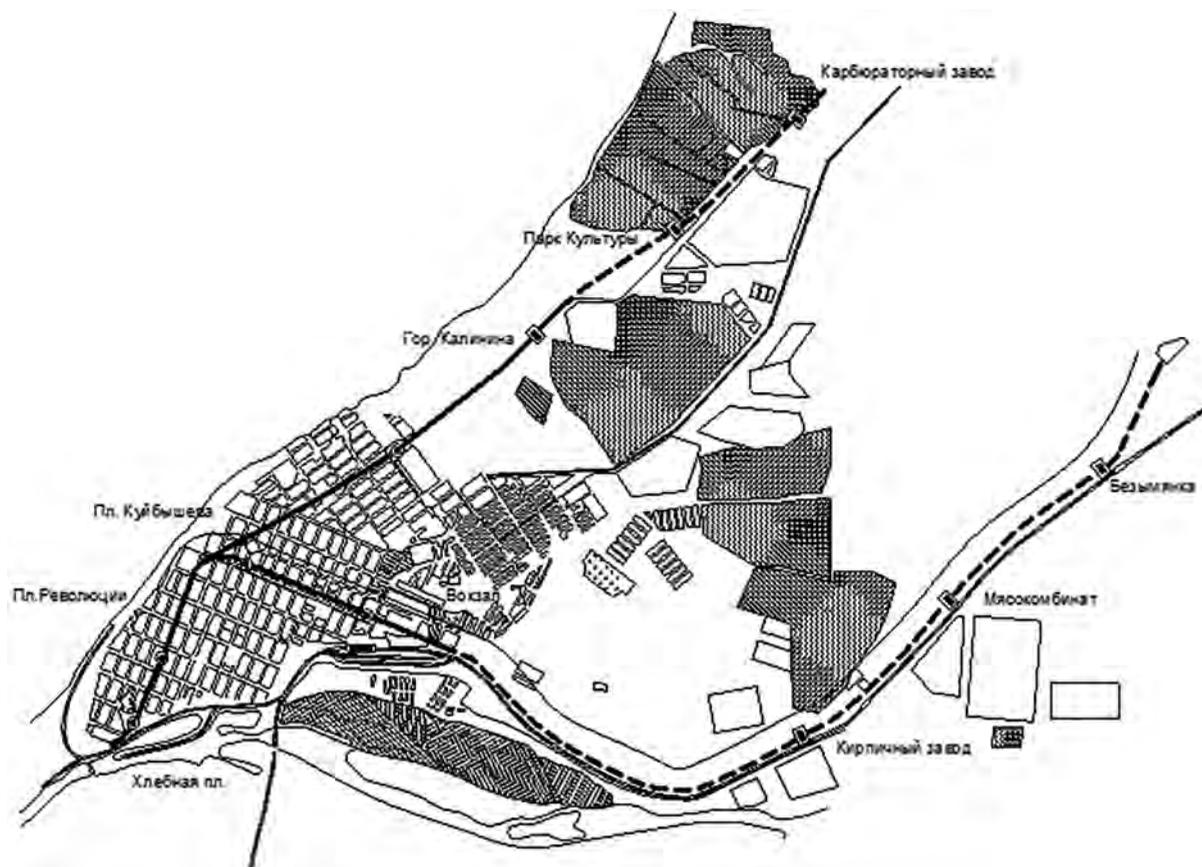


Рис. 4. Схема метрополитена г. Куйбышева, 1943 (из архива А. Трецилова)
(графическая реконструкция студентки гр. 275-А АСА СамГТУ Е. Градусовой)

Участки от Хлебной площади до Площади Революции и от Площади Куйбышева до Карбюраторного завода были отнесены ко второй очереди строительства. Глубина заложения принималась в 30–32 м по требованиям противовоздушной обороны (ПВО). В местах, где тоннель выходил на земную поверхность – за станцией «Вокзал», 1-й очереди строительства, и за станцией «Ново-Садовая», 2-й очереди строительства, – намечались участки перехода с глубокого заложения на открытый, с железобетонной закрытой крышей. Открытый участок проектировался параллельно железнодорожной линии, без пересечения с ней. Станции метрополитена приняты глубинного заложения по типу московской станции «Дзержинская». Предполагалось использовать вагоны по типу московского Метрополитена. Составы формировались по шесть вагонов, интервалы движения между поездами составляли 2 мин. Общая стоимость строительства определялась в 300 млн рублей, продолжительность строительства составляла два года. «Соображения» были подписаны заместителем начальника Метростроя,

главным инженером Танкилевицем и исполняющим обязанности начальника Метропроекта Гитманом (Заказ № 324 от 27 апреля 1942 года).

7 ноября 1944 года был сдан в эксплуатацию электрифицированный участок железной дороги Куйбышев – Безымянка, длиной 15 км [18].

Выводы. Превращение города Куйбышева в запасную столицу в годы Великой Отечественной войны повлекло за собой приспособление большого числа административных и жилых зданий для нужд правительственного аппарата и дипломатического корпуса в Старой части города, потребовало дальнейшего развития транспортной инфраструктуры, а также строительства уникальных стратегических объектов. К настоящему времени многие из построенных подземных объектов утратили статус «закрытых» объектов и потеряли стратегическое значение, хотя как памятники строительства военного времени сохраняют свою актуальность и требуют сохранения. Для этого требуется придать им статус объектов культурного наследия и разработать комплексную программу их

преобразования и приспособления под современные нужды для включения в туристические маршруты и другие программы сохранения истории и культуры города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Годы, опаленные войной: Куйбышевская область. 1941–1945 гг.: Хроника событий / [отв. сост. А.Г. Удинцев]. Самара, 2010. 345 с., ил.
2. ЦГАСО, ф. Р-2558, оп. 6, д. 43, л. 113.
3. ЦГАСО, ф. Р-56, оп. 47, д. 11, лл. 23–26.
4. ЦГАСО, ф. Р-2558, оп. 7, д. 437, л. 56.
5. СОГАСПИ, ф. 656, оп. 20, д. 29, л. 147.
6. ЦГАСО, ф. Р-2558, оп. 6, д. 60, л. 4.
7. ЦГАСО, ф. Р-56, оп. 47, д. 2, л. 18.
8. СОГАСПИ, ф. 656, оп. 22, д. 28, л. 256.
9. СОГАСПИ, ф. 656, оп. 22, д. 11, л. 66.
10. СОГАСПИ, ф. 656, оп. 20, д. 15, л. 29.
11. Бункер Сталина [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бункер_Сталина (дата обращения: 20.02.2021).
12. ЦГАСО, ф. Р-2558, оп. 14, д. 2, л. 3-а.
13. Ночь в Бункере [Электронный ресурс] Режим доступа: https://russos.livejournal.com/1468722.html?fbclid=IwAR1F5wGAM_vanerJRjsN50yIFAtBdbvUx_yDL-oASk1dXiiry8bIbGa2rtk (дата обращения: 20.02.2021).
14. Подземная Самара. Запасной флагманский командный пункт главного штаба ВМС СССР [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://gon1969.livejournal.com/1039710.html> (дата обращения: 20.02.2021).
15. Свершилось, в Самаре открыт музей на базе объекта «А» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://gon1969.livejournal.com/1125523.html> (дата обращения: 20.02.2021).
16. СОГАСПИ, ф. 656, оп. 20, д. 38, л. 326.
17. Объект № 15: Сверхмощный радиовещательный центр в г. Куйбышеве. 1942 год [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rfanat.ru/s16/istoria1.html> (дата обращения: 20.02.2020).
18. СОГАСПИ, ф. 714, оп. 1, д. 1114, л. 29.

Об авторе:

САМОГОРОВ Виталий Александрович

кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой архитектуры Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, E-mail: samogorov@mail.ru

REFERENCES

1. Udintsev A.G. *Gody, opalennyye vojnoj: Kujbyshevskaja oblast'. 1941–1945 gg.: Hronika sobytij* [Years disgraced by the war: Kuibyshev region. 1941-1945: Chronicle of Events]. Samara, 2010. 345 p.
2. GASO, F. R-2558, Op. 6, 43, l. 113.
3. GASO, F. R-56, Op. 47, 11, pp. 23–26.
4. GASO, F. R-2558, Op. 7, 437, l. 56.
5. SOGASPI, F. 656, Op. 20, 29, l. 147.
6. GASO, F. R-2558, Op. 6, 60, l. 4.
7. GASO, F. R-56, Op. 47, 2, l. 18.
8. SOGASPI, F. 656, Op. 22, 28, l. 256.
9. SOGASPI, F. 656, Op. 22, 11, l. 66.
10. SOGASPI, F. 656, Op. 20, 15, l. 29.
11. Stalin's bunker. Available at: ru.wikipedia.org/wiki/Бункер_Сталина (accessed 20 February 2021).
12. GASO, F. R-2558, Op. 14, d. 2, l. 3-a.
13. Night in Bunker. Available at: https://russos.livejournal.com/1468722.html?fbclid=IwAR1F5wGAM_vanerJRjsN50yIFAtBdbvUx_yDL-oASk1dXiiry8bIbGa2rtk (accessed 20 February 2021).
14. Underground Samara. Reserve flagship command post of the main headquarters of the USSR Navy. Available at: <https://gon1969.livejournal.com/1039710.html> (accessed 20 February 2021).
15. It happened that a museum was opened in Samara on the basis of object "A". Available at: <https://gon1969.livejournal.com/1125523.html> (accessed 20 February 2021).
16. SOGASPI, F. 656, Op. 20, 38, l. 326.
17. Object No. 15: Super-powerful broadcasting center in Kuibyshev. 1942. Available at: <http://rfanat.ru/s16/istoria1.html> (accessed 20 February 2021).
18. SOGASPI, F. 714, Op. 1, 1114, l. 29.

SAMOGOROV Vitaly A.

PhD in Architecture, Professor, Head of the Architecture Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: samogorov@mail.ru

Для цитирования: Самогоров В.А. Архитектура подземных объектов «запасной» столицы СССР – города Куйбышева // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 135–141. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.17.
For citation: Samogorov V.A. Architecture of Underground Objects of the "Reserve" Capital of the USSR – the City of Kuibyshev. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 135–141. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.17.

М. В. СОЛОДИЛОВ**А. А. ИВАНОВА****ВОПРОС СОЗДАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ТОЛЬЯТТИ:
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ПРОЕКТНАЯ ПРАКТИКА
СОХРАНЕНИЯ ПАМЯТИ МЕСТА****QUESTION OF CREATING THE HISTORICAL CENTER OF TOGLIATTI:
PSYCHOLOGICAL PREREQUISITES AND PROJECT PRACTICE
OF PRESERVING THE MEMORY OF A PLACE**

Целью статьи является постановка вопроса о целесообразности создания исторического центра города Тольятти в структуре Центрального района на базе новой и перенесенной с территории затопленного Ставрополя застройки середины 50-х годов. Эта идея неоднократно поднималась на административном уровне и частично выражалась в проектах реконструкции «Центрального парка», «Музейного квартала» и ряда других проектных предложений. Вопрос определения городских центров всех районов Тольятти до сих пор обсуждается и является дискуссионным, по которому нет единого мнения. Предлагается осуществить ревизию сохранившегося историко-архитектурного наследия, выявить оптимальную территорию исторического центра с последующим проектным предложением его благоустройства. Все это ведет к поиску концептуальных оснований, так как историческое наследие города с многовековой историей практически утрачено. На помощь приходят архитектурные методики сохранения «памяти места»: коммеморация, реминисценция, ретроспекция, реконструкция. Еще одной задачей исследования становится совмещение проектных практик с психологическими приемами, направленными на поддержание устойчивого психоэмоционального состояния человека.

Ключевые слова: память места, исторический центр, Центральный район Тольятти, благоустройство исторических поселений, туристическая привлекательность, психология в проектировании

Спустя многие десятилетия с момента переноса Ставрополя на новое место, многих жителей Тольятти до сих пор не отпускает желание приблизить к себе историческое прошлое, воскресить его, стать его частью. Это можно объяснить желанием конструирования устойчивой социальной и индивидуальной идентичности, имеющей крепкий исторический фундамент. Стремление к устойчивости наблюдается во всем мире, в частности в новейшей архитек-

The purpose of the article is to raise the question of the feasibility of creating the historical center of the city of Togliatti in the structure of the Central District on the basis of a new building and transferred from the territory of the flooded Stavropol in the mid-50s. This idea was repeatedly raised at the administrative level and was partly expressed in the projects for the reconstruction of the Central Park, the Museum Quarter and a number of other project proposals. The issue of determining the urban centers of all districts of Togliatti is still being discussed and is debatable, on which there is no consensus. It is proposed to carry out an audit of the preserved historical and architectural heritage, to identify the optimal territory of the historical center with a subsequent design proposal for its improvement. All this leads to the search for conceptual foundations, because the historical heritage of the city with a centuries-old history is almost lost. Architectural methods of preserving the "memory of place" come to the rescue: commemoration, reminiscence, retrospection, reconstruction. Another task of the study is to combine design practices with psychological techniques aimed at maintaining a stable psycho-emotional state of a person.

Keywords: memory of a place, historical center, central region of Togliatti, improvement of historical settlements, tourist attraction, psychology in design

турной практике. Отмечается появление множества проектов, в которых центральное место занимают концепции работы с наследием, историей и памятью места. Об этом говорят и ведущие архитектурные премии: Прицкеровская премия, «EU Mies van der Rohe Award», «RIBA International Award», «Building of the Year». Возникающие исторические нарративы, кристаллизуясь со временем в виде элементов социальной памяти, обеспечивают легитимность нацио-

нальных государств, в том числе и не имеющих древней истории [1]. Историческая легитимизация как потребность возникает по разным причинам, но нас заинтересовали психологические предпосылки этого явления, без идеологических и политических составляющих.

В последнее время в поволжских городах и селах появляются проекты, осмысливающие утраченное или пострадавшее историческое наследие из-за строительства каскада волжских водохранилищ. Можно выделить восстановление затопленной колокольни в Колязьме, доступ к которой был открыт в декабре 2021 г. В Тольятти мы сталкиваемся со случаем, когда историко-архитектурное наследие дореволюционного периода почти не интегрировано в городскую среду. Оно частично сохраняется в перенесенных жилых домах, которые постоянно ветшают и перестраиваются, вторично использованных материалах и топонимике некоторых общественных зданий. Материальные ориентиры на основе архитектурных памятников своей осязаемостью могут придавать горожанам дополнительное ощущение реальности. Показательно, что Центральный район Тольятти в разговорном языке называется Старым городом, что лишь подтверждает внутреннюю потребность в историческом месте, где сохраняется память о прошлом.

Существует устойчивое представление о памяти как основе идентичности архитектурной среды. Она помогает укорениться в прошлом для формирования представления о настоящем и будущем. Также память играет роль в поддержании архитектурного разнообразия городской среды. В последние десятилетия широко изучаются такие понятия, как: коллективная память, сообщество, идентичность, индивидуальная память, место как носитель памяти. Все это стало изучаться в рамках междисциплинарного научного направления *memory studies* (исследования памяти), в составе которого присутствуют и ученые, изучающие психологию человека.

Методология концепции «мест памяти» широко представлена в трудах французских историков [2–5]. Исследователь П. Нора рассматривал образы социальной памяти как точки в ее символическом пространстве – топосы, которые акцентируют внимание на явлениях прошлого, обеспечивающих социальное единство [2]. Им были охарактеризованы четыре типа мест социальной памяти: топографические, монументальные, функциональные, символические [6, с. 122]. Монументальные места памяти представляют собой прежде всего архитектурные сооружения. Места социальной памяти способны мобилизовать и объединять

сообщества, объективировать социальные отношения, вызывать сильные чувства и гордость. Отмечается универсальный характер потребности больших сообществ к «конструированию» великого прошлого славных предков, что перекликается с фрейдистской традицией, рассматривающей в качестве ключа к пониманию личности события глубокого детства [7, с. 20]. В жилом интерьере наиболее простое место семейной памяти – полка с фотографиями предков, иногда это оформленные генеалогические исследования. В масштабе города коллективная память концентрируется в историческом центре, где она создается, хранится и транслируется в будущее. Коллективная и индивидуальная память вмещает как позитивные аспекты социального опыта (победа, торжество, гордость, победы в войнах, строительство нового справедливого общества), так и негативные (вина, стыд, травма, войны и репрессии) [8, с. 18]. Для облегчения тяжести переживаний травматического опыта человечество изобрело множество социокультурных стратегий, в том числе включающих архитектуру и дизайн. Материальный объект, сооружение и в целом исторический центр могут создавать полноценное место памяти и выполнять социально-терапевтическую функцию объединяющего характера.

У Милтона Эриксона мы находим утверждение, что инсайты о прошлом полезны для общей информированности, но эти инсайты не ведут к изменению прошлого [9, с. 114]. Он заявлял о необходимости предложить клиенту полезные для него психотерапевтические идеи и осуществить постгипнотическое внушение таким образом, чтобы связать это с событиями, которые должны произойти в будущем. Иными словами, это можно назвать процессом переструктуризации [1, с. 118]. В проектной практике это может быть частью концепции. Переструктуризация памяти о травматическом опыте часто присутствует в позитивно направленных архитектурных реминисценциях, реконструкциях и ретроспекциях. Принципы другого направления в психотерапии – транзакционного или транзактного анализа, созданного Эриком Берном, также могут быть использованы в концептуальном проектировании [10]. Особенно интересны теории трех эгосостояний: родителя, ребенка и взрослого и теория сценариев. Эгосостояние Ребенка он описывал так: «это чистилище, а иногда и ад, в котором скрываются архаические тенденции» [10, с. 34]. Зачастую разрушительные и хулиганские поступки, с порчей имущества, делаются из состояния Ребенка, но и свежие, оригинальные дизайнерские идеи происходят из этого же свободного источника. Навязчивое и агрессивное стремле-

ние сохранить историческую среду любой ценой можно связать с состоянием Контролирующего Родителя. Эрик Берн описал несколько видов жажды, которую испытывают все люди. Одна из них – это потребность в физической и умственной стимуляции. Эрик Берн назвал ее жадой стимула [11, с. 76]. Частный пример из мира архитектуры – в северных странах существует традиция яркой окраски фасадов домов в условиях длительных и бесцветных зим. Благоустройство дворов, парков и скверов можно представить в виде преодоления структурного голода человека. Робинзон Крузо, прибывший на необитаемый остров, структурировал свое время, исследуя его и занимаясь постройкой жилища [11, с. 94]. В парках, скверах и дворах мы хотим структурировать свое время, заняться деятельностью или созерцанием. Сценарий – это план жизни. Мысль о том, что детские впечатления оказывают сильное влияние на паттерны поведения взрослых людей, является центральной не только в Транзактном анализе, но и в других направлениях психологии [11, с. 106]. В большой массе жители Тольятти имеют предков, однажды принявших серьезное решение переехать в строящийся город в поисках лучшей жизни, в поисках лучшей реализации. Сценарий подкрепляется родителями, их воспитанием через семейные истории, реплики, подсознательные внушения. Труды психологов показывают, что сценарий может быть переписан, мы подходим к рассмотрению гипотезы, что архитектура и дизайн могут корректировать жизненный сценарий, трансформируя историко-архитектурное наследие, давая ему новое прочтение и жизнь.

Бессел ван дер Колк – врач-психотерапевт, известный специалист по лечению психотравмы. Его работа «Тело помнит все» показывает механизм фиксации травматического опыта в теле, проявляясь в мышечных зажимах, психосоматических заболеваниях, посттравматическом синдроме [12]. При чтении воспоминаний жителей Ставрополя о затоплении города и переносе их родовых домов и имущества складывается впечатление, что это оставило неизгладимую травму. До сих пор, когда уровень воды в Волге невысок, в районе памятника Татищеву можно наткнуться на вымытые из песка человеческие останки. Бессел ван дер Колк предлагает различные варианты переработки травм, а они должны именно перерабатываться и утилизироваться, например с помощью арт-терапии, работы с голосом и музыкой. Появляются так называемые терапевтические сады и элементы благоустройства, которые учитывают эту потребность, предлагая всевозможные тактильные поверхности для ходьбы

босиком, стационарные музыкальные инструменты для уличного музицирования, места для размышлений и медитаций.

Мы пришли к выводу, что проект «Исторический центр» Тольятти мог бы помочь в формировании образа города с непрерывным эволюционным развитием, с переработанным травматическим опытом прошлого и новым позитивным сценарием. Диалектические трансформации бытия и истории могут стать метафорической основой концепции «устойчивого» городского исторического центра. Подобные мысли были озвучены в статье «Историко-культурный и природно-рекреационный потенциал городского лесопарка микрорайона Шлюзовой города Тольятти» [13].

Исторический центр Центрального района Тольятти – условная территория довольно неоднородной застройки середины 50-х гг., в которой свободно перемешаны несколько архитектурных стилей: сталинский ампи́р, советский неоклассицизм и неопалладианство. С этой застройкой соседствует зона перенесенных домов с затопляемой территории. Историко-архитектурный анализ наиболее ценной застройки позволил выделить 38 квартал – как цельный фрагмент городской среды 50-х, обладающий историко-культурной ценностью.

При переносе «старого» города в 1951–1952 гг. институтом градостроительства и инвестиционного развития «Гипрогор» был разработан проект планировки и застройки «нового» города у плотины Куйбышевской ГЭС. В 1952 г. началось строительство нового планировочного района, рассчитанного на численность населения в 40 тысяч жителей. В основном переносились одноэтажные деревянные здания и возводилась двух-трехэтажная капитальная застройка. Рост промышленных предприятий повлек за собой интенсивный рост численности населения, что привело к стремительной застройке района [14].

38 квартал располагается в северо-западной части Центрального района и обрамлен с четырех сторон улицами Карла Маркса, Чуковского, Жилина и площадью Свободы. Жилой квартал включает в себя здание администрации Ставропольского района, которое входит в ансамбль застройки площади Свободы и относится к объекту культурного наследия регионального значения. Квартал имеет прямоугольную форму и составляет 4,2 га, площадь застройки – 1,12 га, дворовая территория – 3 га. Высотной доминантой квартала является сложная из кирпича труба котельной, здание которой не функционирует и находится в аварийном состоянии. Центрально-симметричная композиция застройки квартала, функциональные

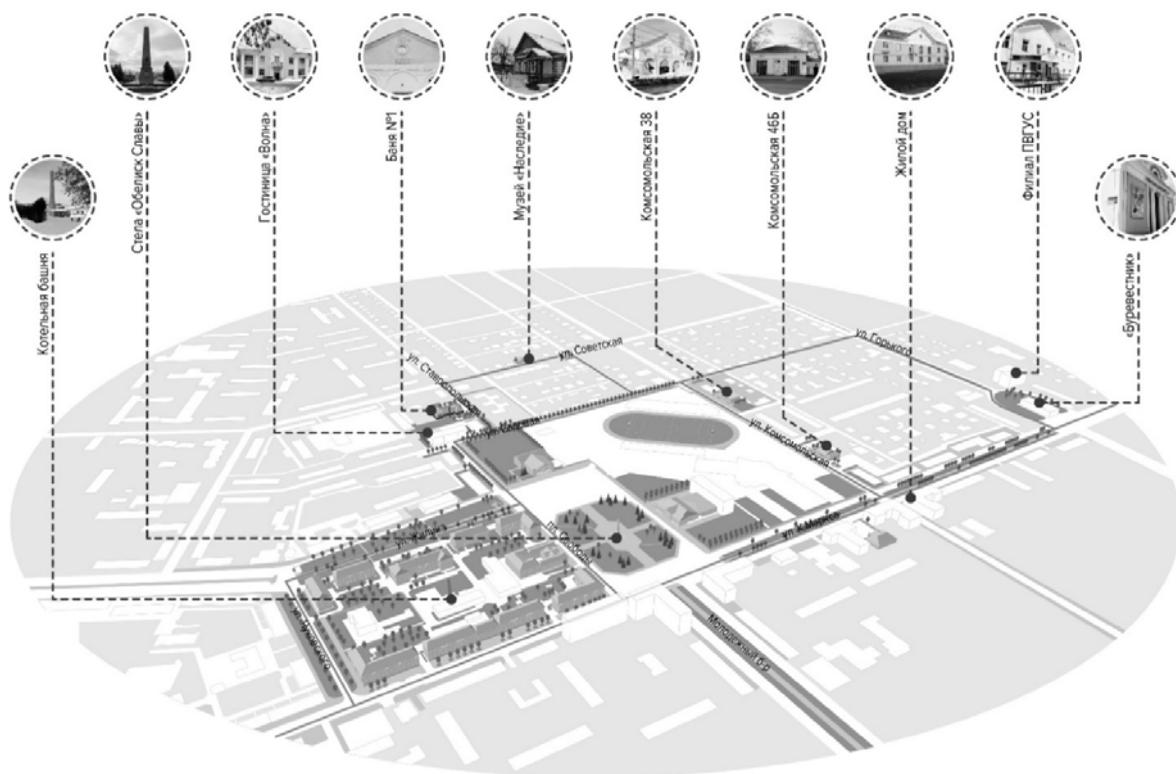


Рис. 2. Значимые объекты исторического центра Тольятти

из-за чего обнажились десятки метров песчаной отмели, сплошь усыпанной артефактами прошлого. Было необходимо подтвердить гипотезу о сохранности фрагментов стен, бутовых фундаментов, каменных блоков, не до конца убранных или использованных в укреплении берега. Были обнаружены осколки глиняной и керамической посуды с узорами и рельефами, истлевшие остовы гробов и гвоздей от них, человеческие останки, а также кирпичи и целые фрагменты сооружений от разрушенных ставропольских зданий (рис. 4). Увиденная картина лишней раз подтвердила догадку, что процесс переноса города оставил травматический опыт, который подсознательно считывается любым чувствующим человеком.

Зафиксировав крупные фрагменты дома кирпичных стен в районе Итальянского пляжа и известняковые блоки в районе памятника Татищеву, возникла идея перенести их в воссоздаваемый «Исторический центр города». Наиболее подходящая локация – 38 квартал, удобно расположенный в структуре основных улиц и площадей Центрального района (рис. 5, п. 4).

При разработке эскизного проектного решения был применен метод реминисценции, выражающийся отсылкой к историческому образу крестьянского дома с двускатной крышей

и декоративными фасадными элементами, переработанными в современные формы. Территорию 38 квартала предлагается разбить на несколько разных по функционалу зон и комплексов (рис. 3, 5): 1) система детских игровых площадок; 2) центральная зона – зона единоборств, трансформирующая комплекс бывшей котельной; 3) спортивная зона; 4) зона отдыха «Зеленая роща».

При благоустройстве жилого квартала создаются безопасные пространства, которые будут привлекать и удерживать внимание, давать возможность взрослым и детям разного возраста выбирать занятие по интересам, развивать фантазию, социализацию, а также побуждать познавать разнообразие окружающего мира.

Первая зона детской игровой площадки предусматривает игровой комплекс для детей от 3 до 12 лет. Общая площадь территории составляет около 340 квадратных метров. Зона оборудована игровым комплексом, качелями, скамейками, песочницей и несколькими подиумами. Игровой комплекс выполнен по мотивам ставропольских домов с двускатной крышей (рис. 5, пп. 1 и 2).

Вторая зона – место единоборств, которое располагается в центре квартала на месте бывшей котельной. Одноэтажное здание с элемен-

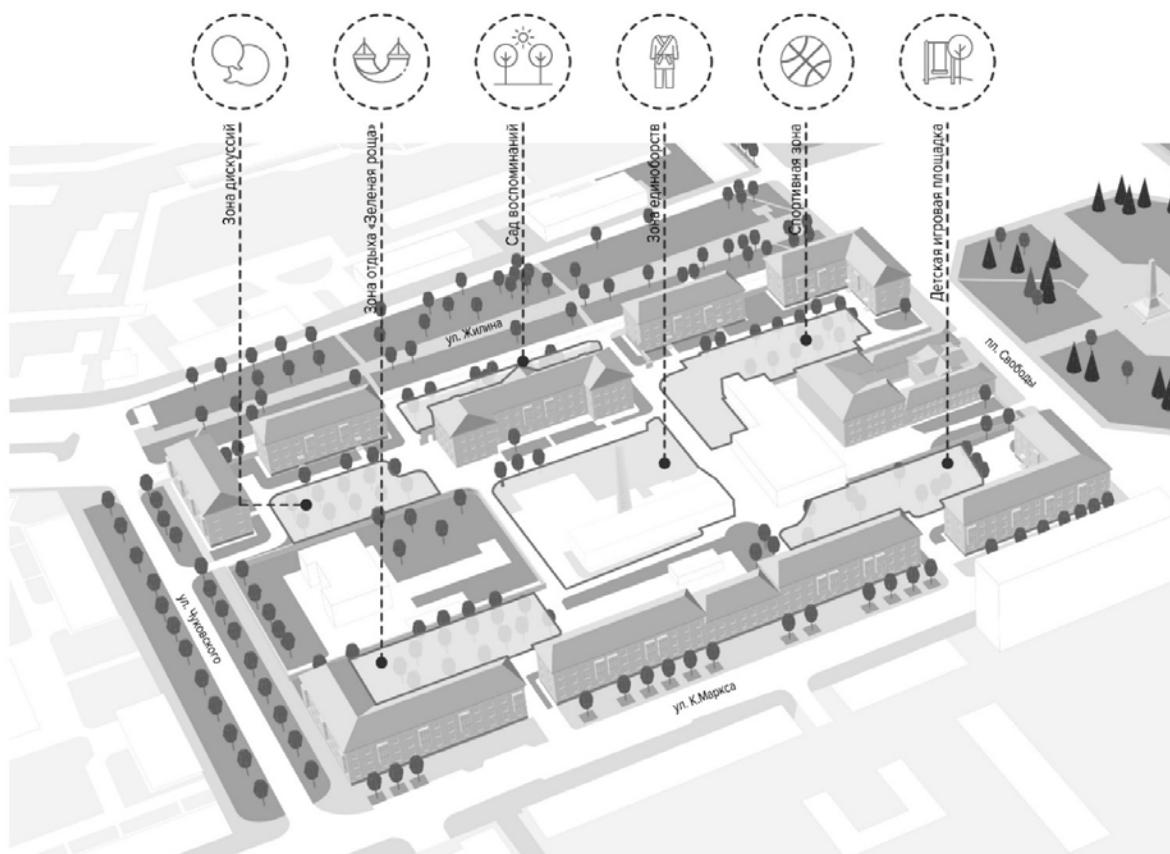


Рис. 3. Функциональное зонирование 38 квартала

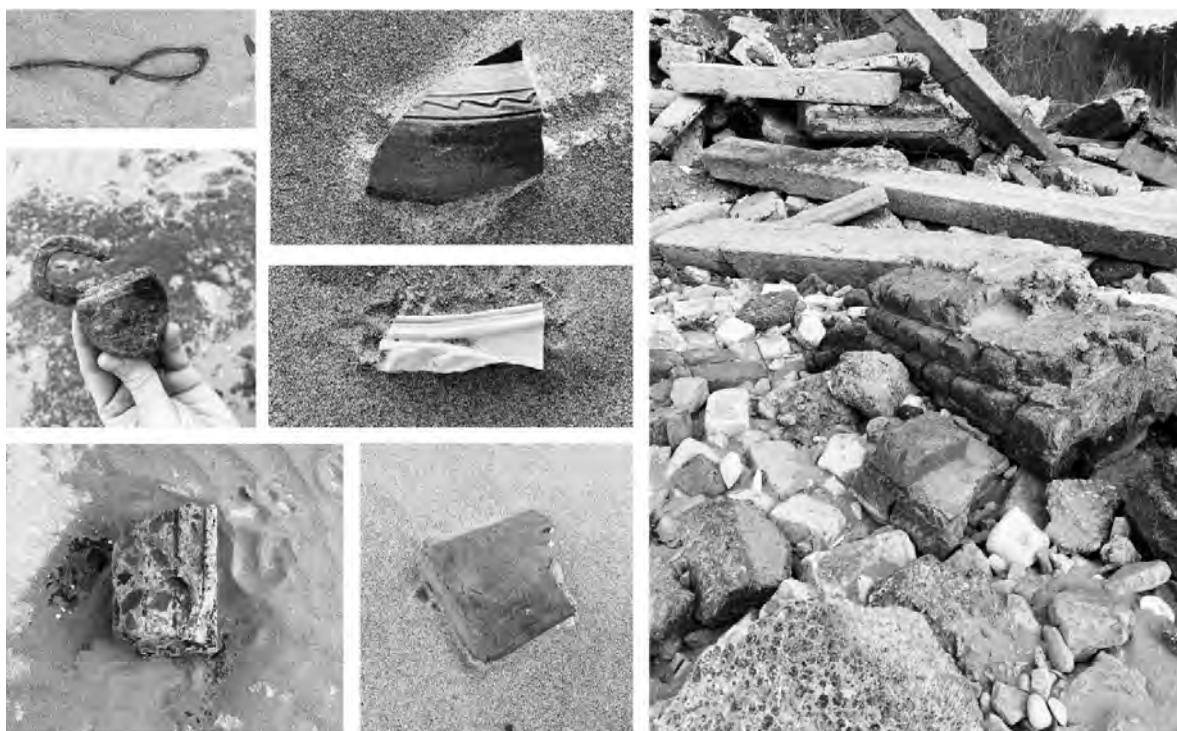


Рис. 4. Ставропольские находки на берегу пляжа «Волжский»



1. Детская площадка



2. Дворовое пространство



3. Спортивная площадка



4. Сад воспоминаний



5. Тихая зона «Зеленая роща»



6. Баня №1. Экспозиция

Рис. 5. Визуализации видовых точек

тами неоклассического декора отводится для нужд дополнительного образования детей дошкольного и школьного возраста. Занимаемая площадь зоны на территории квартала составляет 1595 квадратных метров.

Далее центральной оси располагается зона тихого отдыха «Зеленая роща» (рис. 5, п. 5). Такое название закрепилось из-за наличия густой, обильной растительности. Импровизированная роща состоит из трех основных площадок, соединенных между собой общими пешеходными путями, выполненными с помощью лиственницы, покрытой защитным маслом. В центре каждой площадки установлены индивидуальные и групповые места для отдыха. К индивидуальным можно отнести конструкцию в виде каркаса домика с двускатной

крышей, в котором прикреплен гамак. Для совместного отдыха была оборудована центральная площадка. Здесь расположилась конструкция с качелями. Конструкция малых архитектурных форм выполнена из стали с порошковой покраской и дополнена термообработанной древесиной. В таком месте можно проводить время, отдыхать и наслаждаться зеленым оазисом.

Спортивная зона с тренажерами располагается вблизи улицы Чуковского. В данной зоне предлагается монтировать тренажеры для занятия спортом (рис. 5, п. 3), скалодром и вертикальные препятствия для детей младшего возраста.

Предполагается и универсальная зона, подразумевающая несколько сценариев использо-

вания. Например, данное пространство предназначено для собрания жильцов и решения организационных вопросов, но в остальное время здесь можно проводить время за настольными играми.

Благоустроенный небольшой сквер «Сад воспоминаний» располагается между домами со стороны улицы Жилина (рис. 5, п. 4). Как раз в этом месте предлагается разместить подлинные фрагменты ставропольских зданий. Между двух таких площадок находится парклет в виде силуэта домов с качелями для созерцания. Всю композицию завершает перфорированная поверхность со значимыми надписями прошлого. Также зона дополнена озеленением и освещением. Все локация находятся в уединенных и атмосферных местах благодаря обильному «взрослому» зеленому насаждению, которое создает природный навес и защищает от прямых солнечных лучей.

При дальнейшей проработке «Исторического центра» предполагается связать все ценные объекты пешеходной сетью с разработанным рисунком мощения.

Вывод. Стратегия воссоздания материальных объектов методами реминисценции, коммеморации, реконструкции и ретроспекции работает на переструктуризацию жизненного сценария, привносит новые оптимистичные смыслы в жизнь людей, способствует устойчивому психоэмоциональному состоянию. Ради этих важных показателей благоулучия граждан мы и должны инициировать проект «Исторический центр Тольятти» в структуре Центрального района.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Diaz-Andreu M.A. World history of Nineteenth-Century Archaeology, Nationalism, Colonialism, and the Past. Oxford; New York, 2007.
2. Nora P. Between Memory and History: Les Lieux de Mémoire // Representations. 1989. № 26. P. 7–24.
3. Les Lieux de mémoire / ed. Nora P. Paris: Gallimard, 1984–1992. Vol. 1–7.
4. Realms of Memory. New York; Chichester: Columbia University Press, 1996–1998. Vol. 1–3.
5. Нора П., Озуф М., Пюимеж Ж., Винок М. Франция – память. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 328 с.
6. Михайлов Д.А. Археологические места социальной памяти // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 394. С. 121–126. DOI: 10.17223/15617793/394/20.
7. Kohl Ph.L., Kozelsky M., Ben-Yehuda N. Introduction // Selective Remembrances: Archaeology in the Construction, Commemoration, and Consecration of National Pasts. Chicago, 2007. P. 1–31.
8. Горнова Г.В. Коллективная память и практики коммеморации в формировании городской идентичности // Гуманитарные исследования. 2017. № 2 (15). С. 40–46.
9. Хейвенс Р. Мудрость Милтона Эриксона / пер. с англ. А.С. Ригина. М: Независимая фирма «Класс», 1999. 400 с. (Библиотека психологии и психотерапии).
10. Берн Э.Л. Трансакционный анализ в психотерапии. М.: Эксмо, 1970, 1992, 2015.
11. Стюарт Я., Джойс В. Современный транзактивный анализ. СПб., 1996.
12. Колк Бессел ван дер. Тело помнит все: какую роль психологическая травма играет в жизни человека и какие техники помогают ее преодолеть / пер. с англ. И. Чорного. М.: Эксмо, 2022. 464 с.
13. Бокарева К.А., Солодилов М.В. Историко-культурный и природно-рекреационный потенциал городского лесопарка микрорайона Шлюзовой города Тольятти // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2 (43). С. 86–93. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.13.
14. Веретенников Д.Б. Историческое развитие и особенности формирования системы центральных и пешеходных пространств Тольятти // Современное строительство и архитектура. 2019. № 3 (15). С. 15–27.

REFERENCES

1. Diaz-Andreu M.A. *Vsemirnaya istoriya arkheologii devyatinadtsatogo veka: natsionalizm, kolonializm i proshloe* [World history of Nineteenth-Century Archeology, Nationalism, Colonialism, and the Past]. Oxford; New York, 2007. 501 p.
2. Nora P. *Mezhdu pamyat'yu i istoriyey: Vospominaniya o proshlom* [Between Memory and History: Memory locations]. University of California Press, 1989, no. 26, pp. 7–24.
3. Nora P. *Vospominaniya o proshlom* [Memory locations]. Paris, Gallimard, 1984–1992. Vol. 1–7.
4. Nora P., Kritzman, Lawrence D. *Tsarstva pamyati* [Realms of Memory]. New York; Chichester, Columbia University Press, 1996–1998. Vol. 1–3.
5. Nora P., Ozuf M., Puimezh Zh., Vinok M. *Frantsiya-pamyat'* [France-memory]. SPb., Publishing House of St. Petersburg State University, 1999. 328 p.
6. Mikhailov D.A. Archaeological places of social memory. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University], 2015, no. 394, pp. 121–126. (in Russian) DOI 10.17223/15617793/394/20
7. Kohl Ph.L., Kozelsky M., Ben-Yehuda N. *Vyborochnye vospominaniya: arkheologiya v stroitel'stve, uvekovechenii pamyati i osvuyashchenii natsional'nogo proshlogo* [Selective Remembrances: Archaeology in the Construction, Commemoration, and Consecration of National Pasts]. University of Chicago Press, 2007, pp. 1–31.
8. Gornov G.V. Collective memory and practices of commemoration in forming urban identity. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta Gumanitarnye issledovaniya* [Bulletin of Omsk State Pedagogical University. Humanitarian Research], 2017, no. 2 (15), pp. 18–21. (in Russian)

9. Havens R. *Mudrost' Milтона Eriksona* [Wisdom of Milton Erickson]. Moscow, Nezavisimaya firma «Klass» Publ., 1999. 400 p.

10. Berne E.L. *Transaktsionnyy analiz v psikhoterapii* [Transactional Analysis in Psychotherapy]. Eksmo Publ., 2015. 300 p.

11. Stewart I., Joyce W. *Sovremennyy tranzaktsionnyy analiz* [A New Introduction to Transactional Analysis]. St. Petersburg, Sotsial'no-psikhologicheskiiy tsentr, 1996. 335 p.

12. Kolk Bessel van der. *Telo pomnit vse. Kakuyu rol' psikhologicheskaya trauma igraet v zhizni cheloveka i kakie tekhniki pomogayut ee preodolet'* [The body keeps the score: Brain, Mind, and Body in the Healing of Trauma]. Moscow, Eksmo Publ., 2022. 464 p.

13. Bokareva K.A., Solodilov M.V. Historical, cultural, natural and recreational potential of the city forest park of Sluzovaya microdistrict of Tolyatti. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban planning and architecture], 2021, vol. 11, no. 2 (43), pp. 86–93. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.13

14. Veretennikov D.B. Historical development and peculiarities of formation of the system of central and pedestrian spaces of Togliatti. *Gradostroitel'stvo, planirovka sel'skikh naseleennykh punktov* [City planning of rural settlements], 2019, no. 3 (15), pp. 15–27. (in Russian)

Об авторах:

СОЛОДИЛОВ Михаил Владимирович

кандидат архитектуры, доцент Центра дизайна Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
(центральный кампус)
E-mail: solodilove@mail.ru

SOLODILOV Mikhail V.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Design Center
Togliatti State University
445020, Togliatti, Belorusskaya str., 14
E-mail: solodilove@mail.ru

ИВАНОВА Анастасия Александровна

магистрант 2-го года обучения
Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
(центральный кампус)
E-mail: iv.annastasia.iv@gmail.com

IVANOVA Anastasiya A.

Master's Degree Student
Togliatti State University
445020, Togliatti, Belorusskaya str., 14
E-mail: iv.annastasia.iv@gmail.com

Для цитирования: Солодилов М.В., Иванова А.А. Вопрос создания исторического центра Тольятти: психологические предпосылки и проектная практика сохранения памяти места // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 142–150. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.18.

For citation: Ivanova A.A., Solodilov M.V. Question of Creating the Historical Center of Togliatti: Psychological Prerequisites and Project Practice of Preserving the Memory of a Place. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 142–150. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.18.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 721

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.19

С. А. КОЛЕСНИКОВ
Н. Ю. МЕДВЕДЕВА

АТРИУМНЫЕ ПРОСТРАНСТВА ВЫСОКОУРБАНИЗИРОВАННЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ГОРОДСКОЙ СТРУКТУРЫ

ATRIUM SPACES OF HIGHLY URBANIZED
MULTIFUNCTIONAL UNITS OF URBAN STRUCTURE

Актуализируется понятие атриумное пространство здания в контексте развития современной высокоурбанизированной многофункциональной архитектуры. Предлагается ретроспективный анализ развития типологических характеристик атриумных пространств в архитектурных сооружениях от древних цивилизаций до наших дней. Выдвигается гипотеза неотъемлемой связи атриума с концепцией многофункциональности архитектурного объекта. Предлагаются факторы, влияющие на эволюцию атриумных пространств. Рассматриваются функциональные компоненты атриумных пространств современной многофункциональной архитектуры: организация входных зон, обеспечение микроклимата в здании, коммуникационная и коммуникативная функции.

Ключевые слова: атриум, атриумные пространства, атриумные здания, высокоурбанизированные многофункциональные узлы городской структуры, многофункциональная архитектура, высотные здания

Идея многофункциональности архитектурного пространства возникла и реализована ещё до нашей эры. Концепция многофункционального пространства базируется на центральном коммуникационном ядре, аккумулирующем вокруг себя различные функциональные элементы. Прототипом многофункционального комплекса зданий и сооружений, организованного функциональными, планировочными, композиционно-пространственными связями, можно считать древнегреческий акрополь. Древнегреческая агора являлась одним из ос-

The paper actualizes the concept of the atrium space of a building in the context of the development of modern highly urbanized multifunctional architecture. A retrospective analysis of the development of typological characteristics of atrium spaces in architectural structures from ancient civilizations to the present day is proposed. The hypothesis of an integral connection of the atrium with the concept of multifunctionality of an architectural object is put forward. The factors influencing the evolution of atrium spaces are proposed. Functional components of atrium spaces of modern multifunctional architecture are considered: organization of entrance zones, provision of microclimate in the building, communication and communicative function.

Keywords: atrium, atrium spaces, atrium buildings, highly urbanized multifunctional nodes of urban structure, multifunctional architecture, high-rise buildings

новных функциональных и коммуникационных узлов города, концентрируя вокруг себя торговую, административную, культурную и духовно-идеологическую функции. Основой пространственно-планировочной структуры Агоры в период Классической Греции являлся замкнутый комплекс зданий и сооружений, сконцентрированный вокруг открытого пространства (рис. 1). Данную функциональную модель можно считать пространственно-планировочной основой для формирования, впоследствии, атриумного пространства как одного

из основных элементов многофункциональных зданий, сооружений и их комплексов [1].

Свое применение в общественных зданиях религиозной направленности атриумное пространство находит в раннехристианских базиликах. Крытые галереи атриума обрамляли пространство перед входом в храм.

Перистильный двор, как и атриум, являлся одним из главных элементов античной архитектуры, а также примером планировочной организации многофункционального коммуникационного пространства.

В период византийской империи и Средневековья западноевропейская архитектура сохранила признаки перистильного двора, который трансформируется в клуатр или атриум преимущественно в храмовых и монастырских комплексах [2].

Начиная с эпохи Возрождения пространство атриума применяется как в строительстве частных вилл, так и в религиозных сооружениях. Планировочная и конструктивная основы атриумов не претерпевают сильных изменений со времен античной архитектуры.

В XIX в. новое конструктивно-планировочное прочтение общественных многофункциональных пространств получают перекрытые торговые улицы, получившие название «пассаж». Пассажи становятся новым типом здания, организованного в виде сквозного прохода-галереи, связывающего части улицы. Вдоль прохода, в несколько уровней, располагались торговые пространства, а перекрытие крыши было остеклено, что позволяло осуществить проникновение солнечного света в галерею и защитить внутреннее пространство от атмосферных осадков [3].

Пассаж являлся не только новым типом здания, но и был новым урбанизированным

коммуникационным элементом. Возможность более эффективного использования общественно-торгового здания создавала предпосылки для развития многофункциональной архитектуры и повышала инвестиционную привлекательность. Градостроительная универсальность пассажа создавала возможность формирования сложных функционально-пространственных структур, способных решать коммуникационно-узловые задачи.

Следующей принципиальной ступенью эволюции высокоурбанизированных многофункциональных зданий и сооружений стало появление небоскрёбов [4]. Уникальные здания большой высоты человечество возводило с древних времен. Однако в привычном облике общественного здания первые небоскрёбы появились в конце XIX столетия в Соединенных Штатах Америки. В настоящее время лидером по строительству небоскрёбов является Китай. Большое количество высотных зданий строится в Объединенных Арабских Эмиратах, Японии, Республике Корея, Австралии, Сингапуре, Малайзии.

Процессы урбанизации, продиктованные промышленной революцией XIX в., повлияли на резкий рост количества населения в крупных городах. Увеличение плотности деловой функции в центральных районах городов спровоцировало рост стоимости земли. Капиталистический строй «вытолкнул» городские здания вверх.

Ограничение на рост зданий в высоту накладывали конструктивно-технологические факторы: отсутствие лифта; ограничения на высоту зданий из камня и бетона; отсутствие насосов, способных поднимать воду в здании на высоту более 10 м. Решение всех вышеупомянутых вопросов позволило возводить в XX столетии здания свыше 100 м в высоту (рис. 2).

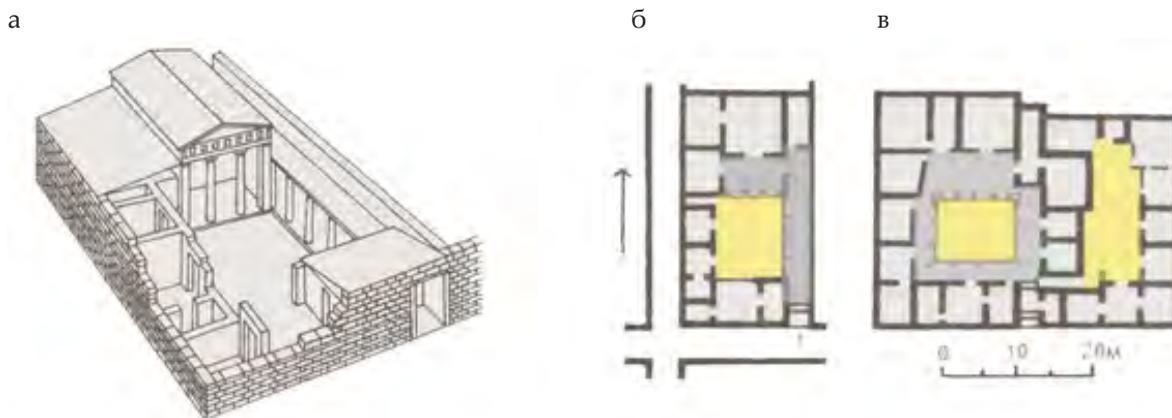


Рис. 1. Жилой дом в Древней Греции. Дом Патриция в Приеме (IV в. до н.э.): а – общий вид; б – первоначальный план; в – план дома после перестройки



Рис. 2. Home Life Building, Нью Йорк, США, 1884 г.

Высотные здания решали важный вопрос увеличения плотности застройки территории и, как следствие, должны были быть многофункциональными. В подземных уровнях размещались транспортно-пересадочные узлы, торговые и складские зоны. В уровне земли располагались общественные функции, такие как обслуживающие, торговля. Верхние этажи содержали офисно-деловую функцию и жилые апартаменты.

Рост зданий в высоту и увеличение количества функциональных процессов, протекающих в зданиях, сопровождался расширением размера корпуса, что в свою очередь требовало решения возникающих пространственно-планировочных вопросов. Появление высотных многофункциональных высокоурбанизированных зданий повлияло на формирование эволюционного этапа проектирования и строительства атриума как важнейшего элемента современной архитектуры [5]. Атриум становится сложнейшим функционально-пространственным узлом, способным решать разнообразные конструктивные, функциональные, планировочные задачи [6].

Организация входной группы – это один из важнейших вопросов в проектировании многофункциональных зданий. Амбициозность вы-

сотных зданий требовала организации ярких и помпезных архитектурных решений. Кроме того, входная группа всегда проектируется как коммуникационный центр, основной задачей которого является распределение потоков входящих и выходящих посетителей (рис. 3). Составными частями входной группы, как правило, являются обширные по площади холлы, лестнично-лифтовые узлы, эскалаторы, информационные центры, пункты охраны, зоны общественного питания. Решением проблемы размещения всех необходимых элементов входных зон становится атриум. Пространство атриума конструктивно обеспечивает возможность создавать перекрытые площади большой протяженности, вмещающие все необходимые элементы входной группы, что необходимо для формирования у посетителей ощущения визуальной проницаемости и информативности. В зависимости от пространственного расположения в структуре здания атриум позволяет организовать обширные потоки естественного освещения, что придает объемность и открытость пространству [4, 7].

Высокоурбанизированные многофункциональные здания и их комплексы обязаны содержать в своей структуре коммуникационные узлы. С этой задачей эффективно справляются пространства атриумов.

Функциональные блоки многофункциональных зданий эффективно связывать между собой через коммуникационные узлы. Коридоры и галереи внутри функциональных блоков, пересекаясь между собой, создают локальную коммуникационную сеть. Для организации связи между всеми функциональными блоками требуется организовывать крупные узловые пространства, способные обеспечивать пересечение больших потоков. Атриумные пространства зачастую имеют галерею по периметру, на которую выходят локальные коммуникации.

В крупных зданиях атриумы, как правило, имеют большую площадь основания и высоту, что дает возможность размещать внутри атриумных пространств коммуникационные системы, такие как эскалаторы, траволаторы, путепроводы, мосты, лифты и лестницы.

Важным фактором коммуникационной значимости является визуальная проницаемость атриумов. Обширные открытые пространства создают предпосылки для более эффективной организации коммуникационной проницаемости. Выходя на открытое пространство, человек имеет возможность визуально контролировать конечную цель своего движения. Данный аспект особенно актуален для многофункциональных высокоурбанизированных узлов с большим сочетанием функциональных

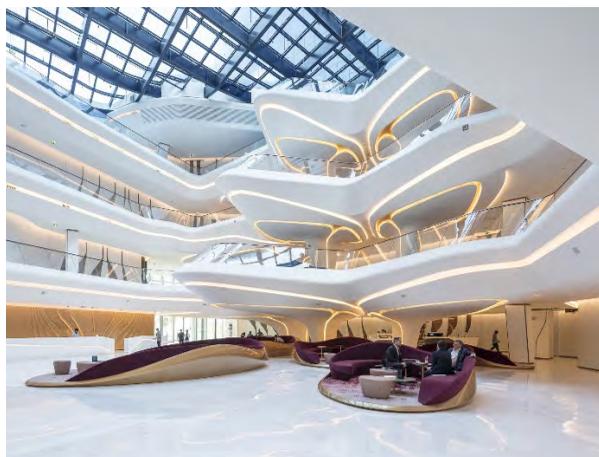


Рис. 3. Комплекс The Opus, Дубаи, ОАЭ, площадь 84 345 м², 2020 г.

процессов в крупных торговых центрах, а также в комплексах зданий аэропортов и железнодорожных вокзалов.

Одной из уникальных отличительных особенностей атриумов и их основной функцией является организация естественного освещения. Проблема естественного освещения возникает в зданиях с широким корпусом и сложной планировочной структурой. К таким зданиям относятся: небоскребы, крупные офисно-деловые центры, торговые центры, здания многофункциональных высокоурбанизированных транспортно-пересадочных узлов. Объемно-пространственные структуры подобных объектов должны содержать возможность организации естественного освещения как снаружи здания, так и изнутри. Композиционная универсальность атриумов дает возможность включать их в состав зданий любой сложности, а возможность перекрывать обширные открытые пространства обеспечивает проникновение солнечного света в помещения.

Современная многофункциональная архитектура общественных зданий позволяет создавать крупнейшие узловые объекты, способные обеспечивать протекание множества взаимодополняющих процессов. Высокоурбанизированные комплексы зданий и сооружений активно используют подземное пространство, включают в свой состав объекты транспортной инфраструктуры, наземные части зданий могут иметь большое количество этажей (рис. 4) [8]. Современные здания и комплексы зданий могут представлять собой объекты «Город в городе», что влечет за собой комплекс проблем создания коммуникационной проницаемости, понимания планировочной структуры или легкости пространственной ориентации посетителей, создания знаковых пространственно-планировочных ориентиров (рис. 5) [9]. Сложные

пространственно-планировочные схемы зданий вызывают затруднения в понимании их функциональной структуры и уменьшают психологический комфорт.

Создание узловых крупных атриумных пространств в структуре зданий формирует центры притяжений, обладающие способностью обеспечивать пространственную ориентацию посетителей. Большая высота атриума создает возможность размещения информации о функциональных зонах по направлению движения на комфортной для всеобщего обозрения высоте.

Актуальной проблемой современной архитектуры является необходимость организации рекреационных зон внутри здания. Подобные зоны располагаются в зданиях с разной функциональной ориентацией и наделяются функцией коммуницирования. В офисных зданиях в процессе отдыха и общения сотрудники из разных отделов имеют возможность обмениваться идеями, что приводит к междисциплинарным связям и стимулирует рост креативных идей и разработок. Эффективным решением является размещение вышеуказанных зон для общения и отдыха внутри атриумных пространств. Атриумные пространства обладают большой площадью, необходимой для организации мест питания и размещения необходимого оборудования для отдыха. Верхнее естественное освещение и большое разнообразие вариантов комбинаторики боковых остекленных пространств обеспечивают визуальную связь с окружающей средой, что способствует эффективному отдыху и расслаблению.

Одной из важных психологических составляющих при строительстве высотных зданий является нахождение человека в замкнутом пространстве на большой высоте. Самые высокие здания на планете достигают высоты



Рис. 4. Многофункциональный жилой комплекс The Cube, Бирмингем, Великобритания, площадь 4200 м², 2010 г.

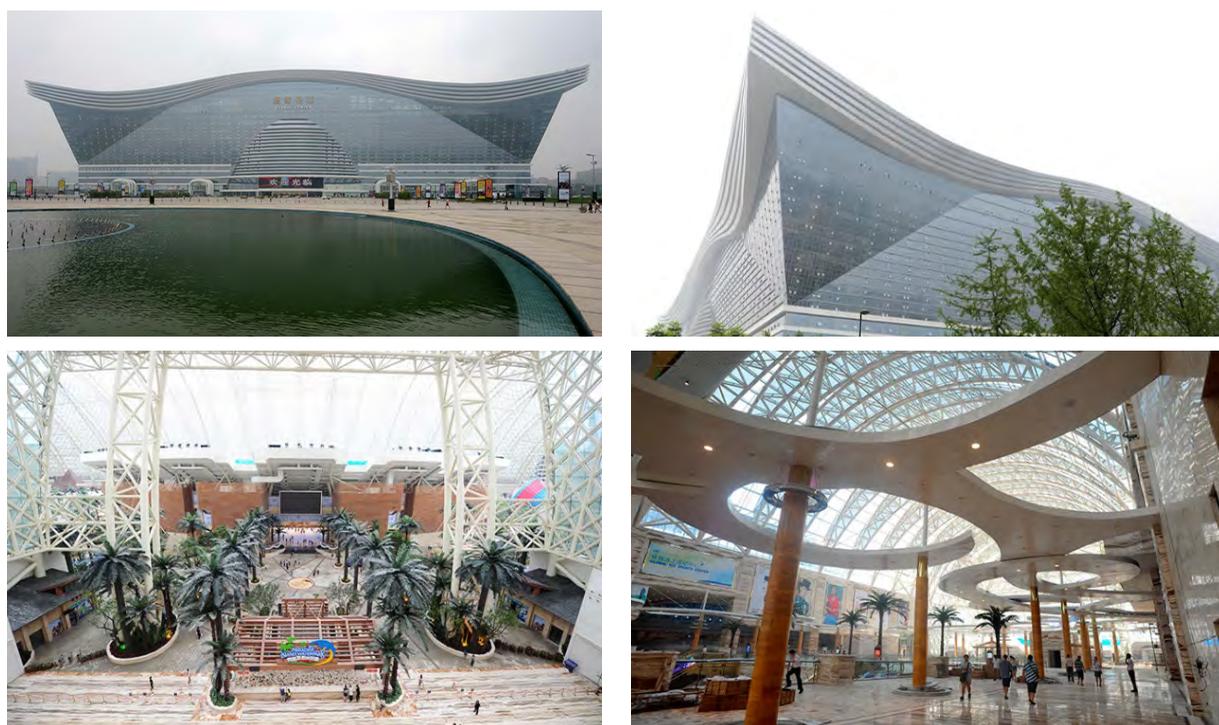


Рис. 5. Многофункциональное здание – Глобальный центр «Новый век», г. Чэнду, Китай, площадь 1,76 млн м², 2013 г.

от 500 до 800 м. В настоящее время готовятся проекты зданий свыше 1000 м в высоту. Нахождение на такой высоте вызывает определенное психологическое напряжение. В виде

эмоциональной разгрузки могут служить группы атриумных пространств, создающие внутри здания на разных уровнях зоны небольшой высоты.

Таким образом, атриумные пространства являются важным фактором создания психологического комфорта.

Создание и регулирование микроклимата в зданиях является одной из основных задач для проектировщиков. Атриумные пространства становятся эффективными элементами организации микроклимата в высокоурбанизированных многофункциональных зданиях.

Большие воздушные пространства, создаваемые атриумами, улучшают воздухообмен со смежными помещениями.

Многие атриумы проектируются с возможностью организации естественного проветривания, что создает предпосылки для экономии электроэнергии, которая тратится на принудительную вентиляцию.

Пространство атриума перекрыто, что создает возможность иметь большее освещаемое пространство с регулируемым микроклиматом. Большое количество естественного освещения благотворно влияет на органы зрения и в свою очередь дает возможность экономить энергетические ресурсы.

Современные энергосберегающие здания имеют системы циркуляции, нагрева и охлаждения воздуха, сбора дождевой воды, солнечные батареи. Атриумные пространства являются носителями подобных систем.

Атриумные пространства и сеть перекрытых пешеходных переходов являются незаменимыми средствами создания коммуникационной системы с регулируемым микроклиматом в регионах с высокими или низкими температурами.

Вывод. Многофункциональность атриумных пространств продиктована вызовами, стоящими перед современной архитектурой. Эффективность атриума как важнейшего элемента высокоурбанизированных многофункциональных зданий подтверждается частым включением его в планировочную структуру. Изучение факторов развития архитектуры атриумных пространств является актуальной задачей проектировщиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Всеобщая история архитектуры. Архитектура античного мира (Греция и Рим). М.: Стройиздат, 1973. Т. 2. 710 с.
2. Всеобщая история архитектуры. Архитектура Западной Европы. Средние века. М.: Стройиздат, 1966. Т. 4. 693 с.
3. Овсянникова Е.Б. Архитектурная типология. М.: ТАТЛИН, 2015. 127 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://archspeech.com/article/>

[knigaarhitekturnayatipologiya](http://archspeech.com/article/) (дата обращения: 23.11.2021).

4. Шевченко Л.П. Архитектура атриумных пространств крупных общественных зданий: монография. Ростов-н/Д: Южный федеральный университет, 2011. 76 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46920.html> (дата обращения: 23.11.2021).

5. Саксон Р. Атриумные здания / пер. с англ. М.: Стройиздат, 1987. 135 с.

6. Гордина Е.Ж. Атриумные пространства в высотных зданиях. Этапы развития // Архитектон: известия вузов. 2009. № 28 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://archvuz.ru> (дата обращения: 25.04.2019).

7. Земов Д.В. Формирование архитектурной среды атриумных пространств общественно-торговых и деловых центров средствами мобильных компонентов: дис. ... канд. арх.: 18.00.01. Екатеринбург, 2006. 147 с.

8. ArchDaily, 2020 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.archdaily.com/> (дата обращения: 8.10.2020).

9. Wikipedia, 2021 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения: 15.06.2021).

10. Shopping streets as an instrument of architectural and design formation of consumer and investment attractiveness of functional-planning structure of city / Karakova T.V., Kolesnikov S.A., Radulova J.I., Vorontsova Y.S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Samara. 2020. P. 012021. doi: 10.1088/1757-899X/775/1/012021.

11. The network patterns characteristics research as one of the factors of traffic congestion / Saprykina O.V., Akhmedova E.A., Vinogradov K.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference Interstroyemh – 2019, Kazan, Institute of Physics Publishing. 2020. P. 012053. DOI: 10.1088/1757-899X/786/1/012053.

REFERENCES

1. Vseobshchaya istoriya arhitektury. Arhitektura antichnogo mira (Greciya i Rim) [General history of architecture. Architecture of the ancient world (Greece and Rome)]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1973, Vol. 2. 710 p.
2. Vseobshchaya istoriya arhitektury. Arhitektura Zapadnoj Evropy. Srednie veka. [General history of architecture. Architecture of Western Europe. Middle Ages]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1966, Vol. 4. 693 p.
3. Ovsyannikova E.B. Arhitekturnaya tipologiya [Architectural typology]. Moscow, TATLIN Publ., 2015. 127 p. Available at: <http://archspeech.com/article/knigaarhitekturnayatipologiya> (accessed 23 November 2021).
4. Shevchenko L.P. Arhitektura atriumnyh prostranstv krupnyh obshchestvennyh zdaniy [Architecture of atrium spaces of large public buildings]. Rostov-on-Don, Southern Federal University Publ., 2011. 76 p. Available

at: <http://www.iprbookshop.ru/46920.html> (accessed 23 November 2021).

5. Saxon R. *Atriumnyye zdaniya* [Atrium buildings]. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1983. 183 p.

6. Gordina E.Zh. Atrium spaces in high-rise buildings. Stages of development. *Arhitekton: izvestija vuzov* [Jornal Architecton: university news], 2009, no. 28. (in Russian) Available at: <http://archvuz.ru> (accessed 25 April 2019).

7. Zemov D.V. *Formirovanie arhitekturnoj sredy atriumnykh prostranstv obshchestvenno-torgovykh i delovykh centrov sredstvami mobil'nykh komponentov*. Cand. Diss. [Formation of the architectural environment of atrium spaces of public-trade and business centers by means of mobile components. Cand. Diss.]. Yekaterinburg, 2006. 147 p.

8. ArchDaily (2020). Available at: <https://www.archdaily.com/> (accessed 8 October 2020).

9. Wikipedia (2021). Available at: <https://ru.wikipedia.org/> (accessed 15 June 2021).

10. Karakova T.V., Kolesnikov S.A., Radulova J.I., Vorontsova Y.S. Shopping streets as an instrument of architectural and design formation of consumer and investment attractiveness of functional-planning structure of city. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Samara. 2020. P. 012021. doi: 10.1088/1757-899X/775/1/012021

11. Saprykina O.V., Akhmedova E.A., Vinogradov K.I. The network patterns characteristics research as one of the factors of traffic congestion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference Interstroyemeh – 2019. Kazan. Institute of Physics Publishing. 2020. P. 012053. doi:10.1088/1757-899X/786/1/012053

Об авторах:

КОЛЕСНИКОВ Сергей Анатольевич

кандидат архитектуры, заведующий кафедрой архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ipers@mail.ru

KOLESNIKOV Sergey A.

PhD in Architecture, Head of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ipers@mail.ru

МЕДВЕДЕВА Наталия Юрьевна

старший преподаватель кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: g_n_y@bk.ru

MEDVEDEVA Nataliia Yu.

Senior Lecturer of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: g_n_y@bk.ru

Для цитирования: Колесников С.А., Медведева Н.Ю. Атриумные пространства высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 151–157. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.19.

For citation: Kolesnikov S.A., Medvedeva N.Yu. Atrium Spaces of Highly Urbanized Multifunctional Units of Urban Structure. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 151–157. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.19.

Е. В. ШЛИЕНКОВА
Х. В. КАЙГОРОДОВА

ПРОТОМУЗЕЙ – ИММЕРСИЯ – ПРАЗРИТЕЛЬ. ВИЗУАЛЬНАЯ ПРИРОДА ИММЕРСИВНОСТИ. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ И ЧУВСТВЕННЫЙ ОПЫТ

PROTOMUSEUM – IMMERSION – PROTO-SPECTATOR. VISUAL NATURE OF IMMERSIVITY. SPATIAL AND SENSUAL EXPERIENCE

Исследование посвящено изучению иммерсивности протомузейных и музейных сред в историческом контексте: от протоинтерфейсов (наскальные рисунки, фрески, охотные псевдо-мишени) до мета-визуализации (новые медиа и музей без стен, осязаемых объектов – трансляция нематериальных ценностей). Основу изучаемой типологии музеефицируемых сред составляют: предмузейные коллекции (Первобытное общество/ протомузей, Древний мир/ протомузей-храм/ сокровищница, Средние века/ протомузей-театр). Методологической основой исследования становится анализ стратегий организации пространства и информации, которые являются главным маркером эволюции чувственной и эпистемологической природы человека. На основании преобладающих визуальных практик выводятся понятия: протомузей *The Place*, протомузей *The Time*, протомузей *The Thing* и, соответственно, сценарии иммерсивности в этих средах: иммерсия – телесная (аутосуггестия) и умозрительная (апперцепция).

Ключевые слова: иммерсивность, протомузей, музейная среда, празритель, протоинтерфейс, мета-визуализация, предмузейные коллекции, аутосуггестия, апперцепция

В мировой культурной и медиаиндустрии разворачиваются активные эксперименты над формой и методами коммуникации с «цифровым зрителем»: иммерсивность, интерактивность, дополненная, виртуальная, расширенная, смешанная реальности, геймификация, мультиканальность – повсеместно апробируемые стратегии проектирования отношений «произведение (объект, среда окружения, образы акторов) – зритель». Преследуемая цель – вызвать ощущение «полного погружения» в смоделированную реальность, сформировать индивидуальный опыт переживания, вживания и проживания «бесшовного события» [1]. В первую очередь, такие технологии стали внедрять в цифровое пространство, при разработке веб-контента и сценариев взаимодействия с ним, чтобы нивелировать границы между ре-

The article is devoted to the study of the immersiveness of proto-museum and museum environments in a historical context: from proto-interfaces (rock paintings, frescoes, hunting pseudo-targets) to meta-visualization (new media and a museum without walls, tangible objects – broadcasting intangible values). The basis of the studied typology of museumified environments are: pre-museum collections (Primitive society / protomuseum, Ancient world / protomuseum-temple / treasury, Middle Ages / protomuseum-theatre). The methodological basis of the study is the analysis of strategies for organizing space and information, which are the main marker of the evolution of the sensual and epistemological nature of man. Based on the prevailing visual practices, the concepts are derived: The Place protomuseum, The Time protomuseum, The Thing protomuseum and, accordingly, scenarios of immersiveness in these environments: immersion – bodily (autosuggestion) and speculative (apperception).

Keywords: immersiveness, proto-museum, museum environment, spectator, proto-interface, meta-visualization, pre-museum collections, auto-suggestion, apperception

альным и виртуальным мирами, практически на физическом уровне чувствовать присутствие в цифровой среде. Затем идеей включенности зрителя в процесс активного восприятия и со-участия стали оперировать: кинематограф, театр – «immersive theatre», индустрия развлечений – шоу, выставки. Особую популярность приобрел зрелищный формат «иммерсивной постановки» – неповторяющегося мероприятия, где зритель непосредственно влияет на ход действия, получает уникальный пространственно-чувственный опыт, расширяет горизонты восприятия.

Музей – зеркало общества, которое его создает: поэтому, когда обозначилась смена парадигмы потребления на культуру участия («participatory culture») [2], наметилась также тенденция переформатирования музейной

среды (2000-2010-е гг.) [3]. Появились «digital immersive exhibition» – цифровые иммерсивные выставки «кино-на-картины» [3] с ожившими, озвученными полотнами, в которых можно буквально «раствориться»; «новое кино» [4] – пространство совместного музейного эксперимента цифровых художников и зрителей с киноиндустрией; постановки с альтернативным прочтением литературных произведений (сотрудничество музеев с театром либо автономная синтетическая форма музей-театр); «лечение искусством» [5] – своеобразные сеансы арт-терапии светом-цветом-звучком-материалом; «аттракцион искусств» – гибридная среда для «культурного шопинга» [6], где посетитель сам становится арт-объектом; стационарный музей, который презентует себя как иммерсивный [7].

Следуя за трендами, музей от объект-ориентированного/информирующего подхода переключился на клиент-ориентированный/двустороннего взаимодействия-вовлечения (бизнес-модель), который предполагает конкуренцию уже на уровне качества контента и качества коммуникации (в условиях возросших зрительских ожиданий) [2]. В этой кризисной ситуации музею-на-перепутье необходимо придерживаться баланса между статусом института социальной памяти и угрозой превращения в Диснейленд.

Иммерсивными сегодня называют огромное количество разнородных арт-практик: широкое распространение термина без четко оформленного определения самого феномена (в оригинале и в переводе) и его границ чревато тем, что технология превращается не более чем в искусный маркетинговый ход по привлечению повышенного внимания публики.

Иммерсивность (от англ. *immersive* – погружать; вовлечение), согласно наиболее устоявшейся собирательной трактовке, – технология трансформации сознания зрителя посредством возникновения у него ощущения присутствия в искусственно созданной реальности. В отношении музейных институций термин на данный момент не применяется (за исключением временных проектов). Условно можно выделить два ключевых направления исследования явления, которые можно соотнести с опытом музейного проектирования: технологическое и психофизиологическое.

Феномен погружения и технические приемы визуализации в проектировании вовлекающего окружения, уровни погружения подробно исследованы в работах лудологов – разработчиков видеоигр (Г. Кальеха, Э. Адамс), театральных теоретиков и практиков (Дж. Мэчон, Р. Биггин). Коммуникативные технологии внутри иммерсивных сред – сценография и монтаж,

драматургия игрового маршрута, режиссирование опыта, световой дизайн, аудиовизуальные эффекты, компьютерный моделинг – рассмотрены сторонниками ухода от линейного построения экспозиций к образно-сюжетному (П. Ариезо, Л. Катальдо, практики музейного сторителлинга – международная компания CHES). Визуальные стратегии медиапроектов (в т.ч. иммерсивных и интерактивных) рассматривают кураторы, философы, специалисты в области медиаискусств (Б. Массуми, Э. Гудман, Р. Клушински). Реакции и поведенческие паттерны, мотивация вовлечения аудитории, требования к содержанию контента фиксируются в аналитических обзорах цифровых музейных сред (С. Фантони, Р. Штейн, Г. Боуман). Чувство присутствия, вживания, осознания границы между реальным и виртуальным пространствами, степени иммерсивности среды, опасности «информационного загрязнения» – предмет изучения когнитивной психологии (Н.В. Авербух, Р. Роджерс). Вопрос важности формирования индивидуального опыта посещения, целостной сенсорной картины, актуальных визуальных практик поднимают В. Вундт, Р. Арнхейм.

Авторы статьи имеют практический опыт реализации иммерсивной аудиоэкспозиции [8, 9], что позволяет выйти на новый уровень исследования феномена «иммерсивность» с опорой на полученный в ходе работы уникальный постпроектный анализ, попытку работы с генной памятью локального сообщества, многослойные приемы сценографии и интерпретации в пространстве музея. Наш следующий шаг связан с изучением эволюции протомузейных и музейных сред [10-12], уточнением определения феномена «иммерсивность», выявлением глубинных идеологических и технологических аспектов явления. Так как сегодня под сомнение ставится объективность рассмотрения истории посредством универсальных категорий (таких как: художественное течение, жанр, медиум), мы поддерживаем новое направление исследований – анализ стратегий организации пространства и информации. Метод предполагает, что именно принцип пространственной организации является главным маркером эволюции чувственной и эпистемологической природы человека, отражением которой является представленное разнообразие сред.

Анализируя организацию пространства с помощью технологий иммерсивности, необходимо, по мнению О. Дерюгиной, разделить понятия «иммерсивность» и «интерактивность» (как один из инструментов, но не синоним), которые обычно идут в тесной связке: тогда можно рассматривать, как «интерфейс» (от помпейских фресок

до новых медиа) воздействует на когнитивные механизмы (ощущение погружения, вовлечения/ дистанцирования, контроля/ дезориентации, наблюдения/обладания) и степень их проявления, на процессы чувствования и познавательную активность зрителя [1]. Специфика музейного пространства предполагает также подключение к аналитической базе исследования ключевых позиций музееведения: вышеобозначенный подход реализуется пионером теории музеальности З. Странским, который, вопреки общепринятым взглядам на музей как «новоевропейский феномен» (А. Мальро), обозначил особую онтологическую «музейную потребность» человеческой природы и предложил считать отправной точкой эволюции музейной среды палеолитическую эпоху [13]. Основу изучаемой типологии музефицируемых сред составляют: предмузейные коллекции (Первобытное общество/ протомузей, Древний мир/ протомузей-храм/ сокровищница, Средние века/ протомузей-театр), музей как институт (Раннее Новое время/ храм науки и искусства/ музей-лаборатория/ образовательный центр, Новое время/ классический музей), музей-на-перепутьи (Новейшее время/ музей-театр, музей без стен, виртуальный музей и т. д.) [14].

Инструментарий, с помощью которого программируется вовлечение (ментальное и физическое), зависит от идеологических предпосылок создания среды – поэтому изучать эволюцию иммерсивных сред следует именно с позиций стратегий их использования. Сложность определения границ понятия связана с необходимостью соблюдения баланса между «формой» (среды) и «процессом» (построения среды; происходящим в среде) [1]. Иммерсивная среда – среда, вовлекающая субъект «внутри» своего содержания.

Протомузей – иммерсия – празритель

Музей как знаковый социальный институт функционирует уже два тысячелетия (от протомузея до современных технологий и музейного дизайна). Общепринятая теория музеологии к первым предмузейным коллекциям причисляет: опыты палеолитического собирательства, трофейного коллекционирования Древнего мира (музей-сокровищница), культового экспонирования Средних веков (музей-храм). Согласно теории музеальности, выдвинутой З. Странским, протомузейные опыты – следствие особой онтологической «музейной потребности» человека как вида [13]. Как правило, такие действия носили культовый характер (погребальные процессии, массовые торжества) и были частной инициативой (предста-

вителей знати – как показатель особого статуса, символ власти).

Пространственные опыты с протоиммерсивными средами – соединение трех визуальных констант: места, вещи, времени. По мере накопления и трансформации насмотренности человека совершенствуются механизмы воспроизведения этих образов, смещаются акценты, подключаются новые контексты. Новые формулы пространства задают функциональные изменения роли зрителя – в диапазоне пассивного-активного включения (бездействие, действие, взаимодействие):

Ф1 = (место + время + вещь) + субъект + действие = иммерсия телесная;

Ф2 = (место + время + вещь) + субъект + наблюдение = иммерсия умозрительная;

Ф3 = (место + время + вещь) + (субъект + действие) + (субъект + наблюдение) = иммерсия стратегическая.

В данном разделе эти формулы пространственно-чувственного опыта рассмотрены на примере протомузейных практик: от мифоритуального действия первобытности к первым литургическим, сценическим экспериментам Древнего мира.

Протомузей *The Place*: повседневность сакрального

Процессы формирования отношения человека к предметному миру и зримой реальности складывались еще на стадии палеолита (2,6 млн. лет назад – первобытная и ранняя стадии аграрной эпохи): образцы техники и технологических процессов сохранялись кочевниками как наглядный пример, в целях выживания общин. Долгое время считалось, что о зарождении музея на этом этапе говорить невозможно, однако последние исследования подтвердили тот факт, что существовала особая ниша коллекционируемых предметов – не используемых в практических целях, а скорее, сакрального назначения (датируются от 40-50 тыс. до 400-500 тыс. лет на территории Франции, до 2 млн. лет в Восточной Африке) [14]. Так родился *протомузейный предмет* – первый визуально-тактильный способ выражения и трансляции знаний и эмоций по поводу окружающего мира.

В связи с переходом к оседлому образу жизни выделилась и особая категория пространства – *место получения сакрального опыта*: это пещера вождя (хранящая особо ценные артефакты – орудия, боевые трофеи) и площадки мифоритуального действия (например для охотных обрядов). С этого момента изменились отношения человека и среды: к «своему» пространству стал применяться накопленный визуальный

опыт кочевника, оно обрело вес как проекция духовного мира, как союзник и одухотворенный участник повседневного бытования.

Первые иммерсивные среды – следствие тонкого мифологического сознания древнего человека, для которого деление на сакральное и повседневное было условно и не принципиально. Это синтетические формы посредничества между мирами, способ визуализации процесса общения со сверхъестественными силами (разыгрывание сцен сотворения мира), проработки бытовых ситуаций (например обряд уничтожения изображения животного, на которое планируется охотиться, – в целях программирования победы). *Протоинтерфейсами* стали первые наскальные росписи, малые скульптурные формы (палеолитические веныры) и т. д. Визуальные образы (место, атрибутика, внешний вид участников) прорабатывались тщательно, поскольку призваны были настроить на особое состояние еще до самого ритуального действия (М. Мосс).

Главным триггером протоиммерсивности являлось непосредственное активное физическое присутствие человека в среде: сформировалась иммерсия телесная, когда тактильное взаимодействие с объектом или средой обеспечивает метафизический опыт погружения в параллельную сверхреальность (мифа, божественного). Эффекты, усиливающие степень

воздействия визуального: аудио (любое тонально-ритмическое звукоизвлечение; корпорамузыка – постукивание в ладоши, топот), коллективный танец (повторяющиеся ритмичные телодвижения), театр (постановочное имитационное действие). Посредником, режиссером выступал шаман/жрец. Телесная иммерсия предполагает погружение в сферу сакрального буквально на уровне физического восприятия (*аутосуггестия*): ощущения положений тела в пространстве, ощущения плавности/ускорения времени, своего единства с родом, растворения в коллективе, приобщения к Предку (проигрывание его действий). Время при этом еще не фиксируется, а буквально проживается.

Целью создания таких пространств было социально-воспитательное воздействие на коллектив: приобщение отдельного человека к родовому коллективу, формирование массового сознания, сплочение рода вокруг идеи общего Предка (презентация горизонтальных властных связей) – необходимое условие безопасности сообщества. Однако инструментально – это не только имитация, но и интерпретация (сюжетов сотворения мира, сцены охоты), что близко современной трактовке творческих практик. Синтетическое действо первобытности не утратило своего влияния на человеческое сознание до сих пор, поскольку абстрактность ритуала компенсируется физическим прочувствованием сюжета (рис. 1).

п р о т о



Рис. 1. Протомузей *The Place – The Time – The Thing*

Протомузей The Time: сакральное и повседневное

Появление письменности и развитие литературы (древние шумеры, аккадцы, египтяне, греки) в Древнем мире (3000 г. до н.э. – 476 г. н.э.: эллинизм, Древний Рим, античность/VIII в. до н.э. – VI в. н.э.) явило человечеству новые формы фиксации сакрального опыта, но уже посредством знаков, слов. Более ясно оформилась следующая протомузейная история – «музей-сокровищница» [14]: появились дворцовые собрания редкостей, предметов искусства, ритуальных объектов, принадлежащих знати, специальные залы в отдельных зданиях (храмы Древней Греции, пирамиды Древнего Египта) для демонстрации символов культа и военных трофеев – презентация воинской доблести, статуса правителя. Произошел сдвиг от культа Рода к культу Героя: образно-сюжетное творчество теперь акцентировало внимание на отдельной личности, воспевало подвиги, мудрость. Этот период отмечен возникновением более близких прототипов музея: музей-театр (Древняя Греция – первый профессиональный театр; выделение драматургов, ведущих действие, в отдельный вид занятости; народный театр – вилла мистерий в Помпеях, изобразительные характеристики пространства которой исследует О. Грау [15]), и музей-храм.

Протоинтерфейсы (монументальные росписи, иллюстрирующие библейские сцены, сценические декорации) проводят четкую границу между обыденным и сакральным. Погружение осуществляется в определенные и ограниченные временные промежутки – среда становится местом эпизодического сакрального опыта, сложного обрядового действия, проводник в котором – служитель. Визуальные образы были не просто иллюстрацией религиозных догматов, но и предзаданной интерпретацией. Пространство храма организовывали как открытую книгу: фрески, мозаики, скульптура, живопись, витражи, графика, орнаментальные символы – выстраивались в цельную историю. Хранимые и демонстрируемые вещи стали символами: они включались в действие как визуализации идеологических и дидактических ценностей. Родилась литургическая драма, которая подключала для дополнительной наглядности и ясности элементы театрализации – речь, пение, облачения, траектории движения, паузы (сохранились рекомендации епископа Эстельвальда, подробно описывающего в этом ключе момент выноса Плащаницы) [16–18]. Позднее это привело к отделению от мессы моралиты и мистерии как самостоятельных театральных форм (вилла мистерий в Помпеях).

Иммерсия стала больше *умозрительной*, чем телесной, так как основное население – неграмотные – превалировали визуальные и аудиообразы (архитектура, психоакустика, светомузыка, аромадизайн, монументальная и книжная графика, скульптура), танец осуждался как проявление языческого. Иммерсивное погружение осуществлялось за счет ярко выраженного свойства апперцепции – базовой способности человеческой психики воспринимать проявления окружающего мира через призму уже сложившихся (предзаданных) представлений о нем. И театр, и литургический ритуал преследовали цели преобразования, воспитания общества – демонстрировали эталонные образцы (четкое категориальное деление добра и зла, жития), ограничивали свободную интерпретацию, являли образ единства. Иммерсивность стала инструментом императивной силы: индивидуальной трансформации, воспитательного социального воздействия на отдельного человека (см. рис. 1).

Протомузей The Thing: сакральность повседневного

В эпоху Просвещения (XVII–XVIII вв.) музей окончательно оформился как публичный институт: появились «музеи-лаборатории», учебные музеи (кунсткамеры) [14], пропагандирующие опытное, экспериментальное освоение мира (воспевались технические достижения, личности изобретателей). Музей стал более приближен по оформлению к тому, как мы привыкли его воспринимать: стали печатать каталоги, путеводители, систематизировать коллекции и информацию в логически выстроенную композицию. Великая французская революция способствовала становлению музея классического типа, выделению отдельного специального здания: большее внимание стали уделять архитектурной подаче. Заглавный статус личности ученого по отношению к экспозиции выражался в том, что музейный предмет ценился исключительно как иллюстрация авторского метода, наглядный показатель протестантских добродетелей своего создателя. Музей воспринимался как машина научно-производства, как отдельный феномен не рассматривался. Иммерсивное погружение, возможно, имело место, если к процессу ознакомления с коллекцией подключалась харизма автора. Однако стремление материализовать транслируемые ценности привело к тому, что коллекцию стали воспринимать как потенциальную инвестицию в капиталы владельца. Визуальное оформление экспозиции сводилось к минимуму: в приоритете была научная точность,

конкретные образы, филигранное воспроизведение. Образы в первую очередь должны быть реалистичными в педагогических целях. Сложные научные понятия, формальный язык науки практически нерепрезентативны для широкой аудитории, но многозначность визуальных ме-

тафор могла упростить и сфальсифицировать подачу, поэтому от такого перевода языков на данном этапе предпочитали отказываться – подробный анализ научной визуальности приведен в работе Л. Дастон и П. Галисона «Объективность» (рис. 2).

Музей – иммерсивность – зритель

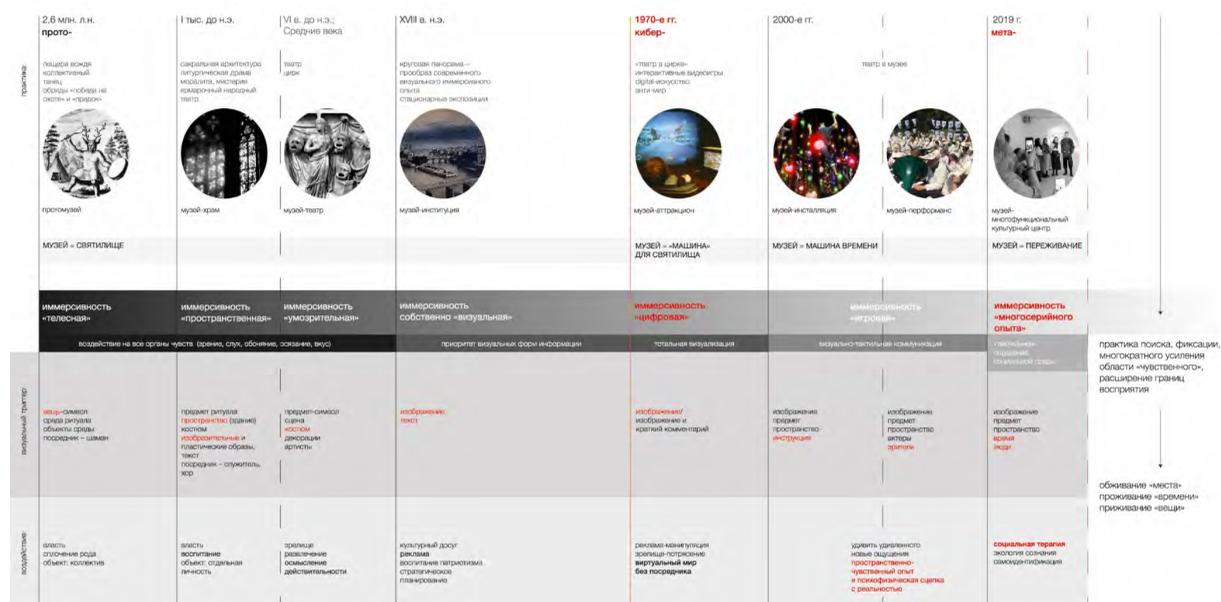


Рис. 2. Эволюционная схема «музей – иммерсивность – зритель»

Вывод. Иммерсия – базовый способ человеческого мировосприятия, ведущий отсчет от первых опытов визуализации искусственного окружения (протоинтерфейсы: наскальные рисунки, фрески, книжная графика и т. д.), фиксирующих зарождение отношений «телесность – взгляд – власть». Успех первых иммерсивных сред зависел от индивидуальной предрасположенности сознания к накоплению и переосмыслению чувственного опыта, в настоящее время – это более точный инструмент перезагрузки сознания, расширения его потенциала. Изучение феномена иммерсивности формирует новый взгляд на проблему роли человека в мире высоких технологий, границ между пространственным, сенсорным и визуальным восприятием. Первичной целью создания иммерсивных сред было программирование особых состояний зрителя, погружения его в некую атмосферу (опыт постижения сверхъестественного). С развитием иммерсивного инструментария оформляются два противоположных направления проектирования, эксплуатирующих

эту идеологию: антропоцентричный и аутопоэтический. Первый направлен на расширение пространственно-чувственного опыта человека, в крайнем проявлении – киборгизацию. Второй разрабатывает автономные системы, базирующиеся на приоритете «машинной чувственности» [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дерюгина О. Иммерсивные и интерактивные среды // Центр экспериментальной музеологии [Электронный ресурс] Режим доступа: redmuseum.church/deryugina-environments (дата обращения: 08.12.2019).
2. Музей в цифровую эпоху: Перезагрузка [Электронное издание] Режим доступа: mmbook-hse.ru/books/27/about/ (дата обращения: 29.06.2020).
3. Бысько М.В., Чернышов А.В. Цифровая иммерсивная выставка // Медиамузыка [Электронный ресурс] Режим доступа: http://mediamusic-journal.com/archive/news.html (дата обращения: 17.06.2020).
4. Музей искусств Whitney [Электронный ресурс] Режим доступа: https://whitney.org/exhibitions (дата обращения: 17.06.2020).

5. Центр современного искусства МАРС [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://centermars.ru/projects/resetexhibition/> (дата обращения: 17.06.2020)
6. Центр иммерсивного искусства Utopio.Art [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.utopio.art/> (дата обращения: 28.06.2020).
7. Музей цифрового искусства в Токио [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://borderless.teamlab.art/> (дата обращения: 17.06.2020).
8. Шлиенкова Е.В., Кайгородова Х.В. Иммерсивная аудиоэкспозиция и ее визуальный контент как актуализация принципов музейного проектирования // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 3. С. 114–122. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.15.
9. Shlienkov E., Yuminov A., Yuminova O. Co-participation, Synchronization, and Improvisation. Phenomenon of Sep Community and its Humanitarian Practices // XVII International Forum “Le Vie dei Mercanti”. World Heritage and Legacy. Culture. Creativity. Contamination. Roma. Proceedings-Gangemi Editore SpA. 2019. P.1191–1200.
10. Грицкевич В.П. История музейного дела до конца XVIII в. Изд. 2-е, испр. и доп. СПб.: СПбГУКИ, 2004. 408 с.
11. Юренева Т.Ю. Музеи мира: история и коллекции, шедевры и раритеты. М.: Эксмо, 2011. 544 с.
12. Жиллаев А. Авангардная музеология. М.: V-A-C press, 2015. 510 с.
13. Странский З. Понимание музееведения // Музееведение. Музеи мира: сб. науч. тр. М.: НИИ культуры, 1991. С. 92–135.
14. Шербина А.В. Музейное проектирование. Тольятти: ТГУ, 2011. 68 с.
15. Грау О. Виртуальное искусство: от Иллюзии до Погружения. Mitt-Press, 2003. 430 с.
16. Калугина Т.П. Художественная экспозиция как феномен культуры // Музей: Художественные собрания СССР. М., 1988. Вып. 9.
17. Каулен М.Е. Музей или храм? // Музееведение. На пути к музею XXI в.: музейная экспозиция. М., 1996. С. 87.
18. Флоренский П.А. Храмовое действо как синтез искусств // Иконостас: избр. Тр. по искусству. СПб., 1993.
4. Whitney Museum of Art. Available at: <https://whitney.org/exhibitions> (accessed 17 June 2020).
5. MARS Center for Contemporary Art. Available at: <https://centermars.ru/projects/resetexhibition/> (accessed 17 June 2020).
6. Utopio.Art Immersive Arts Center. Available at: <https://www.utopio.art/> (accessed 28 June 2020).
7. Digital Art Museum in Tokyo. Available at: <https://borderless.teamlab.art/> (accessed 17 June 2020).
8. Shlienkov E.V., Kaygorodova Kh.V. Immersive Audio Exposition and its Visual Content as Actualization of Museum Design Principles. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 114–122. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.15
9. Shlienkov E., Yuminov A., Yuminova O. Co-participation, Synchronization, and Improvisation. Phenomenon of Sep Community and its Humanitarian Practices. XVII International Forum “Le Vie dei Mercanti”. World Heritage and Legacy. Culture. Creativity. Contamination. Roma. Proceedings-Gangemi Editore SpA. 2019. P.1191–1200.
10. Grickevich V.P. *Istorija muzejnogo dela do konca XVIII v. Izd. 2-e, ispr. i dop.* [History of museum business until the end of the XVIII century. Ed. 2nd, corrected and supplemented]. St. Petersburg, SPbGUKI, 2004. 408 p.
11. Jureneva T.Ju. *Muzei mira: istorija i kolekcii, shedevry i raritety* [Museums of the world: history and collections, masterpieces and rarities]. Moscow, Eksmo, 2011. 544 p.
12. Zhiljaev A. *Avangardnaja muzeologija* [Avant-garde museology]. Moscow, V-A-C press, 2015. 510 p.
13. Stransky Z. Understanding Museology. *Muzeevedenie. Muzei mira: sb. nauch. tr.* [Museology. Museums of the world: Sat. scientific. tr.]. Moscow, 1991, pp. 92–135. (In Russian).
14. Shherbina A.V. *Muzejnoe proektirovanie* [Museum Design]. Togliatti, TSU, 2011. 68 p.
15. Grau O. *Virtual'noe iskusstvo: ot Illjuzii do Pogru-zhenija* [Virtual Art: From Illusion to Immersion]. Mitt-Press, 2003. 430 p.
16. Kalugina TP Art exposition as a cultural phenomenon. *Muzej: Hudozhestvennye sobranija SSSR* [Museum: Art Collections of the USSR], Moscow, 1988, Iss. 9. (in Russian)
17. Kaulen M.E. Museum or temple? *Muzeevedenie. Na puti k muzeju XXI v.: muzejnaja jekspozicija* [Museology. On the way to the museum of the XXI century: museum exposition], Moscow, 1996, P.87. (in Russian)
18. Florence P.A. Temple action as a synthesis of the arts. *Ikonostas: izbr. Tr. po iskusstvu* [Iconostasis: elector. Tr. on art], St. Petersburg, 1993. (in Russian)

REFERENCES

1. Deryugina O. Immersive and interactive environments. *Centr jeksperimental'noj muzeologii* [Center for Experimental Museology]. Available at: <http://redmuseum.church/deryugina-environments> (accessed 8 December 2019).
2. Museum in the Digital Age: Reboot. Available at: <http://mmbook-hse.ru/books/27/about/> (accessed 29 June 2020).
3. Bysko M.V., Chernyshov A.V. Digital immersive exhibition. *Mediamuzyka* [Media music]. Available at: <http://mediamusic-journal.com/archive/news.html> (accessed 17 June 2020).

Об авторах:

ШЛИЕНКОВА Елена Викторовна

кандидат философских наук, доцент,
советник ректора
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского
603022, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
E-mail: shlienкова@smrgaki.ru

SHLIENKOVA Elena V.

PhD in Philosophy, Associate Professor, Rectors Adviser
Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod
603022, Russia, Nizhny Novgorod, Gagarina av., 23
E-mail: el.shlienкова@gmail.com

КАЙГОРОДОВА Христина Владимировна

магистр кафедры инновационного проектирования
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kayhv@mail.ru

KAYGORODOVA Khristina V.

Master's Degree Student of the Innovative Design Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kayhv@mail.ru

Для цитирования: Шлиенкова Е.В., Кайгородова Х.В. Протомузей – иммерсия – празритель. Визуальная природа иммерсивности. Пространственный и чувственный опыт // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 158–165. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.20.

For citation: Shlienкова E.V., Kaygorodova Kh.V. Protomuseum – Immersion – Proto-Spectactor. Visual Nature of Immersivity. Spatial and Sensual Experience. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 158–165. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.20.



М. И. РЫНКОВСКАЯ
Е. Д. ЦУРИН

ПРОЦЕСС АДАПТАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНЦЕПЦИЙ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ

PROCESS OF ADAPTING INTERNATIONAL CONCEPTS
OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION IN RUSSIA

Рассмотрен процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России. Произведен обзор «зеленых» стандартов и экологического подхода к проектированию в рамках российской строительной сферы. Проведен сравнительный анализ российского и зарубежного программного обеспечения на примере Renga, ModelStudioCS и Revit в контексте решения задач по устойчивому проектированию. Была выявлена начальная опытная стадия адаптации экологического строительства в России и приведена связь между нормативно-правовыми документами, региональными условиями применения «зеленых» решений в строительстве и возможностями российских программных комплексов. Сравнительный анализ показал низкую готовность российских программ автоматизированного проектирования к решению конкретных задач анализа энергетической эффективности зданий, освещения, акустики и отходов строительства.

This article discusses the process of adapting international concepts of sustainable construction in Russia. A review of “green” standards and an ecological approach to design within the framework of the Russian construction industry has been made. A comparative analysis of Russian and foreign software was made using the example of Renga, ModelStudioCS and Revit in the context of solving problems of sustainable design. The initial experimental stage of adaptation of ecological construction in Russia was identified and the relationship between legal documents, regional conditions for the use of “green” solutions in construction and the capabilities of Russian software systems was given. A comparative analysis showed the low readiness of Russian computer-aided design programs to solve specific problems of analyzing the energy efficiency of buildings, lighting, acoustics and construction waste.

Ключевые слова: устойчивое строительство, стандарты устойчивого проектирования, «зеленое» строительство, городская среда, информационные технологии в строительстве

Keywords: sustainable construction, sustainable design standards, green building, urban environment, information technology

Введение

15 ноября 2022 г. Фонд ООН в области народонаселения зафиксировал переход численности населения нашей планеты за 8 млрд человек, причем ООН прогнозирует, что следующий рубеж в 9 млрд будет достигнут к 2037 г. [1]. Такой демографический темп прироста населения напрямую сказывается на экологии

нашей планеты, поэтому международное сообщество в сфере экологии, начиная со Стокгольмской конференции ООН 1972 г., на которой была впервые поднята проблема защиты окружающего мира на глобальном уровне, постоянно разрабатывает и совершенствует требования к охране окружающей среды. Причем в 1972 г. население Земли составляло только 3,8 млрд человек [2], что в два раза меньше нынешних показателей.

Нас становится все больше, откуда возникает вопрос осознанного и современного подхода к среде обитания, иными словами, устойчивого развития нашего общества. Оригинальный англоязычный термин *sustainable development* (устойчивое развитие) был определен в 1987 г. Комиссией Брунтланн при ООН: «устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет требованиям настоящего и не подвергает риску возможность будущих поколений удовлетворять свои нужды» [3]. То есть во многом речь идет об обеспечении качества жизни людей как нашего поколения, так и будущего.

В это же время по результатам исследования *Carbon Brief* [4] за 2021 г. Россия входит в первую тройку главных «загрязнителей» планеты, уступая США и Китаю первое и второе место соответственно. В 2015 г. было разработано Парижское соглашение, целью которого является регулировка мер по снижению выбрасываемого в атмосферу количества углекислого газа, а в 2019 г. Россия ратифицировала это соглашение. Это означает, что на данный момент проект снижения эмиссии углекислого газа и других вредных испарений в России имеет юридическую силу, что позволяет регулировать и отслеживать уровень загрязнения окружающей среды [3].

Из термина «устойчивое развитие» произошло понятие «устойчивого строительства» (объект нашего исследования), так как одним из существенных факторов загрязнения окружающей среды является строительная сфера. Но процесс адаптации устойчивого строительства зачастую зависит от региона строительства [5]. Так, контекст региональных, политических и экономических условий не всегда позволяет применять одни и те же архитектурно-инженерные решения, которые были разработаны по принципам «зеленого» строительства.

В связи со сказанным предмет нашего исследования – это вопрос адаптации международных принципов и идей устойчивого строительства в рамках российской строительной сферы. Безусловно, серьезный подход к устойчивому развитию положительно скажется на уровне нашей жизни и экологии России, что подчеркивает актуальность исследований данного вопроса.

1. Нормативно-правовые документы и экологические стандарты в процессе адаптации

Ведущими международными стандартами, регулирующими устойчивое развитие в строительстве, являются: американский стандарт LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design* / Руководство по энергоэффективному

и экологическому проектированию) [6] и британский стандарт BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method* / Метод экологической оценки эффективности зданий) [7]. Данные нормы по своей структуре являются добровольными, но использование которых поддерживается на государственном уровне других стран, что дает положительный результат применения такой сертификации устойчивого строительства. Опираясь на LEED, BREEAM и другие ведущие международные стандарты, регламентирующие устойчивое строительство, А.С. Шульц выделил 7 наиболее часто встречающихся рекомендаций по созданию устойчивой городской среды, которые в первую очередь определяют процесс адаптации [3]:

- 1) использование локальных натуральных материалов при строительстве;
- 2) снижение эксплуатационных расходов здания за счет продуманного внешнего контура;
- 3) повторная застройка бывшей в употреблении земли;
- 4) создание городских пространств, стимулирующих социальное взаимодействие;
- 5) поощрение физической активности граждан (создание пешеходной и велосипедной инфраструктуры);
- 6) формирование озелененных зон как внутри здания, так и снаружи;
- 7) обеспечение благоприятных видов изнутри здания и создание видовых точек.

Проецируя международные принципы на российскую строительную сферу, можно отметить, что возникает зависимость от географического положения объекта строительства и регионального развития субъекта РФ в вопросах экономики и технологий строительства, что приводит к сложностям при оценивании решений по абсолютной шкале.

Проблема адаптации усугубляется уровнем подготовки профессиональных кадров в области экологии и устойчивого строительства в различных субъектах РФ. Э.Р. Низамиева [8] выделяет основные сложности подготовки российских специалистов: обязательное знание английского языка на предметном уровне, отсутствие четкой методологии и описания применения «зеленых» стандартов российскими архитекторами, инженерами и проектировщиками, высокая частота актуализации международных «зеленых» стандартов и отсутствие в открытом доступе актуальных выпусков на русском языке.

Помимо этого, особенность внедрения и адаптации международных стандартов устойчивого строительства заключается еще в том,

что нормативы, на которые ссылаются российские «зеленые» стандарты (ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», 2012 г. [9]; GREEN ZOOM «Новое строительство», 2019 г. [10]; ПНСТ 352-2019 «Зеленые» стандарты», 2019 г. [11]) на данный момент не имеют единой методической основы и комплексного подхода к безопасному и экологическому проектированию согласно общемировым целям устойчивого развития. Причем если рассматривать сертификацию объектов жилой недвижимости, то оно носит больше рекомендательный характер, зачастую для увеличения конкурентоспособности жилых зданий [12].

Для решения данных вопросов при инициативе Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) был образован Технический комитет по стандартизации «Зеленые технологии среды жизнедеятельности» (ТК 366). На данный момент ТК 366 ведет активную деятельность по разработке усовершенствования действующих государственных стандартов и адаптации межгосударственных [13,14].

Самым актуальным нормативно-правовым документом на данный момент является стандарт «зеленого» строительства многоквартирных жилых домов ГОСТ Р 70346–2022 «Зеленые стандарты» [15], который разработан ДОМ.РФ совместно с Минстроем России и утвержден Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) 9 сентября 2022 г. ГОСТ Р 70346–2022 разработан с учетом опыта ведущих международных систем LEED, BREEAM, DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen / Совет устойчивого строительства Германии). Стандарт включает 81 критерий, достижение минимум 16 из которых станет обязательным для признания здания «зеленым». Стандарт вводит количественные и качественные характеристики оценки многоквартирных жилых зданий в России по «зеленым» критериям, охватывающим весь жизненный цикл строительного объекта. Формирование «зеленых» критериев оценки многоквартирных жилых зданий основано на стремлении к достижению целей устойчивого развития [15].

Для получения «зеленой» сертификации здание должно соответствовать критериям из 10 категорий оценки, включающих архитектуру и планировку участка, организацию и управление строительством, комфорт и качество внутренней среды, энергоэффективность и атмосферу, рациональное водопользование, материалы и ресурсоэффективность, отходы производства и потребления, экологическую

безопасность территории и безопасность эксплуатации здания, а также инновации устойчивого развития. По результатам оценки здания могут набрать максимум 163 балла, для получения «зеленого» сертификата нужно набрать более половины – 81 балл [16].

Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации по новому национальному стандарту начала свое действие по всей стране 1 ноября 2022 г., что в последующем поможет вывести строительную отрасль на новый уровень качества.

В целом нормативно-правовые документы напрямую регулируют процесс адаптации экологического проектирования и строительства в России, поэтому для повсеместного внедрения устойчивого строительства необходимо продолжать процесс адаптации, следить за динамикой устойчивого строительства в международной практике. Так как применение принципов устойчивого проектирования зачастую увеличивает стоимость строительства, что не всегда входит в планы российских девелоперов, особенно в сегменте жилой недвижимости, где приоритет поставлен на количественные показатели, то еще одним важным фактором является поддержка таких решений на государственном уровне.

Утверждение национального стандарта «Зеленые стандарты» 9 сентября 2022 г. является своевременным и важным документом по адаптации экологического проектирования в России, а хорошим примером стимуляции застройщиков является проект «зеленой» ипотеки на льготных условиях от института развития «Дом.рф» [16]. При дальнейшем развитии стандартов и аналогичных проектов по поддержанию устойчивого строительства можно ожидать повышение качества жизни людей и естественный переход на экологическое строительство.

2. Особенности применения устойчивых принципов проектирования в России

Применение международных принципов устойчивого строительства в российских реалиях стимулирует документ «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» [17], который включает в себя идеи «зеленого» строительства. Этот документ регламентирует уменьшение негативного влияния процессов урбанизации на окружающую среду, увеличение объемов энергии, произведенной с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии, увеличение доли общественного транспорта в общей

структуре транспорта, а также повышение показателей озеленения территорий населенных пунктов и многое другое [18]. Причем эволюционный путь решения проблем энергосбережения, решения проблем бытовых отходов, разумное использование природных зон на сегодняшний день являются приоритетными шагами России в направлении экологизации процессов застройки территорий и развития экономики [19].

Еще одним фактором адаптации является стоимость энергоносителей в России. Приспособление международных принципов «зеленого» строительства замедляется экономической целесообразностью введения таковых. Россия является страной экспортером нефти и газа, что обеспечивает относительно низкую цену для потребителя энергии в самой России. В таком случае использование возобновляемых источников энергии может только увеличить стоимость строительства во многих регионах и на этапе эксплуатации не приведет к существенным выгодам в силу климатических условий.

Например, при использовании солнечных панелей часто возникают трудности с одной из основных опорных точек адаптации международной «зеленой» сертификации зданий – с использованием возобновляемой энергии. Предполагается, что здания должны иметь солнечные батареи на крыше, что в России нецелесообразно, так как солнечных дней в году в среднем бывает около ста, а уровень солнечной радиации изменяется от 810 кВт·ч/м² в год в северных районах страны до 1400 в южных районах. Данный вопрос усложняется высокой ценой установки самих солнечных панелей [19].

Региональные условия и особенности каждого субъекта РФ также непосредственно влияют на сам процесс адаптации. Тем не менее оценка энергетического потенциала возобновляемых источников энергии на территории России отражает необходимость широкомасштабного трансфера технологий возобновляемых источников энергии в градостроительное и территориальное проектирование [20].

3. Оценка BIM возможностей программных комплексов для устойчивого проектирования

В России было разработано Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 о формировании и ведении информационной модели объекта капитального строительства. На основании этого постановления застройщик обязан обеспечивать формирование и ведение информационной модели объекта капитально-

го строительства в случае объекта капитального строительства, финансируемого с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации [21].

Это требование обязывает проектировщиков к использованию программ по автоматизированному проектированию в подавляющем числе случаев, что в свою очередь увеличивает производительность труда (проектирования) (рис. 1) и создает условия для разработки более устойчивых проектов [22, 23].

Теоретически технологии BIM (Building Information Model/информационная модель зданий и сооружений) и OpenBIM (Open Building Information Model/открытая информационная модель зданий и сооружений) могут позволить оценить энергетическую эффективность зданий, освещение, акустику, количество зеленых насаждений, а также могут позволить контролировать выбросы углекислого газа (CO²) и отходы строительства за счет консолидированных моделей, включающих проектные решения всех участников проекта. BIM-проектирование играет одну из существенных ролей в адаптации концепций устойчивого строительства.

При решении практических задач возникает вопрос о том, а какие возможности российские производители программного обеспечения (ПО) заложили в свои автоматизированные комплексы для проектирования устойчивых проектов строительства.

Произведем сравнительный анализ возможностей применения принципов устойчивого строительства на основе трех программ по автоматизированному проектированию: Revit (Autodesk, зарубежное ПО) [24], Renga (Renga Software, российское ПО) [25] и ModelStudioCS (CSoft, российское ПО) [26]. В качестве критериев оценки рассмотрим следующие: 1) самодостаточность ПО для решения задач устойчивого строительства; 2) поддержка технологии OpenBIM для решения задач устойчивого строительства и IFC формат; 3) ландшафтная архитектура (элементы благоустройства и озеленения); 4) энергетическое моделирование зданий; 5) моделирование освещения; 6) акустическое моделирование; 7) анализ выбросов CO²; 8) аэродинамическое моделирование зданий и кварталов; 9) анализ жизненного цикла. При полноценном удовлетворении критерия присуждаем 1 балл, частичном – 0,5 и 0 баллов при полном неудовлетворении. Результат анализа представлен в таблице.

1. *Самодостаточность программного обеспечения для решения задач устойчивого строительства.*

Данный критерий отражает самодостаточность автоматизированного комплекса, т. е. воз-



Рис. 1. Увеличение производительности труда при внедрении BIM проектирования [22]

возможность его использования для решения основных задач проектирования без другого ПО. Этот критерий является опорной точкой, так как неспособность к полноценному независимому функционированию ведет к сложностям в использовании самого комплекса, что будет проявляться в трудностях при разработке плагинов или утилит для решения задач устойчивого проектирования, в сложном интерфейсе и в излишней зависимости от совершенно другого продукта и разработчика.

Так, Revit и Renga являются независимыми программами, что значительно упрощает их использование в проектных целях, в то время как ModelStudioCS является неким расширением для 2D-проектирования на основании NanoCad (Нанософт разработка, российское ПО) [27] или AutoCad (Autodesk, зарубежное ПО) [28]. Более того, ModelStudioCS не предоставляет единого ПО для решения всех задач проектирования, а включает в себя 16 отдельных продуктов, которые только вместе образуют комплексную систему 3D-проектирования.

2. *Поддержка технологии OpenBIM и IFC формат.*

Технология OpenBIM и поддержка импорта и экспорта проекта в формате IFC (Industry Foundation Classes) является следующим важным критерием для сравнения. Унификация информационной модели (ИМ) создает возможность взаимодействия с ней в других программах, что обеспечивается посредством формата с определенной структурой и свойствами, с расширением файла в формате *.ifc. Технология OpenBIM в свою очередь – это уникальная возможность совместить различные проекты или разделы проектов в единую консолидированную модель для последующего обзора, контроля или оценки проектных решений. Такая технология способствует устойчивому проектированию, так как позволяет всем группам

специалистов работать над одним проектом в режиме реального времени.

Выбранные программы автоматизированного 3D-проектирования соответствуют поставленным критериям, так как Revit, Renga и ModelStudioCS поддерживают формат IFC и развиваются в технологии OpenBIM. Так, Renga позволяет вести совместную одновременную работу над проектом, исключая возможные коллизии или конфликтные ситуации между специалистами при внесении изменений в проект. В Revit также возможна совместная работа, а собрать воедино все модели, планы и документы в единой консолидированной модели помогает BIM360 (Autodesk, зарубежное ПО) [29]. Комплексное решение ModelStudioCS обеспечивает возможность совместной работы проектировщиков различных областей и других специалистов, а информационной системой для реализации технологии OpenBIM выступает CADLib Модель и Архив (разработчик CSoft, российское ПО) [30].

3. *Ландшафтная архитектура (элементы благоустройства и озеленения).*

В этом критерии отражена возможность формирования озелененных зон как внутри здания, так и снаружи, доступные инструменты и BIM-каталоги элементов благоустройства и озеленения.

В целом в библиотеках Revit располагается большое количество семейств, которые могут быть напрямую использованы в разработке устойчивого проекта. Из-за всемирного признания Revit в вопросах проектирования существует большое количество платформ (Revit City [31], bimlib [32], bimobject [33] и др.), на которых в открытом доступе размещают дополнительные семейства. Сравнивая Revit с Renga и ModelStudioCS в данном вопросе, становится очевидно, что BIM-каталоги Renga и ModelStudioCS ограничены

существующими моделями благоустройства и озеленения и нуждаются в пополнении.

4. Энергетическое моделирование зданий.

Под энергетическим моделированием зданий понимается возможность создания аналитической модели энергопотребления, на основе которой возможно произвести системный анализ и оптимизировать потери тепла. Такое моделирование обеспечивает проектирование пассивных зданий и объектов с пониженным потреблением энергии.

Renga и ModelStudioCS не предоставляют таких возможностей для пользователей, в то время как в Revit предусмотрена поддержка энергетического моделирования (рис. 2) через облачный сервис Autodesk Insight. Оптимизация энергопотребления осуществляется за счет определения географического положения объекта и задания параметров, используемых для создания аналитической модели энергопотребления.

5. Моделирование освещения.

В данный критерий входит поддержка проектирования систем освещения и осветительных установок (ОУ), моделирование кривой силы света (КСС), моделирование траектории Солнца (рис. 3), расчет средней предполагаемой освещенности и визуализация искусственного и естественного освещения. Перечисленные возможности важны для решения светотехнических задач по повышению эффективности использования электроэнергии и ее экономии.

Revit широко поддерживает проектирование систем освещения, создание расчета инсоля-



Рис. 2. Аналитическая модель энергопотребления в облачном сервисе Autodesk Insight (шаблон Revit)

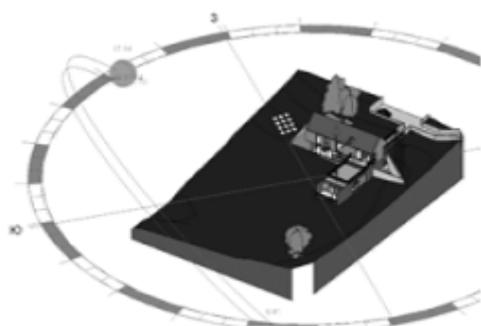


Рис. 3. Моделирование солнечной радиации в Revit (шаблон Revit)

ции и дает возможность визуализации освещения. Большим преимуществом к использованию Revit является гибкая среда визуального программирования Dynamo, которая обеспечивает мощные дополнительные возможности для BIM. Так, контекстное программирование, в частности, помогает в вопросах моделирования освещения.

Renga и ModelStudioCS поддерживают моделирование элементов освещения и включают в себя ограниченный функционал возможностей.

6. Акустическое моделирование.

Акустическое моделирование в контексте устойчивого проектирования является еще одним важным критерием. Уровень шумового загрязнения в основном создается плотным дорожным движением или железнодорожным сообщением, что следует учитывать при проектировании объектов в городской среде.

Тем не менее выбранные средства автоматизированного проектирования Revit, Renga и ModelStudioCS не поддерживают акустического моделирования. Для решения данной задачи для Revit существует сторонний плагин Werner & Balci's EXNO [34].

7. Анализ выбросов CO²

Системы автоматизированного проектирования могут позволить отслеживать выбросы углекислого газа в атмосферу, проводить комплексный анализ и способствовать оптимизации выбросов CO². Информационная составляющая BIM модели может включать в себя параметр, который будет содержать значения по вредным выбросам в атмосферу.

Представленный подход может расширить функционал Revit, Renga и ModelStudioCS в будущем, но на данный момент они не поддерживают практических моделей анализа выбросов CO² от разрабатываемого объекта строительства, за исключением дополнительного плагина Carbo Life Calculator [35] для Revit.

8. Аэродинамическое моделирование зданий и кварталов.

Аэродинамическое моделирование зданий и кварталов во многом определяет проектные и инженерные решения, а с точки зрения устойчивого строительства обеспечивает минимизацию потери тепла, рассеивание вредных выбросов CO², продуманное расположение пешеходных зон, моделирование образования снеготаносов и др.

Revit, Renga и ModelStudioCS не предоставляют возможности к аэродинамическому моделированию зданий. Отдельным продуктом Autodesk для аэродинамического моделирования зданий может служить Autodesk Simulation CFD (Autodesk, зарубежное ПО) [36], в котором возможно воссоздать точную картину воздуш-

ных потоков для решения задач устойчивого проектирования.

9. Анализ жизненного цикла.

Все вышеуказанные критерии образуют один общий – это анализ жизненного цикла здания, который помогает сформировать комплексную оценку экологической эффективности проекта. Произведение анализа полного жизненного цикла здания ведет к разработке более устойчивой продукции строительства.

Revit, Renga и ModelStudioCS не поддерживают такой анализ. Для решения данной задачи существует плагин Tally Project Life Cycle

Assessment [37] и программное обеспечение One Click LCA (One Click LCA Ltd., зарубежное ПО) [38], которые используют информацию из модели Revit.

В результате анализа по 9 критериям становится очевидно, что конкурентным преимуществом Revit в вопросах устойчивого проектирования является поддержка энергетического моделирования зданий, моделирование освещения, существующие плагины для ситуационного использования и визуальное программирование Dynamo, которое не требует знания определенного языка программирования.

Сравнительный анализ возможностей программного обеспечения

Программа	Revit	Renga	ModelStudioCS
Производитель	Autodesk (зарубежное ПО)	АСКОН (российское ПО)	Csoft (российское ПО)
1. Самодостаточность ПО	Независимая программа	Независимая программа	Работает только на графической платформе nanoCAD или AutoCAD
2. OpenBIM и IFC	Поддерживает OpenBIM и IFC	Поддерживает OpenBIM и IFC	Поддерживает OpenBIM и IFC
3. Ландшафтная архитектура	Поддерживает	Ограниченное число семейств, библиотек и платформ	Ограниченное число семейств, библиотек и платформ
4. Энергетическое моделирование зданий	Поддерживает	Отсутствует	Отсутствует
5. Моделирование освещения	Поддерживает	Поддерживает моделирование элементов освещения, ограниченный функционал	Поддерживает моделирование элементов освещения, ограниченный функционал
6. Акустическое моделирование	Отсутствует, существует плагин Werner & Balci's EXNO	Отсутствует	Отсутствует
7. Анализ выбросов CO ²	Отсутствует, существует плагин Carbo Life Calculator	Отсутствует	Отсутствует
8. Аэродинамическое моделирование зданий и кварталов	Отсутствует, существует отдельное ПО Autodesk Simulation CFD	Отсутствует	Отсутствует
9. Анализ жизненного цикла	Отсутствует, существуют дополнительные плагины Tally Project Life Cycle Assessment, One Click LCA	Отсутствует	Отсутствует
Оценка готовности	7/9	3/9	2.5/9

Результаты и выводы

Процесс адаптации устойчивого строительства в России находится на ранней опытной стадии внедрения. Важной датой для перехода от обычного строительства к устойчивому является 1 ноября 2022 г., так как вступил в действие национальный «зеленый стандарт» на многоквартирные жилые здания. Опытный период адаптации будет подвергаться изменениям в силу региональных особенностей и возможностей российских программных комплексов к решению задач устойчивого проектирования. Результаты проведенного сравнительного анализа ПО показывают низкую готовность российских программ автоматизированного проектирования Renga и ModelStudioCS к решению задач устойчивого развития в строительстве, но стоит отметить, что сам процесс автоматизированного проектирования ведет к разработке более устойчивых проектов, что обеспечено совместной работой специалистов в режиме реального времени и сведением до минимума возможных проектных ошибок.

В России постепенно происходит формирование собственной продукции устойчивого строительства. Актуальность данной темы поддерживается на федеральном уровне.

Перспективными предметами дальнейших исследований являются особенности внедрения экологического проектирования в отдельных субъектах РФ, уровень подготовки инженерно-профессиональных кадров к решению вопросов устойчивого проектирования, спрос на готовые решения для задач устойчивого проектирования на российском рынке ПО, готовность строительных компаний к бережливому строительству (Lean Construction) и ведение цифрового двойника здания на протяжении всего жизненного цикла. Данные исследования способствуют формированию «зеленого» подхода в строительной сфере в России, что положительно скажется на уровне жизни граждан и экологии страны.

Актуализация возможностей российских программных комплексов и разработка дополнительных плагинов для анализа энергетической эффективности зданий, освещения, акустики и выбросов CO₂ в Renga и ModelStudioCS на основании российских норм будут способствовать дальнейшей адаптации концепции устойчивого проектирования в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фонд Организации Объединенных Наций в области народонаселения [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.unfpa.org/8billion> (дата обращения: 02.12.2022).
2. Data Commons [Электронный ресурс] Режим доступа: https://datacommons.org/place/Earth?utm_medium=explore&mpop=count&popt=Person&hl=ru (дата обращения: 02.12.2022).
3. Шульц А.С. Экологические подходы к проектированию устойчивой городской среды // Архитектура и современные информационные технологии. 2021. № 1(54). С. 227–235. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-227-235.
4. Carbonbrief [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.carbonbrief.org/> (дата обращения: 02.12.2022).
5. Иовлев В.И. Экологические основы формирования архитектурного пространства (на примере Урала): автореф. ... дис. д. арх. М.: МАрХИ, 2008. 48 с.
6. Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC_07.25.19_current.pdf (дата обращения: 02.12.2022).
7. Метод экологической оценки эффективности зданий [Электронный ресурс] Режим доступа: https://files.bregroup.com/breeam/technicalmanuals/BREEAM_INC-Manual-English.pdf (дата обращения: 02.12.2022).
8. Низамиева Э.Р. Подготовка российских специалистов к применению «зеленых» стандартов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 77–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85.
9. ГОСТ Р 54964–2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095015> (дата обращения: 02.12.2022).
10. Практические рекомендации по снижению энергоёмкости и повышению экологичности объектов гражданского строительства, GREEN ZOOM «Новое строительство» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://greenzoom.ru/upload/green-zoom_book1v2_web.pdf (дата обращения: 02.12.2022).
11. ПНСТ 352–2019. «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732488.pdf> (дата обращения: 02.12.2022).
12. Теличенко В.И., Бенуж А.А., Сухинина Е.А. Межгосударственные «зеленые» стандарты для формирования экологически безопасной среды жизнедеятельности // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 4. С. 438–462. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.4.438-462.
13. Теличенко В.И. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности: понятия, термины, стандарты // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 4 (103). С. 364–372. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.364-372.
14. Теличенко В.И., Бенуж А.А. Состояние и развитие системы технического регулирования в области зеленых технологий // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 1. С. 118–121.
15. ГОСТ Р 70346–2022. Национальный стандарт Российской Федерации «Зеленые» стандарты здания

многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (дата обращения: 02.12.2022).

16. АО «Дом.рф» – финансовый институт развития в жилищной сфере России [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/> (дата обращения: 02.12.2022).

17. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902369004> (дата обращения: 02.12.2022).

18. Якович О.Н., Хохлова А.С. Внедрение экологии в строительство: сравнение зарубежного опыта и отечественного // Системные технологии. 2021. № 38. С. 71–76.

19. Силка Д.Н., Коконова А.А. Анализ и особенности применения стандартов энергоэффективного экологического строительства в российских условиях // Вестник Евразийской науки. 2019. Т.11. № 1. С. 1–7.

20. Дуничкин И.В., Ковалева А.С., Ташлыкова Ю.А. Подходы к оценке энергопотенциала возобновляемых источников энергии на территории России // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2018. Т. 1. Вып. 1. С. 15–27. DOI: 10.32464/2618-8716-2018-1-1-15-27.

21. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/133174> (дата обращения: 02.12.2022).

22. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии. 2010, № 1(10) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://marhi.ru/АМТ/2010/1kvart10/kozlov/abstract.php> (дата обращения: 02.12.2022).

23. Юшкин И.И., Аламиди Ш.Г.Х., Сташевская Н.А. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 2. С. 172–181. DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181.

24. Revit (Autodesk) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата обращения: 02.12.2022).

25. Renga (АСКОН) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ascon.ru/products/1301/review> (дата обращения: 02.12.2022).

26. ModelStudioCS (CSoft) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.csoft.ru/soft/mscad/mscad-cs.html> (дата обращения: 02.12.2022).

27. NanoCad [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.nanocad.ru> (дата обращения: 02.12.2022).

28. AutoCad [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com> (дата обращения: 02.12.2022).

29. BIM360 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com/bim-360> (дата обращения: 02.12.2022).

30. CADLib Модель и Архив [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.mscad.ru/programs/cadlib-model-archive> (дата обращения: 02.12.2022).

31. Revit City [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.revitcity.com/index.php> (дата обращения: 02.12.2022).

32. Bimlib [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bimlib.pro> (дата обращения: 02.12.2022).

33. Bimobject [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.bimobject.com/ru> (дата обращения: 02.12.2022).

34. Werner & Balci's EXNO [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://apps.autodesk.com/en/Publisher/PublisherHomepage?ID=BAQHRK2K498W> (дата обращения: 02.12.2022).

35. Carbo Life Calculator [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=5134144936403749174&appLang=en&os=Win64> (дата обращения: 02.12.2022).

36. Autodesk Simulation CFD [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview> (дата обращения: 02.12.2022).

37. Tally Project Life Cycle Assessment [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://choosetally.com> (дата обращения: 02.12.2022).

38. One Click LCA [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.oneclicklca.com> (дата обращения: 02.12.2022).

REFERENCES

1. United Nations Population Fund. Available at: <https://www.unfpa.org/8billion> (accessed 2 December 2022).

2. Data Commons. Available at: https://datacommons.org/place/Earth?utm_medium=explore&mprop=count&popt=Person&hl=ru (accessed 2 December 2022).

3. Schulz A.S. Ecological approaches in sustainable urban planning. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and Modern Information Technologies], 2021, no. 54. pp. 227–235. (in Russian) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-227-235

4. Carbonbrief. Available at: <https://www.carbonbrief.org/> (accessed 2 December 2022).

5. Iovlev V.I. *Ekologicheskie osnovy formirovaniya arhitekturnogo prostranstva (na primere Urala)* Dokt, Diss

[Ecological foundations for the formation of architectural space (on the example of the Urals), Doct. Diss]. Moscow. MARHI, 2008. 48 p.

6. Leadership in Energy and Environmental Design. Available at: https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC_07.25.19_current.pdf (accessed 2 December 2022).

7. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Available at: https://files.bregroup.com/breeam/technicalmanuals/BREEAM_INC-Manual-English.pdf (accessed 2 December 2022).

8. Nizamieva E.R. Training Russian specialists to apply green standards. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova* [Bulletin of V.G. Shukhova BSTU], 2021, no. 8, pp. 77–85. (in Russian) DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85

9. GOST R 54964-2012. Conformity assessment. Environmental Requirements for Real Estate. (In Russian) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200095015> (accessed 2 December 2022).

10. Practical Recommendations for Reducing Energy Intensity and Improving Environmental Friendliness of Civil Engineering Facilities, GREEN ZOOM “New Construction”. Available at: https://greenzoom.ru/upload/green-zoom_book1v2_web.pdf (accessed 2 December 2022).

11. PNST 352-2019. “Green” standards. Green Life Environment Technologies. (In Russian) Available at: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732488.pdf> (accessed 2 December 2022).

12. Telichenko V.I., Benuzh A.A., Sukhinina E.A. Interstate “green” standards for the formation of an environmentally safe life environment. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2021, Vol. 16, Iss. 4, pp. 438–462. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2021.4.438-462

13. Telichenko V.I. “Green” technologies of the living environment: concepts, terms, standards. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2017, Vol. 12, Iss. 4(103), pp. 364–372. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.364-372

14. Telichenko V.I., Benuzh A.A. State and development of the technical regulation system in the field of green technologies. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2016, no. 1, pp. 118–121. (in Russian)

15. GOST R 70346-2022. The national standard of the Russian Federation “Green” building standards are multi-apartment residential “green.” Evaluation Methodology and Design, Construction and Operation Criteria. (In Russian) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (accessed 2 December 2022).

16. Дом.пф JSC – Financial Institute for Housing Development in Russia. Available at: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/> (accessed 2 December 2022).

17. Fundamentals of the state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period up to 2030 (approved by President of the Russian Federation 30.04.2012). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902369004> (accessed 2 December 2022).

18. Yakovchits O.N., Khokhlova A.S. Introduction of ecology in construction: comparison of foreign experience and domestic experience. *Sistemnyye tehnologii* [System technologies], 2021, no. 38, pp. 71–76. (in Russian)

19. Silka D.N., Kokonova A.A. Analysis and peculiarities of application of energy-efficient environmental construction standards in Russian conditions. *Vestnik Evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 1–7. (in Russian)

20. Dunichkin I.V., Kovaleva A.S., Tashlykova Yu.A. Approaches to assessing the energy potential of renewable energy sources in Russia. *Silovoe i jenergeticheskoe oborudovanie. Avtonomnye sistemy* [Power and power equipment. Autonomous systems], 2018, Vol. 1, Iss. 1, pp. 15–27. (in Russian) DOI:10.32464/2618-8716-2018-1-15-27

21. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 331 dated 05.03.2021 “On the Establishment of a Case in which the Developer, Technical Customer, the Person Providing or Preparing the Justification for Investments and (or) the Person Responsible for the Operation of the Capital Construction Facility Shall Ensure the Formation and Maintenance of the Information Model of the Capital Construction Facility”. Available at: <http://government.ru/docs/all/133174> (accessed 2 December 2022).

22. Kozlov I.M. Assessment of Economic Efficiency of Implementation of Information Modeling of Buildings. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and Advanced Information Technology], 2010, no. 1(10). Available at: <https://marhi.ru/AM-IT/2010/1kvar10/kozlov/abstract.php> (accessed 2 December 2022).

23. Yushkin I.I., Alamidi S.G.Kh., Stashevskaya N.A. Problems and advantages of BIM implementation at construction industry enterprises. *Stroitel'naja mehanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij* [Construction mechanics of engineering structures and structures], 2022, Vol.18, no. 2, pp. 172–181. (in Russian) DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181

24. Revit (Autodesk). Available at: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (accessed 2 December 2022).

25. Renga (ACKOH). Available at: <https://ascon.ru/products/1301/review> (accessed 2 December 2022).

26. ModelStudioCS (CSoft). Available at: <https://www.csoft.ru/soft/mscad/mscad-cs.html> (accessed 2 December 2022).

27. NanoCad. Available at: <https://www.nanocad.ru> (accessed 2 December 2022).

28. AutoCad. Available at: <https://www.autodesk.com> (accessed 2 December 2022).

29. BIM360. Available at: <https://www.autodesk.com/bim-360> (accessed 2 December 2022).

30. CADLib. Model and Archive. Available at: <https://www.mscad.ru/programs/cadlib-model-archive> (accessed 2 December 2022).

31. Revit City. Available at: <https://www.revitcity.com/index.php> (accessed 2 December 2022).

32. Bimlib. Available at: <https://bimlib.pro> (accessed 2 December 2022).

33. Bimobject. Available at: <https://www.bimobject.com/ru> (accessed 2 December 2022).

34. Werner & Balci's EXNO. Available at: <https://apps.autodesk.com/en/Publisher/PublisherHomepage?ID=BAQHRK2K498W> (accessed 2 December 2022).

35. Carbo Life Calculator. Available at: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=5134144936403749174&appLang=en&os=Win64> (accessed 2 December 2022).

36. Autodesk Simulation CFD. Available at: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview> (accessed 2 December 2022).

37. Tally Project Life Cycle Assessment. Available at: <https://choosetally.com> (accessed 2 December 2022).

38. One Click LCA. Available at: <https://www.oneclicklca.com> (accessed 2 December 2022).

Об авторах:

РЫНКОВСКАЯ Марина Игоревна

кандидат технических наук, доцент
Департамента строительства
Российский университет дружбы народов
Инженерная академия
117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
E-mail: rynkovskaya-mi@rudn.ru

RYNKOVSKAYA Marina I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Civil Engineering Department
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN
University)
Academy of Engineering
117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6
E-mail: rynkovskaya-mi@rudn.ru

ЦУРИН Егор Дмитриевич

студент Департамента строительства
Российский университет дружбы народов
Инженерная академия
117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
E-mail: 1032192619@rudn.ru

TCURIN Egor D.

Student of the Civil Engineering Department
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN
University)
Academy of Engineering
117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6
E-mail: 1032192619@rudn.ru

Для цитирования: Рынковская 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.

For citation: Rynkovskaya M.I., Tcurin E.D. Process of Adapting International Concepts of Sustainable Construction in Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 166–176. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21.

Е. П. ТЮКЛЕНКОВА
М. Е. ПЕРШИНА (КОРОЛЕВА)

РОЛЬ РЕЛИГИОЗНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИИ Г. ПЕНЗЫ

ROLE OF RELIGIOUS COMPLEXES IN THE DEVELOPMENT
OF THE TERRITORY OF PENZA

Освещены вопросы размещения религиозных комплексов в городской застройке. Выявлены сформировавшиеся проблемы, традиции и основные факторы, учитываемые на стадии реконструкции и проектирования. Показана роль храмов в формировании зодчески-композиционного комплекса.

Ключевые слова: городская застройка, религиозная культура, православные храмы, церковные комплексы

Возрождение религиозной культуры в современной России является важным фактором развития и функционирования городской среды [1–3]. При размещении православных церквей в структуре городских территорий возникают проблемы согласования с генеральным планом застройки города [4]. Особенно это касается религиозных объектов, возведенных на платформах существующих объектов культурного назначения. Так, например, ряд православных церквей в Пензе появился в результате реконструкции бывших кинотеатров, построенных без соблюдения религиозных канонов. И вряд ли эти церкви можно назвать объектами архитектурного достояния. Однако их функционирование подтверждается большим потоком прихожан, так как они расположены в крупных спальных районах города. Это, например, бывший кинотеатр «Луч», реконструированный в церковь Петра и Февронии Муромских (рис. 1).

На протяжении веков в России сложились отличительные черты и направления развития храмовых комплексов. Одним из таких направлений является сочетание территории храма с окружающим природным и городским ландшафтом [5]. Ландшафтно-архитектурный образ религиозных объектов должен сливаться с местностью, даже в условиях городской черты застройки. Специфические особенности сооружений религиозного назначения и организация их территорий заключаются в необходимости их подчинения каноническим церковным требованиям, которые

The issues of placement of religious complexes in urban areas are highlighted. Formed problems, traditions and main factors taken into account at the stage of reconstruction and design are identified. The role of temples in the formation of the architectural and compositional complex is shown.

Keywords: urban development, religious culture, Orthodox churches, church complexes



Рис. 1. Церковь Петра и Февронии Муромских (2020 г.)

основаны на православной догматике и храмо-строительных традициях.

Ликвидация религиозной культурной жизни в России нанесла огромный ущерб центральной части Пензы. К счастью, исторический центр города сохранил свой первоначальный облик малоэтажной застройки (до трех этажей), а также сохранилось здание Пензенской епархии, включающее училище, Архиерейский дом, Губернаторский дом и кинотеатр «Родина». Строительство многоэтажных общественных, жилых и промышленных зданий не изменило историческую часть города, так как было вынесено на периферию. Активно застраивалась территория Терновки, Западной Поляны, Арбеково, Севера и других районов города Пензы [6–11].

Архиерейский дом, расположенный на Советской площади города, построенный в конце XVIII в. как резиденция пензенских наместников, представляет собой образец зрелого классицизма (рис. 2). В середине XIX в. к Архиерейскому дому примкнула Крестовая церковь, что вызвало здесь формирование усадебного комплекса. В настоящее время улица Московская наполнена современными застройками – магазинами, торговыми комплексами. Это сильно влияет на старинный облик центральной улицы города.

На Соборной площади на месте взорванного большевиками в 1934 г. Спасского кафедрального собора (рис. 3) был возведен величественный комплекс – Спасский кафедральный собор, который является одним из главных храмов города. Подрыв собора власти приказали устроить курсантам школы подрывников. Вся площадь была окружена людьми и милицией. «В основании собора в стенах, которые имели толщину более трех метров, просверлили шурфы и заложили заряды аммонала. Первый взрыв прогремел, шурфы выбило, но здание разрушить не удалось. Заряды удвоили, но и это не помогло. Только с третьей попытки собор развалился на огромные кирпичные глыбы», – пишет журналист сайта topwar.ru. Восстановление собора началось лишь в 2010 г. «Спасский кафедральный собор сложен из 2 миллионов 200 тысяч кирпичей. В нем могут разместиться почти три тысячи прихожан» – сообщает Пензенская епархия. Спасский кафедральный собор является архитектурным монументом эпохи классицизма и включает в себя двухэтажный пятикупольный храм и отдельно стоящую колокольню, которые были объединены между собой открытой колоннадой. К храму ведут несколько подъездных путей – с улиц Московской, Кирова, Лермонтова и Карла Маркса (рис. 3–6).

Советский период связан с ликвидацией религиозных объектов в условиях пропаганды атеизма. Многие храмы были варварски уничтожены, в некоторых были организованы склады, архивы и даже овощехранилища. Например, в Троицком женском монастыре на ул. Кирова, основанном в 1689 г., разместили мастерские. В 1977 г. была снесена колокольня, в другие годы ограда, башня, училищный корпус и все хозяйственные постройки. Монастырь выстроен в «русском» стиле с живописной многоглавой композицией с пышным декоративным оформлением и использованием элементов древнерусского зодчества (шатров, кокошников). В 1992 г. Троицкую обитель вернули епархии (рис. 7, 8).

Существенным недостатком прихрамовых территорий в Пензе является недостаточная

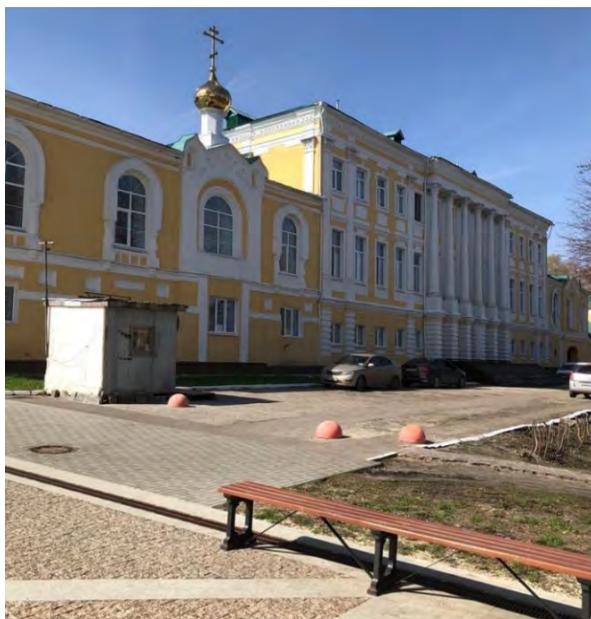


Рис. 2. Архиерейский дом, г. Пенза



Рис. 3. Спасский кафедральный собор. 1910 г.



Рис. 4. Взрыв Спасского кафедрального собора в 1934 г.

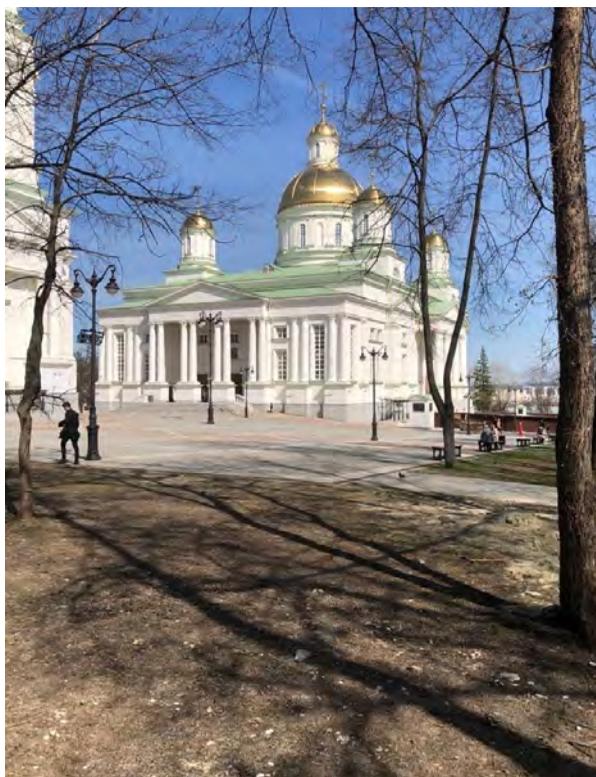


Рис. 5. Спасский кафедральный собор после реконструкции (нынешнее время)

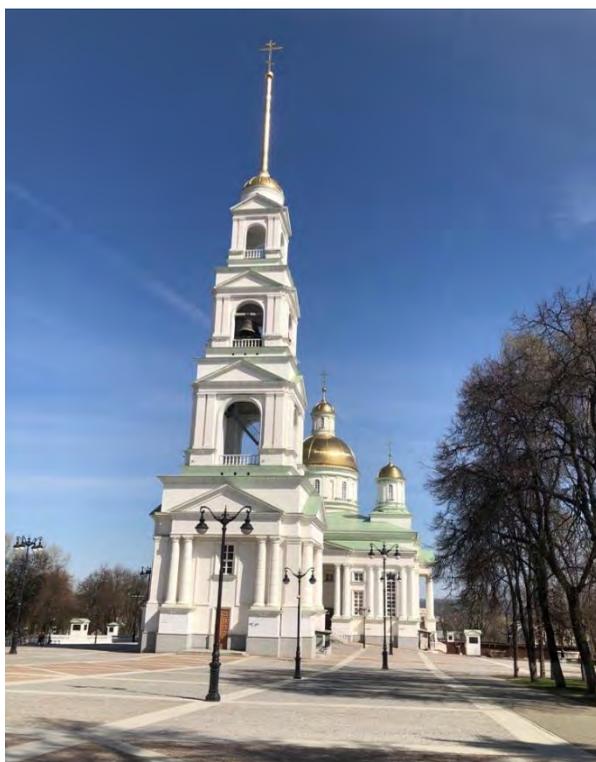


Рис. 6. Колокольня Спасского кафедрального собора

степень озеленения (менее 15 %). К сожалению, внести изменения в сложившейся ситуации плотной городской застройки пока не представляется возможным. Примером такой ситуации в городе является Покровский храм на ул. Чкалова. Первый Покровский храм был построен в Стародрагунской слободе вскоре после основания Пензы (1676–1677 гг.). В 1680 г. при набеге кочевников он был сожжен, но к 1687 г. восстановлен. В мае 2001 г. Покровский храм (рис. 9) стал архиерейским собором, т. е. с тех пор его настоятелем является правящий архиерей.

Россия – многоконфессиональное государство, и Конституция гарантирует свободу вероисповедания. На территории г. Пензы особый интерес представляет памятник культовой мусульманской культуры – Соборная Мечеть, памятник городской архитектуры конца XIX – начала XX в. Мечеть находится в неидеальном состоянии и нуждается в реконструкции, на которую требуются значительные затраты. Ранее на месте нынешней мечети располагался



Рис. 7. Монастырь. 2009 г.



Рис. 8. Монастырь (настоящее время)

дом, построенный в 1887 г. и принадлежавший купцу Д. В. Тихомирову. Мечеть действовала до 1929 г., когда она была закрыта властями, а в её здании начала работать татарская национальная школа. В дальнейшем это здание переделали под жилой дом, чем он и был вплоть до марта 1991 г., когда по решению Пензенского горисполкома здание было возвращено пензенской мусульманской общине. Однако проведение работ по реконструкции было отложено по причине строительства новой Соборной Мечети на пр. Победы. Первый камень был заложен еще в 2000-х гг. Строительство храма ведется на пожертвования граждан и организаций. Однако о завершении строительства пока говорить рано. На рис. 10, 11 представлены фотографии Соборных Мечетей г. Пензы.

Сохранность и восстановление памятников религиозной культуры – одна из важнейших за-

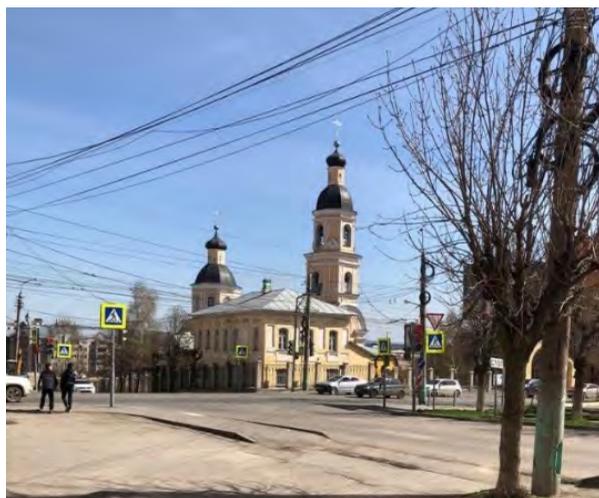


Рис. 9. Покровский храм



Рис. 10. Соборная Мечеть на ул. Урицкого



Рис. 11. Соборная Мечеть на пр. Победы

дач развития и функционирования городских территорий в современном мире. Неслучайно события на Украине доказывают, что там, где начинается разрушение религиозных комплексов, зарождается нацистское мировоззрение. На Украине идет полномасштабная религиозная война против Православия. Огромное число храмов пострадало в зоне военных действий. И наша задача сохранить то культурное наследие, которое досталось нам от предков.

Вывод. Издавна самое почетное центральное место в городах отводили под храмы. Контуры религиозного комплекса с колокольной прекрасно вписывались в панораму больших и малых городов. Развитие городских территорий должно базироваться на сохранности храмовых комплексов, которые влияют на нравственный и культурный уровень населения и играют особую роль в формировании городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косенкова Н.А., Демирова М.А., Косенкова Е.В. Анализ мирового опыта проектирования духовно-просветительских центров исламской культуры // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 144–151. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.17.

2. Пономаренко Е.В. Проектирование, строительство и современная реставрация православных церквей первой половины XIX в. на Южном Урале // Градостроительство и архитектура. 2013. Т.3, № 1. С. 19–24. DOI:10.17673/Vestnik.2013.01.4.

3. Лызина А.Г. Средовые условия восприятия православных храмов и комплексов // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 4. С. 87–93. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.11.

4. ТКП 45-3.02-83–2007(02250). Культурные здания и сооружения. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. Правила проектирования. Введ. 17.09.2007. Минск: Мин. архитектуры и строительства РБ, 2008. 42 с.

5. Быкова Ю.С., Тюкленкова Е.П., Чурсин А.И. Развитие и благоустройство прихрамовых территорий с учётом сложившихся православных традиций в Пензенской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10-2. С. 273–277.

6. <http://pokrovpenza.cerkov.ru/main-page> (дата обращения: 17.09.2021).

7. <http://троицкий-монастырь.рф> (дата обращения: 17.09.2021).

8. <https://пензенская-епархия.рф> (дата обращения: 17.09.2021).

9. <http://soborpenza.cerkov.ru> (дата обращения: 17.09.2021).

10. <https://penzarx.livejournal.com/25915.html> (дата обращения: 17.09.2021).

11. <https://topwar.ru> (дата обращения: 17.09.2021)

REFERENCES

1. Kosenkova N.A., Demirova M.A., Kosenkova E.V. Analysis of World Experience in Designing of Islamic Culture Spiritual and Educational Centers. *Grados-*

troitel'stvo i arhitektura [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 4, pp. 144–151. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.17

2. Ponomarenko E.V. Design, construction and modern restoration of Orthodox churches of the first half of the XIX century. in the southern Urals. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013. Vol. 3, no. 1. pp. 19–24. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2013.01.4

3. Lyzina A.G. Environmental Conditions of Orthodox Churches and Complexes Perception. *Grados-troi-tel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021. Vol. 11, no. 4. pp. 87–93. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.11

4. ТКР 45-3.02-83-2007 (02250). Religious buildings and structures. Buildings, structures and complexes of Orthodox churches. Design rules. Tikhonovskaya. 17.09.2007. Minsk: Min. architecture and construction of the Republic of Belarus, 2008. 42 p. (In Russian)

5. Bykova Yu.S., Tyuklenkova E.P., Chursin A.I. Development and improvement of pre-church territories taking into account the established Orthodox traditions in the Penza region. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Research], 2016, no. 10–2. pp. 273–277. (in Russian)

6. Available at: <http://pokrovpenza.cerkov.ru/main-page> (accessed 17 September 2021)

7. Available at: <http://troitskiy-monastyr'.rf> (accessed 17 September 2021)

8. Available at: <https://penzenskaya-eparkhiya.ru> (accessed 17 September 2021)

9. Available at: <http://soborpenza.cerkov.ru> (accessed 17 September 2021)

10. Available at: <https://penzarx.livejournal.com/25915.html> (accessed 17 September 2021)

11. Available at: <https://topwar.ru> (accessed 17 September 2021)

Об авторах:

ТЮКЛЕНКОВА Елена Петровна

кандидат технических наук,
доцент кафедры землеустройства и геодезии
Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28

ПЕРШИНА (КОРОЛЕВА) Марина Евгеньевна

ассистент кафедры землеустройства и геодезии
Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28
E-mail: marishakor02@gmail.com

TYUKLENKOVA Elena P.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Land Management and Geodesy Chair
Penza State University of Architecture and Construction
440028, Russia, Penza, German Titov str., 28

PERSHINA (KOROLEVA) Marina E.

Student
Penza State University of Architecture and Construction
440028, Russia, Penza, German Titov str., 28
E-mail: marishakor02@gmail.com

Для цитирования: Тюкленкова Е.П., Першина (Королева) М.Е. Роль религиозных комплексов в развитии территории г. Пензы // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 177–181. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.22. For citation: Tyuklenkova E.P., Pershina (Koroleva) M.E. Role of Religious Complexes in the Development of the Territory of Penza. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 177–181. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.22.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Прием статей для публикации в научно-техническом журнале «Градостроительство и архитектура» осуществляется в постоянном режиме.

1. В редакцию журнала необходимо вместе с рукописью статьи представить следующие документы:

Сопроводительное письмо, подписанное руководителем организации, откуда исходит рукопись. Для аспирантов, соискателей и работников СамГТУ сопроводительное письмо представлять не требуется.

Выписка из протокола заседания кафедры о публикации статьи в журнале.

Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись

Внешняя рецензия, заверенная по месту работы рецензента.

Лицензионный договор.

2. Общие требования к оформлению документа:

*Формат страницы – А4, ориентация книжная
Шрифт текста рукописи – Times New Roman
Сур, размер 14pt*

Междустрочный интервал – 1,5

Общий объем рукописи (включая иллюстрации и таблицы) – 8–15 страниц формата А4.

Формулы следует набирать с использованием редакторов формул MathType 6 или MS Equation 3.0. Формула не должна содержать промежуточные преобразования.

*Иллюстрации выполняются черно-белыми (с хорошей проработкой деталей) в программах Corel Draw (с расширением *.cdr) или других редакторах (с расширением *.jpeg или *.tif).*

Библиографический список размещается в конце текста статьи, нумерация дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте [в квадратных скобках]. При ссылках на нормативные документы (СНиПы, ГОСТы) номер и название документа указываются непосредственно в тексте статьи (в круглых скобках). Библиографический список должен быть оформлен по ГОСТ Р 7.0.5-2008.

3. Структура размещения основных частей статьи:

индекс УДК

инициалы, фамилии авторов

название статьи на русском языке

название статьи на английском языке

аннотация на русском языке (не менее 10 строк)

аннотация статьи на английском языке

ключевые слова на русском языке (до 10 словосочетаний)

ключевые слова на английском языке

текст статьи (предпочтительно с выводами)

библиографический список (не менее 5 наименований) библиографический список на транслитерации (References)

полные сведения об авторе(ах) на русском языке: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, контактные телефоны (с кодом города), e-mail автора(ов); наименование организации (с указанием почтового адреса учреждения), в которых работает автор(ы), на русском языке

полные сведения об авторе(ах) на английском языке (см. выше)

4. Рукописи, не соответствующие требованиям редакции, не рецензируются, не публикуются и не возвращаются авторам

5. Публикации в журнале подлежат только оригинальные статьи, соответствующие тематическим направлениям журнала и ранее не публиковавшиеся в других изданиях.

6. При положительном решении редакции об опубликовании научной статьи с автором(ами) заключается лицензионный договор. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

7. Редакция имеет право представлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала <http://journal.samgasu.ru>.

8. Авторский коллектив несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.

9. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – СамГТУ. Перепечатка материалов журнала без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней в печатном виде) должны быть отправлены по почте или доставлены лично по адресу: Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194, Академия строительства и архитектуры, Самарский государственный технический университет. Редакция журнала «Градостроительство и архитектура» (каб. 307).

По всем вопросам, связанным с публикацией статей в журнале «Градостроительство и архитектура», обращаться к отв. секретарю Досковской Марии Сергеевне по тел. (846) 242-36-98, 8 (927) 651-07-09 E-mail: vestniksgasu@yandex.ru, uc-arch@yandex.ru.