

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151

№ 4 Т. 10
2020

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



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

ISSN 2542-0151

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Т. 10, № 4

САМАРА
2020

УДК 71+72

Градостроительство и архитектура=Urban construction and architecture. 2020. Т. 10, № 4. 186 с.

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Главный редактор – д.т.н., профессор А.К. СТРЕЛКОВ

Заместитель главного редактора по направлению «Строительство» – д.т.н., профессор 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. АРТЮХОВ, 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., доцент
А.И. ХЛЫСТОВ, 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 СТБУН 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., Ass. Prof.
A.I. KHLYSTOV, 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)

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»: И70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина

Корректор М.В. Веселова

Подписано в печать 28.12.2020. Выпуск в свет 24.01.2021.

Формат 60x90 1/8. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Печ. л. 23,5. Тираж 300 экз. Заказ № 1928

Адрес редакции: Россия, г. Самара, 443001, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 307

Телефон: (846) 242-36-98

Интернет-сайт: <http://journal.samgasu.ru>

Отпечатано в типографии ООО «Слово»:

443070, г. Самара, ул. Песчаная, 1; тел. (846) 267-36-82

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 **Васильева М.Н., Баранова М.Н., Мальцев А.В., Соколова С.В.** Инженерно-геологические и петрографические особенности техногенных слоев на территории г. Самары
- 16 **Землянских С.К., Алёшин А.Н., Атаманчук А.В.** Методика проведения испытаний фрагментов многопустотных плит безопалубочного формования с защемленными опорными зонами
- 21 **Мордовский С.С., Шарафутдинов К.Б.** Экспериментальные исследования по изучению влияния поперечного армирования на прочность сжатых железобетонных элементов
- 29 **Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р., Алёшин А.Н.** Оценка технического состояния большепролетных конструкций покрытия культовых сооружений

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 36 **Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Конякина Д.Д.** Оптимизация тепловлажностного режима многослойных строительных ограждающих конструкций
- 42 **Минкина С.А., Урядов М.И.** Реконструкция газопроводов водогрейных котлов с монтажом дымососов уходящих газов
- 50 **Негода Л.Л., Минкина С.А., Ангалышев С.Э., Цейзер В.А.** Подготовка воды комплексным методом для работы водогрейных котлов и работы тепловых сетей

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 60 **Сайид М.А., Серпокровлов Н.С., Нелидин В.В.** Влияние типа загрузки на окислительную способность модифицированного погружного вращающегося биофильтра
- 69 **Теплых С.Ю., Бочков Д.С., Базарова А.О.** Исследование способов удаления фосфатов из бытовых сточных вод

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 78 **Павлова Л.В., Павлов А.А.** Проблемы восстановления транспортных коммуникаций после стихийных бедствий

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

- 85 **Базина А.Н., Репина Е.А.** Понимание архитектуры через феноменологию М. Хайдеггера
- 91 **Вавилонская Т.В., Райхель Ю.Л.** Новый подход к комплексной реконструкции исторических кварталов
- 100 **Mamo Kalkidan Addisu, Malakhov S.A.** Historical heritage as a cultural resource. Integration of the new object into the structure of a unique architectural complex in Lalibela, Ethiopia. Technological and environmental aspects
- 108 **Орлова Н.А., Орлов Д.Н., Гаршина А.А.** Ревитализация исторического квартала. Опыт применения контекстуального подхода
- 119 **Филиппов В.Д.** Ирвинг Джон Гилл: рождение американского модернизма

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 136 **Данилова А.В.** Эволюция функциональной компоненты художественной перфорации в архитектуре общественных зданий
- 144 **Косенкова Н.А., Демирова М.А., Косенкова Е.В.** Анализ мирового опыта проектирования духовно-просветительских центров исламской культуры

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 152 **Веретенников Д.Б., Новикова С.О.** Методы реновации открытых общественных пространств исторического центра города Самары
- 157 **Мальшева Е.В.** Анализ комфортности транспортной системы города Самары
- 165 **Юнис А., Бакаева Н.В.** Градостроительная методика оценки разрушения жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий

ЭНЕРГЕТИКА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

- 174 **Горшенин А.С., Краснова Н.П., Рахимова Ю.И.** Численное моделирование кожухотрубчатого теплообменника в программном продукте Ansysfluent
- 180 **Крестин Е.А., Серебряков Г.В.** Влияние геометрии канала, давления, температуры, осцилляций и адсорбции на облитерацию щелевых уплотнений электроэнергетических систем

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 549

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.1

Д. И. ВАСИЛЬЕВА
М. Н. БАРАНОВА
А. В. МАЛЬЦЕВ
С. В. СОКОЛОВА

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ СЛОЕВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. САМАРЫ

ENGINEERING, GEOLOGICAL AND PETROGRAPHIC FEATURES OF ANTHROPO-
GENIC LAYERS IN THE TERRITORY OF SAMARA

Проведено изучение инженерно-геологических свойств техногенных отложений, распространенных на территории города Самары. Выявлены их основные свойства и разработана классификация, основанная на генетическом принципе. Изложены результаты петрографического изучения образцов из культурных слоев, отображенных на археологическом раскопе. На территории Хлебной площади, расположенной в наиболее старой части города, в 2019 г. были произведены археологические раскопки. Объект представляет собой культурные слои, которые образовались в XVIII-XIX вв. в месте предположительного расположения второй Самарской крепости. Петрографические исследования образцов были проведены под бинокулярным микроскопом при увеличении 8,75 крат, в проходящем свете поляризационного микроскопа при увеличении 72 крат и под цифровым микроскопом (USB DIGITAL) при увеличении 10 крат. Определено, что галечная фракция представлена кварцитом и яшмовидным кремнем, песчаная и алевроитовая фракции – угловатыми обломками кварца с примесью неразложившихся органических остатков. Особой мощностью отличаются органические культурные слои, которые достигают в древней части города 7–8 м и более. Их наличие является ограничивающим фактором при современном городском строительстве.

The study of engineering and geological properties of anthropogenic deposits, widespread in the city of Samara. Their main properties have been identified and a classification based on the genetic principle has been developed. The results of a petrographic study of samples from cultural layers taken at an archaeological site are presented. Archaeological excavations were carried out on the territory of Khlebnaya Square, located in the oldest part of the city, in 2019. The object represents the cultural layers that were formed in the XVIII-XIX centuries at the site of the alleged location of the second Samara fortress. Petrographic studies of the samples were carried out under a binocular microscope at 8.75 times magnification, in transmitted light of a polarizing microscope at 72 times magnification and under a digital microscope (USB DIGITAL) at 10 times magnification. It has been determined that the pebble fraction is represented by quartzite and jasper flint, the sandy and silty fractions are angular quartz fragments with an admixture of undecomposed organic remains. The organic cultural layers, which reach 7–8 m and more in the ancient part of the city, are especially powerful. Their presence is a limiting factor in modern urban construction.

Ключевые слова: техногенные отложения, культурные слои, инженерно-геологические особенности, Самара, петрографическое изучение

Keywords: anthropogenic deposits, cultural layers, engineering and geological features, Samara, petrographic study

Изучение техногенных отложений и древних культурных слоев поселений и городов позволяет получить большой объем информации о первых этапах заселения и использования территории, о которых сохранилось мало письменных источников. Привлечение методов естественных наук, в том числе почвоведения и геологии, дает возможность всесторонне рассмотреть проблемы, с которыми столкнулись люди на начальных этапах освоения территории, и понять пути их решения. Изучение истории изменения геологической среды под воздействием антропогенной деятельности помогает в составлении прогнозов ее развития и возможно в предотвращении геоэкологических проблем.

Вопросам изучения техногенных отложений и культурных слоев в настоящее время уделяется большое внимание, но отмечается, что пока не создано их единой классификации, которая бы учитывала разные условия и факторы их образования техногенных отложений, особенности поступления и трансформации техногенного материала и интенсивность техногенного воздействия [1].

Изучение петрографических характеристик образцов из техногенных и культурных слоев позволяет получить информацию, во-первых – о горной породе, ее строении и минеральном составе, во-вторых – об особенностях и степени изменения горной породы при воздействии человека во время функционирования археологического памятника. Кроме того, можно определить какие процессы (природные или антропогенные) привели к аккумуляции и диагенезу осадков (аллювиальные, делювиальные, эоловые, эрозионные, криогенные и др.) [2].

Техногенные отложения – это специфическая генетическая группа современных континентальных образований, происхождение которых связано с практической деятельностью человека [3, 4]. Термин «культурный слой» впервые появился в научных работах археологов, которые использовали его для обозначения слоев или пластов горных пород и почв, имеющих следы деятельности древнего человека и содержащих древние артефакты [1]. Накопление культурных слоев происходит постоянно в процессе жизнедеятельности человека на определенной территории – при производстве земляных работ, строительстве, благоустройстве территории, а также при накоплении мусора.

Обсуждение и анализ

В Самарской области преобладают техногенные ландшафты, из них на долю агроландшафтов приходится 75,93 %; 6,72 % – урболоандшафты, 1,32 % – промышленные, в том числе горно-промышленные ландшафты [5]. На территории Самары можно выделить следующие техногенные отложения (табл. 1).

Техногенные отложения встречаются на всей территории Самары, при этом сплошным чехлом покрыта наиболее древняя часть города. На городской территории можно выделить несколько зон: 1) неизменного рельефа, для которой не характерно формирование техногенных отложений; 2) минимального изменения рельефа, где мощность техногенных грунтов не превышает 1 м; 3) максимального изменения рельефа, с мощностью техногенных отложений свыше 5-6 м. Для наиболее старой части Самары характерны максимальное изменение рельефа и наибольшая мощность техногенных отложений. Целью статьи является изучение строения и инженерно-геологических особенностей техногенных отложений и культурных слоев в наиболее древней части Самары, на примерах археологического раскопа на Хлебной площади и материалов технического обследования павильона-кафе на территории речного вокзала.

В процессе исследования использованы методы анализа научной литературы, табличный и графический методы. При помощи общепринятых методик проведены исследования под бинокулярным микроскопом (при увеличении 8,75 крат), в проходящем свете поляризационного микроскопа (при увеличении 72 крат) и под микроскопом USB DIGITAL при увеличении 10 крат.

Территория объекта исследования «Старая Самара. Деревянные сооружения, возведенные не позднее середины XIX в.» расположена на Хлебной площади в Самарском районе города Самары (рис. 1).

Археологические раскопки данного объекта проводились многократно, начиная с 2013 г., что позволило получить большой объем данных о ранних этапах заселения Самары. Археологические исследования в 2019 г. проводились АО Трансэнергопроект (г. Саратов) на основании открытого листа В.В. Тихонова. В раскопе 2019 г. была вскрыта часть склона второй надпойменной террасы р. Самары.

Таблица 1

Классификация техногенных отложений г. Самары

Комплекс	Тип	Вид	Разновидность
Насыпные	Строительный	Грунты современной застройки	Суглинки и супеси с включениями строительного материала
		Грунты дорог и дорожные насыпи	Карбонатный щебень, гравий, песок
	Промышленный	Отходы современного производства	Шлак, зола
	Хозяйственно-бытовой	Грунты современных и бывших кладбищ	Суглинки с включениями кирпичной кладки, камней, костей
		Культурные почвы садов и огородов	Суглинки, супеси, обогащенные гумусом
Смесь бытовых и хозяйственных отходов	Специально укладываемые или стихийно накапливающиеся		
Полигенный	Засыпанные овраги	Суглинки, пески, органические отложения и материал пестрого состава	
Отложения искусственных водоемов	Отложения водохранилища	Грунты пойм рек Волги, Сока и Самары	Аллювиальные пески



Рис. 1. Схема расположения объектов исследования в историческом центре Самары

В геоморфологическом отношении исследованная территория представляет собой надпойменные террасы рек Самары и Волги разного возраста и сложного строения, имеющих значительный уклон местности и постепенно переходящих в водораздельную поверхность [6]. Для данной территории до застройки и планировки поверхности было характерно протекание следующих экзогенных геологических процессов: оврагообразование, плоскостная эрозия, оползни, подтопление и др. [7].

Оврагообразование является весьма неблагоприятным экзогенным геологическим процессом [8]. Большая часть оврагов относится к древним эрозионным врезам, и только некоторые из них являются результатом протекания современной эрозии [9–11]. Возможно, именно для укрепления территории строительства и предотвращения активизации оврагообразования на месте расположения крепости были возведены деревянные конструкции, вскрытые археологическими раскопками 2013–2014 и 2017 гг.

Раскоп 2019 г. вскрыл край второй надпойменной террасы г. Самары и резкое по-

нижение рельефа к первой террасе. Для выравнивания неровностей рельефа, начиная не позже 1722 г. (дата определена по найденным в культурных слоях монетам), проводилась засыпка понижений органическими остатками и строительным мусором. В настоящее время мощность данных слоев достигает 7–8 и более метров (рис. 2).

Культурные слои расположены на «материке» – желтом древнеаллювиальном песке с большим количеством прослоев ожелезнения. В настоящее время мы можем наблюдать резкий перепад материкового слоя высотой до 3 м, который полностью спланирован путем насыпки органических культурных слоев.

Здание павильона-кафе расположено на Набережной р. Волги вблизи пересечения улиц М. Горького и Пионерской в Самарском районе города. Обследование технического состояния было выполнено сотрудниками Самарской государственной архитектурно-строительной академии (СамГАСА) под руководством А.В. Мальцева [12]. В конструктивном плане объект представлял собой одноэтажное каркасное здание из металлических элемен-



Рис. 2. Общий вид археологического раскопа Хлебной площади

тов, размерами в плане 16×12 м, эксплуатируемое только в летний период. Цель обследования – возможность реконструкции здания и замена легкого металлического каркаса на капитальные кирпичные стены для круглогодичной эксплуатации кафе.

Анализ инженерно-геологических условий площадки здания павильона-кафе показал, что в геоморфологическом отношении обследуемый участок приурочен к левобережной пойме Волги. До начала строительства набережной абсолютные отметки природного рельефа составляли 30,1–34,0 м. В результате проведения планировочных работ методом отсыпки грунтов при строительстве речного вокзала в настоящее время участок имеет ровную поверхность с абсолютными отметками 36,2–36,4 м со слабым уклоном в северо-западном направлении в сторону Волги.

По результатам инженерно-геологических изысканий в грунтовом массиве площадки обследуемого здания было выделено 8 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

– ИГЭ-1 (tQ_{IV}) – насыпной грунт слежавшийся, плотный, сложного состава – смесь чер-

нозема (60 %), глины, песка, щебня, битого кирпича и стекла, мощностью от 0,5 до 2,4 м;

– ИГЭ-2 (tQ_{IV}) – насыпной грунт, аналогично ИГЭ-1, с содержанием навоза до 30 %, мощностью от 1,8 до 3,2 м;

– ИГЭ-3 (tQ_{IV}) – навоз черный, разложившийся, с содержанием чернозема и песка до 20 %, мощностью до 2,0 м;

– ИГЭ-4 (tQ_{IV}) – песок насыпной буро-красноватый, средней крупности, плотный и средней плотности с включениями битого кирпича и стекла, маловлажный, мощностью до 3,2 м;

– ИГЭ-5 (aQ_{IV}) – песок темно-серый, мелкий, средней плотности, влажный, с глубины 7–10 м от поверхности земли водонасыщенный, слабо гумусированный, мощностью от 2,8 до 4,2 м;

– ИГЭ-6 (aQ_{IV}) – супесь серая, пластичная, слабо гумусированная, мощностью до 1,6 м;

– ИГЭ-7 ($eP_{2кз}$) – доломит серый, сильно выветрелый, рыхлый (рухляк), пониженной прочности, мощностью до 3,4 м;

– ИГЭ-8 ($eP_{2кз}$) – доломит серый, сильно выветрелый, трещиноватый, мало прочный, мощностью от 0,6 до 2,2 м.

Основные показатели свойств грунтов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные физико-механические показатели свойств грунтов основания

№ ИГЭ	Наименование ИГЭ	Плотность грунта ρ , г/см ³	Содержание органики, доли единицы	Модуль деформации E, МПа	Сила сцепления с, кПа	Угол внутреннего трения ϕ , град	Предел прочности на сжатие RC, МПа	Расчетное сопротивление грунтов R_0 , кПа
1	Насыпной грунт	1,80	0,09	15	–	–	–	120
2	Насыпной грунт с навозом до 30 %	1,75	0,20	7	–	–	–	100
3	Навоз с черноземом и песком до 20 %	1,50	0,40	3	–	–	–	50
4	Насыпной песок	1,80	–	30	0	34	–	–
5	Песок мелкий	1,78	–	22	0	30	–	–
6	Супесь пластичная	1,87	–	10	10	20	–	–
7	Доломит-рухляк пониженной прочности	1,90	–	6	–	–	4	–
8	Доломит сильно выветрелый, мало прочный	2,20	–	35	–	–	12	–

Техническое обследование объекта показало, что массив представлен неодинаковыми по мощности и характеру напластования грунтами, значительно различающимися по своим физико-механическим показателям. Поэтому для основания характерны неоднородность и анизотропия свойств. Непосредственно под подошвой существующих фундаментов несущий слой является насыпным грунтом. Кроме того, основание до глубины 4–6 м представлено различными слабыми насыпными грунтами (имеющими малые значения расчетного сопротивления грунтов в пределах от 50 до 120 кПа), которые подстилаются мало прочными доломитами.

Большинство поверочных расчетов показало, что под кирпичные стены здания кафе после его реконструкции достаточно ленточного фундамента шириной 1 м и глубиной заложения подошвы фундамента 1,9 м, опирающейся на насыпные грунты ИГЭ-1. Однако наличие в слабых подстилающих слоях основания ИГЭ-2 и ИГЭ-3 навоза и чернозема (т. е. органики) в больших количествах позволило отнести эти грунты к биогенным и рассматривать их напряженно деформируемое состояние как нестабилизированное. Расчет на слабый подстилающий слой привел к тому, что в качестве фундамента под небольшое одноэтажное кафе была рекомендована фундаментная плита под всё здание размерами в плане 18×14 м.

Поэтому надстройка существующих и возведение новых многоэтажных зданий в историческом центре г. Самары связаны с необходимостью учета сложных геологических условий при строительстве. Наличие техногенных и культурных слоёв, склонных к неоднородности и анизотропии свойств и текстуры грунтового массива, в большинстве случаев приводит к не-

равномерным осадкам основания под нагрузкой от сооружения. Кроме этого, деформации основания могут быть продолжительны по времени, и зависимость осадки от времени не всегда прогнозируема.

Изучение инженерно-геологических особенностей строительства на территории Самары зависит от физико-географических условий и геологического строения, включая стратиграфию, тектонику, карстовые проявления и уровень подземных вод.

Еще в 1969 г. исследования доктора геолого-минералогических наук В.И. Рачитского [13] дали возможность выделить инженерно-геологический район, приуроченный к высокой части г. Самары от ул. Полевой до Хлебной площади. Он охватывает территорию распространения четвертичных аллювиальных отложений второй надпойменной древней террасы у слияния рек Волги и Самары. Бровки террасы снижены процессами денудации и, особенно на самарском склоне, слабо выражены в рельефе. Данный район, по мнению В.И. Рачитского, слогаается слоистыми и кослоистыми древнечетвертичными аллювиальными песками и супесями мощностью до 30 м. Пески и супеси были весьма хорошо изучены В.И. Рачитским с их физико-технической стороны (табл. 3).

Как следует из табл. 3, суглинки, супеси, пески являются частично пригодными для строительства.

Толща песков подстилается известняками и реже доломитами, и они являются частично пригодными для строительства. Но в целом конкретный инженерно-геологический район менее благоприятный, так как в этом районе есть опасения встретиться с закарстованными породами казанского яруса. Уровень подзем-

Таблица 3

Общая характеристика свойств аллювиальных отложений

Физико-механические показатели грунтов	Суглинки	Супеси	Пески
Влажность грунта w , %	17,25	13,50	8,60
Степень влажности S_r , д.ед.	0,75	0,30	0,30
Плотность минеральных частиц ρ_s , г/см ³	2,67	2,66	2,62
Плотность грунта ρ , г/см ³	1,91	1,78	1,76
Пористость n , %	38,20	42,00	43,00
Коэффициент пористости e , д.ед.	0,62	0,73	0,76
Влажность на границе пластичности w_p , %	16,75	16,60	-
Число пластичности J_p , %	10,85	3,86	-
Расчетное сопротивление грунта основания на глубине 2 м R_o , кПа	270,00	234,00	200,00

ных вод, приуроченных к казанскому водоносному горизонту, располагается на абсолютных отметках от 30 до 40 м.

Экспериментальные исследования

Авторами проведено петрографическое изучение материала образцов проб, отобранных из материкового слоя и органических культурных слоев.

Исследования проведены под бинокляром при увеличении 8,75 крат, в проходящем свете поляризационного микроскопа при увеличении 72 крат и под микроскопом USB DIGITAL при увеличении 10 крат. Использовались общепринятые методики [14–19].

Пробы из подстилающего «материкового» слоя представлены слабо уплотненной сыпучей массой коричневого цвета в количестве 2 кг. Преобладает песчано-алевролитовая фракция, в которой присутствуют единичные плотные хорошо окатанные гальки.

Галечная фракция. Форма обломков слабо уплощенная эллипсоидная, размером от 5 до 20 мм. Поверхность хорошо сглаженная с неглубокими выемками, цвет от темно-коричневого до черного. В сколе коричневые обломки имеют раковистый излом, светло-серый цвет со слабым кремовым оттенком и тонкозернистую структуру. На действие 10 %-го раствора соляной кислоты наблюдается вскипание. Твердость по шкале Мооса равна 3, что указывает на известняк. Черные обломки в сколе имеют тоже раковистый излом, цвет вишнево-красный, структура от тонкозернистой до скрыто-кристаллической. Твердость по шкале Мооса чуть выше 6, что указывает на яшмовидный кремль (рис. 3).

Песчано-алевролитовая фракция. Песчаная фракция имеет размер от 0,1 до 0,8 мм. Преоб-

ладают зерна округлого очертания с сильным стекляннм блеском, просвечивающие в проходящем свете поляризационного микроскопа, с показателем преломления, близким к 1,54, что указывает на кварц. В меньшем количестве присутствуют темные коричневатые не просвечивающие угловатые обломки таких же размеров и крупные со щепковидной вытянутой формой размером до 3 мм, что указывает, вероятно, на почвенные и растительные образования (рис. 4). Алевролитовая фракция имеет размер от 0,01 до 0,05 мм. Форма их пластинчатая, угловатая. Состав такой же, что в песчаной фракции, но преобладают темные пылеватые зерна (рис. 5).

Пробы из техногенных отложений (органических культурных слоев) представлены плотной массой темно-коричневого цвета с нечетко выраженной слоистостью. При раскалывании масса легко распадается на комковатые и уплотненные обломки, в сколе которых присутствуют прерывистые и очень тонкие прослои белого цвета. В этих прослоях наблюдаются трещинки (рис. 6). Структура массы пористая зернисто-волокнистая. Конфигурация пор разнообразная: от неправильно изометрической до вытянутой в одном направлении (рис. 6 и 7). В общей массе присутствуют мелкозернистые включения, но преобладают удлиненные остатки древесины с сохранившейся микроструктурой (рис. 7 и 10). В отдельных образцах наблюдается контакт плотных и равномерно пористых слоев. В плотных слоях присутствуют трещины, а в пористых – овалы образования (рис. 8).

Эти образования покрыты белой корочкой, которые имеют моховидную поверхность, возможны грибковые образования на овальных включениях органического мусора (рис. 9). В рыхлой фракции хорошо различа-

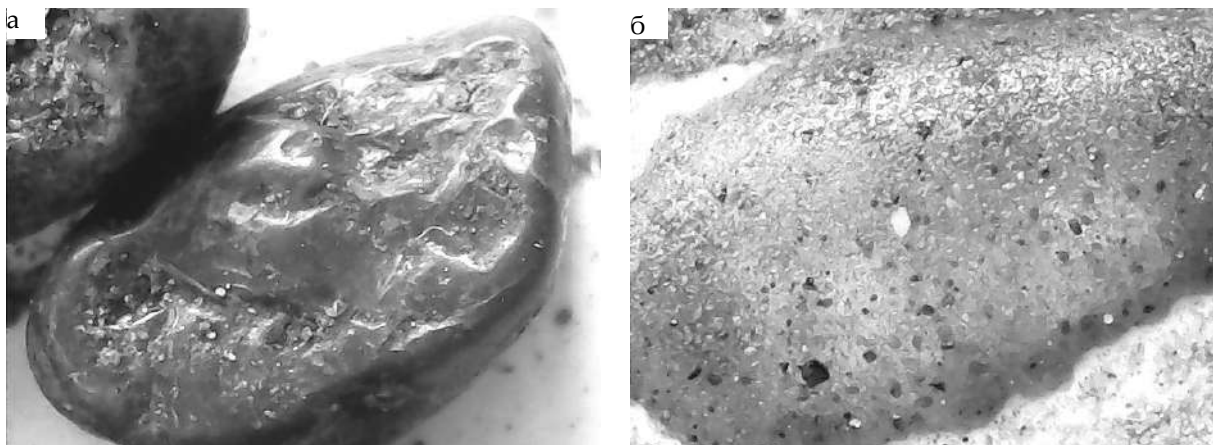


Рис. 3. Фото галечной фракции: а – яшмовидный кремль; б – известняк

ются древовидные остатки и единичные песчинки кварца (рис. 10).

Таким образом, на начальном этапе заселения территории Самары поселенцы столкнулись со значительными сложностями, об-

условленными природными компонентами ландшафта: высокой расчлененностью и перепадами рельефа, рыхлыми песчаными грунтами, активными эрозионными процессами. В месте расположения современной Хлебной

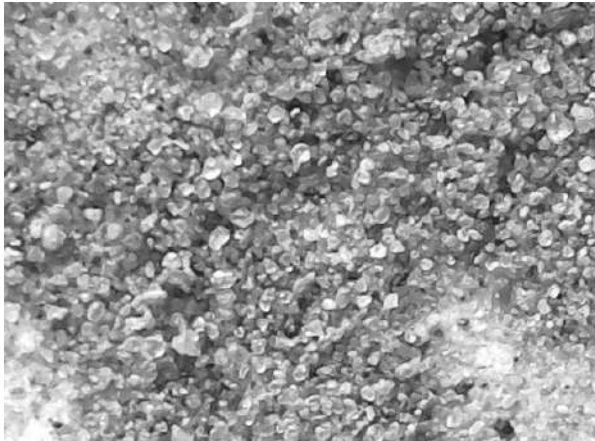


Рис. 4. Фото песчаной фракции

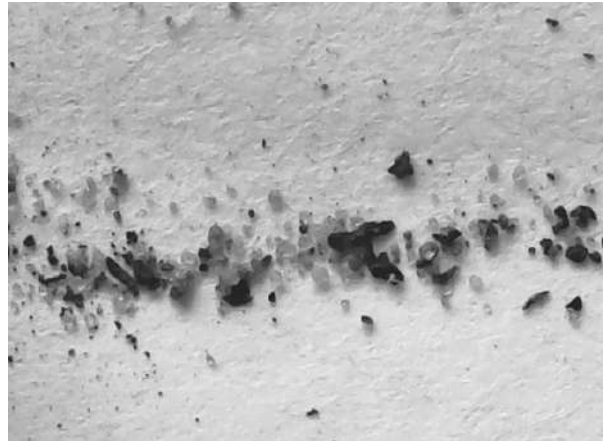


Рис. 5. Фото алевритовой фракции

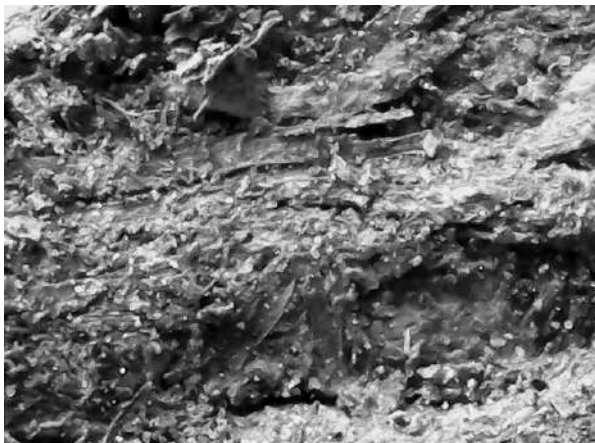


Рис. 6. Поверхность скола с трещинами и белыми прослоями

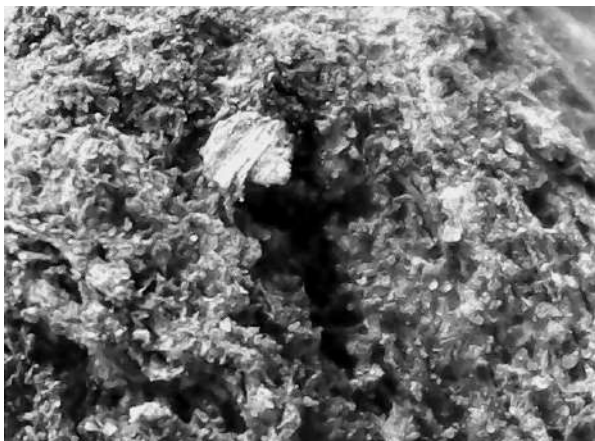
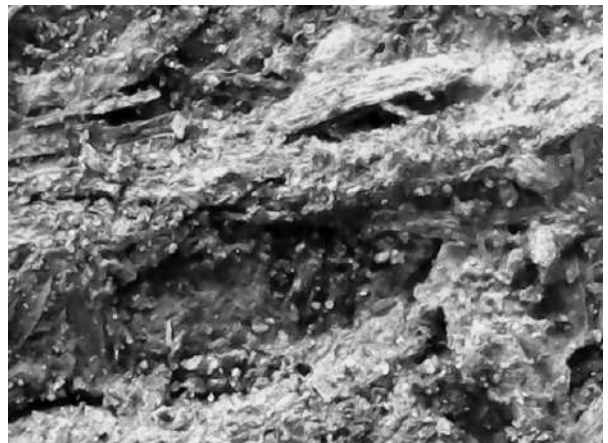
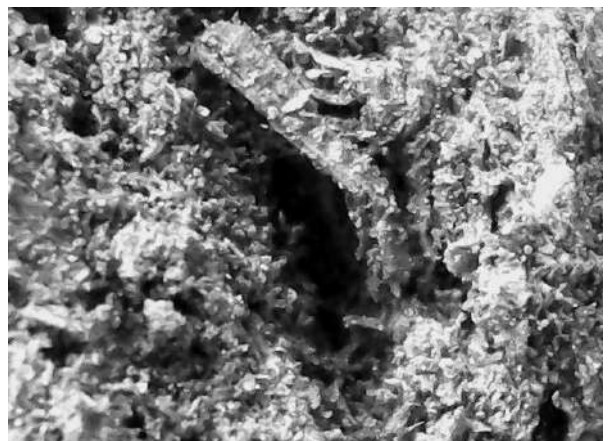


Рис. 7. Древовидные включения в тонкозернистой массе



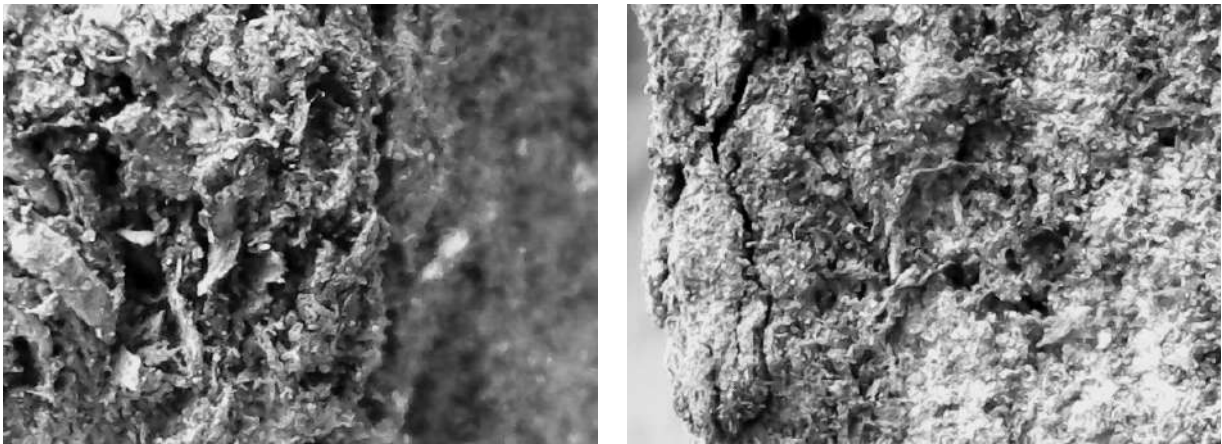


Рис. 8. Контакт плотных и пористых слоев

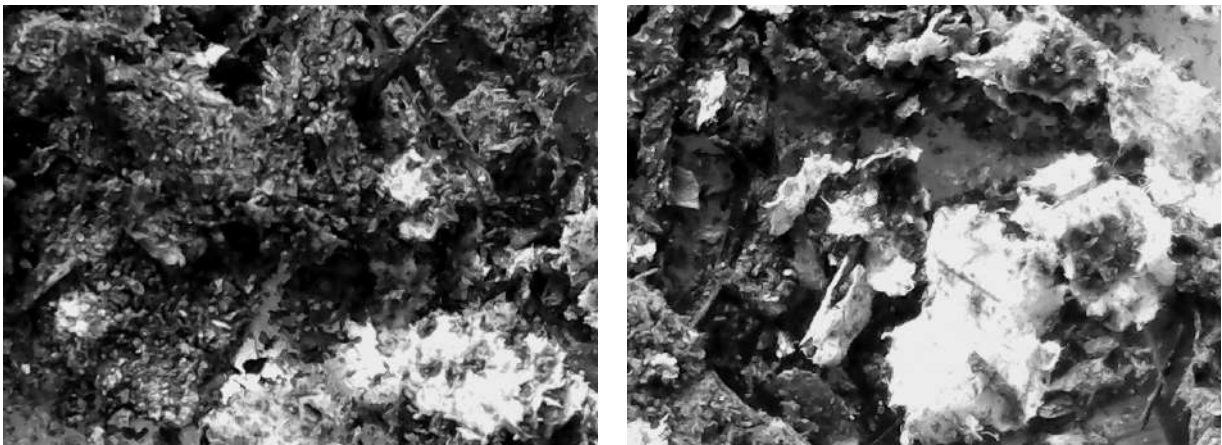


Рис. 9. Белые образования на овальных включениях

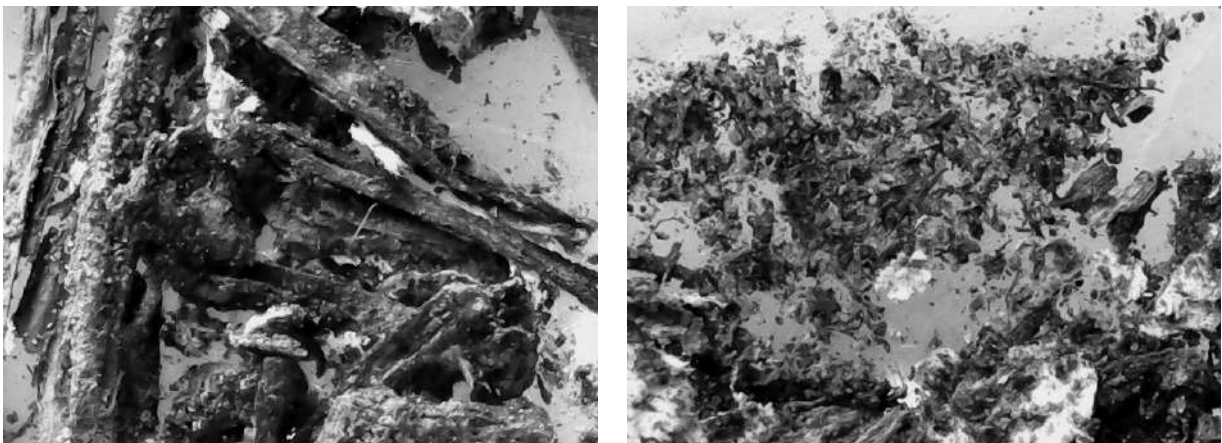


Рис. 10. Растительные остатки и песчинки прозрачного кварца в рыхлой фракции

площади данные проблемы решались с помощью строительства деревянных конструкций и формирования антропогенных наносов большой мощности из органических материалов и строительного мусора.

Выводы. 1. Техногенные отложения Древней Самары характеризуются большой толщиной органических культурных слоев (7-8 и более метров), уплотненных, имеющих послойное залегание, пористую структуру,

с остатками древесины и хозяйственных отходов.

2. В качестве подстилающих пород под техногенным органическими отложениями расположены естественные древнеаллювиальные отложения в виде песка, супеси и гравия.

3. Инженерно-геологические особенности техногенных отложений могут осложнить использование территории для городского строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каздым А.А. Техногенные грунты и техногенные отложения, техногенные ландшафты и культурный слой – современные проблемы классификации и систематики // Грунтоведение. 2014. №1. С. 54–70.

2. Кыздым А.А. Петрографические и минералогические исследования в палеогеоэкологии // Экология: синтез естественно-научного, технического и гуманитарного знания: материалы III Всероссийского научно-практического форума. Саратов, 2012. С. 37–46.

3. Афонин А.П., Дудлер И.В., Зиангиров Р.С., др. Классификация техногенных грунтов // Инженерная геология. 1990. №1. С. 115–121.

4. Коломенская В.Н., Кофф Г.Л. Особенности инженерно-геологической типизации территории Московской области с целью рационального использования и охраны геологической среды // Инженерная геология. 1985. № 5. С. 79.

5. Доклад о состоянии и использовании земель в Самарской области в 2018 году / Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Самарской области. Самара, 2019. 93 с.

6. Баранова М.Н., Васильева Д.И. Геолого-геоморфологическое районирование на территории Самары // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство / СГАСУ. Самара, 2016. С. 189–192.

7. Васильева Д.И. Геологические условия строительства Самарской крепости XVIII века на Хлебной площади г.о. Самара // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, В.П. Попова; СГАСУ. Самара, 2015. С. 252–257.

8. Васильева Д.И., Баранова М.Н., Пивоварова Л.В. Овраги как геоэкологический фактор при использовании земель населенных пунктов // Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы: материалы 7-й междунар. научно-практ. конф., посв. 120-летию со дня рожд. проф. С.М. Шиклеева и д.м.н., проф., чл.-корр. АМН СССР М.В. Сергиевского. 16 ноября 2018

/ отв.ред. С.И. Павлов; зам. отв. ред. А.С. Яицкий. Самара: СГСПУ, 2018. С. 107–110.

9. Ковалев С.Н. Овражная эрозия на урбанизированных территориях // Эрозия почв и русловые процессы. М., 2001. Вып. 13. С. 55–84.

10. Любимов Б. П., Ковалев С. Н. Зональные и региональные типы оврагов // Геоморфология. 2006. №1 С. 11–19.

11. Ибрагимова С.А., Казанцев И.В. Характеристика эрозионных процессов на территории Самарской области // Известия СНЦ РАН. 2014. Т. 16, №1–1. С. 243–246.

12. Научно-технический отчет по теме: «Обследование технического состояния здания павильона – кафе, расположенного на Набережной р. Волги в Самарском районе, г. Самара» / СамГАСА. Самара, 2000. С. 7–14.

13. Рачитский В.И. Инженерно-геологическое районирование Куйбышевской области // Геология, геохимия и эксплуатация нефтяных месторождений. Куйбышев: КПТИ, 1969.

14. Платонов М.В., Тугарова М.А. Петрография обломочных и карбонатных пород. СПб.: СПбГУ, 2004. 72 с.

15. Баранова М.Н., Мальцев А.В. Основы петрографии осадочных пород / СГАСУ. Самара, 2015. 32 с.

16. Костюк В.П. Основы минералогии и петрографии: курс лекций / СГАСУ. Самара, 2002. 156 с.

17. Кочурова Р.Н. Основы практической петрографии. Л.: ЛГУ, 1977. 176 с.

18. Наумов В.А. Оптическое определение компонентов осадочных пород. М.: Недра, 1981. 203 с.

19. Татарский В.Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод. М.: Недра, 1965. 306 с.

REFERENCES

1. Kazdym A.A. Technogenic soils and technogenic deposits, technogenic landscapes and the cultural layer - modern problems of classification and taxonomy. *Gruntovedenie* [Soil science], 2014, no. 1 pp. 54-70. (in Russian)

2. Kazdym A.A. Petrographic and mineralogical research in paleoecology. *Ecologia: sintez estestvenno-nauchnogo, tehničeskogo i gumanitarnogo znaniya. Materialy III Vserossiskogo nauchno-praktičeskogo foruma* [Ecology: synthesis of natural science, technical and humanitarian knowledge. Materials of III All-Russian scientific-practical forum]. Saratov, 2012, pp. 37-46. (in Russian)

3. Afonin A.P., Dudler I.V., Ziangirov R.S., Lychko Y.M., Ogorodnikova E.N., Spiridonov D.V., Chernyak E.R., Drozdov D.S. Classification of technogenic soils. *Ingenernaya Geologiya* [Engineering Geology], 1990, no. 1, pp. 115-121. (in Russian)

4. Kolomenskaya, V.N.; Koff, G.L. Features of the engineering and geological typification of the Moscow region territory for the purpose of the rational use and

protection of the geological environment. *Ingenernaya Geologiya* [Engineering Geology], 1985. № 5. pp. 79. (in Russian)

5. *Doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel v Samar-skoj oblasti v 2018 godu* [Report on the state and use of land in the Samara region in 2018]. Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography. Directorate of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography for the Samara Region. Samara, 2019. 93 p.

6. Baranova M.N., Vasilieva D.I. Geological and geomorphological zoning on the territory of Samara. *Tradicii i innovazii v stroitelstve i architecture. Stroitelstvo*. [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction]. Samara: Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2016, pp. 189-192. (in Russian)

7. Vasilieva D.I. 2015 Geological conditions for the construction of the Samara fortress of the 18th century on the Khlebnaya square of the city of Samara. *Tradicii i innovazii v stroitelstve i architecture. Stroitelstvo* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction]. Samara: Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2015, pp. 252-257. (in Russian)

8. Vasilieva D.I., Baranova M.N., Pivovarova L.V. Ravines as a geoecological factor in the use of land in settlements. *Materialy 7 nauchnopracticheskoi konferenzii "Bioecologicheskoe kraevedenie: mirovye, rossiiskie i regionalnye problem"* [Materials of the 7th international scientific-practical. Conf. "Bioecological local history: world, Russian and regional problems]. Samara: SGSPU, 2018, pp. 107-110. (in Russian)

9. Kovalev S.N. Ravine erosion in urbanized areas. *Pochvennaya erosiya i ruslovyje process* [Soil erosion and channel processes]. Moscow, Moscow State University, 2001, Vol. 13, pp. 55-84. (in Russian)

10. Lyubimov B.P., Kovalev S.N. Zonal and regional types of ravines. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. Moscow, 2006, no. 1. pp. 11-19. (in Russian)

11. Ibragimova S.A. Kazantsev I.V. Characteristics of erosion processes on the territory of the Samara region. *Izvestiya SNC RAN* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Samara, 2014, vol. 16. no. 1-1, pp. 243-246. (in Russian)

12. Scientific and technical report on the topic: "Inspection of the technical condition of the building of the pavilion - a cafe located on the Embankment of the river Volga in the Samara region, Samara city". Samara, SamGASA, 2000, pp. 7-14. (in Russian, unpublished)

13. Rachitsky V.I. Engineering-geological zoning of the Kuibyshev region. *Sbornik "Geologiya, geohimiya i ecspluataciya neftyanyh mestorozhdenii* [Collection "Geology, geochemistry and exploitation of oil fields"]. Kuibyshev, KPTI, 1969. (in Russian)

14. Platonov M.V. Tugarova M.A. *Petrografiya oblo-mochnych i karbonatnych porod: uchebnoe posobie* [Petrography of clastic and carbonate rocks: textbook]. St. Petersburg, SPbGU, 2004. 72 p.

15. Baranova M.N. Maltsev A.V. *Osnovy petrografii osadochnykh porod: metodicheskie ukazaniya* [Bases of petrography of sedimentary rocks: method instructions]. Samara, SGASU, 2015. 32 p.

16. Kostyuk V.P. *Osnovy mineralodii i petrografii: kurs leccii* [Bases of mineralogy and petrography: a course of lectures]. Samara, SGASU, 2002. 156 p.

17. Kochurova R.N. *Osnovy prakticheskoi petrografii* [Bases of practical petrography]. Leningrad, LSU, 1977. 176 p.

18. Naumov V.A. *Opticheskoe opredelenie componen-tov osadochnykh porod* [Optical determination of the components of sedimentary rocks]. Moscow, Nedra, 1981. 203 p.

19. Tatarsky V.B. *Cristoloptica i immersionnyj metod* [Crystal optics and immersion method]. Moscow, Nedra, 1965. 306 p.

Об авторах:

ВАСИЛЬЕВА Дарья Игоревна

кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры строительной механики, инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: vasilievadi@mail.ru

БАРАНОВА Маргарита Николаевна

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

МАЛЬЦЕВ Андрей Валентинович

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

СОКОЛОВА Светлана Владимировна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства
Самарский государственный университет путей сообщения
443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2 В
E-mail: sokolova9967@mail.ru

VASILIEVA Daria I.

PhD in Biological Science, Associate Professor of the Structural Mechanics, Engineering Geology, Bases and Foundations Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, st. Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: vasilievadi@mail.ru

BARANOVA Margarita N.

PhD in Technical Science, Associate Professor of the Structural Mechanics, Engineering Geology, Bases and Foundations Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, st. Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: mnbaranova@yandex.ru

MALTSEV Andrey Valentinovich

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

SOKOLOVA Svetlana Vladimirovna

PhD in Technical Science, Associate Professor of the Construction Chair
Samara State Transport University
443066, Samara, st. Svobody, 2 В
E-mail: sokolova9967@mail.ru

Для цитирования: Васильева М.Н., Баранова М.Н., Мальцев А.В., Соколова С.В. Инженерно-геологические и петрографические особенности техногенных слоев на территории г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 4–15. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.1.

For citation: Vasilieva D.I., Baranova M.N., Maltsev A.V., Sokolova S.V. Engineering, Geological and Petrographic Features of Anthropogenic Layers in the Territory of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 4–15. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.1.

С. К. ЗЕМЛЯНСКИХ
А. Н. АЛЁШИН
А. В. АТАМАНЧУК

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ФРАГМЕНТОВ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ С ЗАЩЕМЛЕННЫМИ ОПОРНЫМИ ЗОНАМИ

METHODOLOGY OF THE TESTS OF FRAGMENTS OF MULTI-HOLLOW SLABS OF
FORMLESS MOLDING WITH PINCHED SUPPORT ZONES

Рассмотрена проблема определения момента образования нормальных трещин в изгибаемых железобетонных элементах со сложной формой поперечных сечений, защемленных одним концом в кирпичной кладке и работающих под действием отрицательного изгибающего момента. Приведена методика испытания опытных образцов многопустотных плит безопалубочного формования. Целью эксперимента является определение углов поворота опорных узлов многопустотных плит безопалубочного формования, заделанных в кирпичную кладку. Представлена конструкция установки для испытания экспериментальных образцов до момента образования трещин. Дана схема расстановки измерительных приборов для определения деформации опорного узла в месте заделки плиты в кладку, прогиба опытного образца в месте приложения нагрузки, деформации кирпичной кладки, моделирующей стену многоэтажного здания.

Ключевые слова: изгибаемый элемент, методика испытаний, угол поворота опорного узла

В плитах безопалубочного формования, опертых на кладку многоэтажных кирпичных зданий, нормальные трещины в верхних зонах вблизи заделки при эксплуатационных нагрузках не допускаются. Однако многочисленные наблюдения и экспериментальные исследования таких конструкций показывают, что такие трещины появляются при превышении расчетной нагрузки на 12 % [1]. Впоследствии эти трещины стабилизируются и, практически не влияя на несущую способность конструкции, могут оказывать серьезное воздействие на долговечность и надежность работы плиты [2–5].

В статье приведена методика натурных испытаний плит безопалубочного формования, защемленных в кирпичную кладку, и приведена конструкция установки, используемой при проведении таких испытаний.

В ходе самих испытаний измеряются линейные деформации опорных узлов плит. Глав-

The problem of determining the moment of formation of normal cracks in bending reinforced concrete elements with a complex cross-sectional shape, clamped at one end in brickwork and operating under the action of a negative bending moment is considered. A technique for testing prototypes of hollow-core slabs without formwork is presented. The purpose of the experiment is to determine the angles of rotation of the support nodes of hollow-core slabs without formwork, embedded in brickwork. The design of an installation for testing experimental specimens until the moment of cracking is presented. A diagram of the arrangement of measuring instruments is given to determine the deformation of the support unit at the place where the slab is embedded in the masonry, the deflection of the prototype at the place of load application, the deformation of the brickwork simulating the wall of a multi-storey building.

Keywords: bending element, test procedure, angle of rotation of the support unit

ной задачей, решаемой на основе проведенных испытаний, является определение углов поворота плиты в опорном узле, которые будут возникать при нагружении плиты до образования нормальных трещин. После этого определяется зависимость между моментом трещинообразования $M_{\text{трс}}$ и углом поворота плиты в заделке γ .

$$\gamma = f(M_{\text{трс}}; I_{\text{оп}}; \sigma_{\text{кл}}; R_{\text{кл}}), \quad (1)$$

где γ – угол поворота плиты в опорном узле; $M_{\text{трс}}$ – изгибающий момент образования трещин в плите;

$I_{\text{оп}}$ – длина опоры плиты в стене;

$\sigma_{\text{кл}}$ – напряжение в кирпичной кладке;

$R_{\text{кл}}$ – предельное сопротивление кладки.

Разработка точного метода определения момента образования трещин в сложных сечениях плит и является конечной задачей исследования. Сегодня такой методики в действующей

щих строительных правилах [СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения] нет.

В эксперименте определяются деформации δ верхнего и нижнего швов опорного узла в зависимости от прилагаемой нагрузки (рис.1).

Принципиальная схема испытания фрагмента плиты приведена на рис. 2.

Испытания образцов проводятся на специальном стенде, конструкция которого приведена на рис. 3.

Экспериментальные образцы изготовлены из плит безопалубочного формования ПБ 12.12-8 высотой 220 мм под унифицированную расчетную нагрузку (сверх собственной массы) 800 кгс/м² [6], которые распилены вдоль внутренних пустот. Размеры образцов – 1200×360 мм.

Образец одним концом заделывается в кладку фрагмента кирпичной стены с размерами в плане 380×380 мм. Размеры площадок опирания образцов составляют 16; 12; 8 см [3].

Вертикальная нагрузка в узле Р2, имитирующая нагрузку от верхних этажей, создается домкратом №2, передается через металлическую распределительную плиту. Величина усилия при испытаниях на кирпичную кладку соответствует нагрузке на нижний этаж 14-этажного кирпичного здания. Эта нагрузка создается вначале и поддерживается постоянной на протяжении всего испытания.

Нагрузка на фрагмент плиты Р1 (см. рис. 2) создается гидравлическим домкратом (рис. 4).

Для контроля величины прикладываемой нагрузки используется динамометр сжатия с максимально допустимой величиной нагрузки 15 тс. Нагрузка Р1 прикладывается в точку, расположенную на конце консоли образца (см. рис. 2), ступенями шагом 1 тс (ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости). Для обеспечения равномерного перемещения плиты и предотвращения внезапных хрупких разрушений край плиты помещается в специальную обойму и подвешивается на траверсу через две тяги. Эти тяги будут брать на себя часть воспринимаемой нагрузки, не давая преждевременно обрушиться конструкции. Нагрузка на плиту вычисляется как разница между нагрузкой, прикладываемой домкратом 2 на обрез плиты, и нагрузкой растяжения поддерживающих тяг. Часть нагрузки, которую воспринимают тяги, вычисляется из их деформаций по показаниям тензодатчиков. Суммарная нагрузка на плиту до образования нормальных трещин на верхней грани с учетом нагружения поддерживающих тяг будет составлять

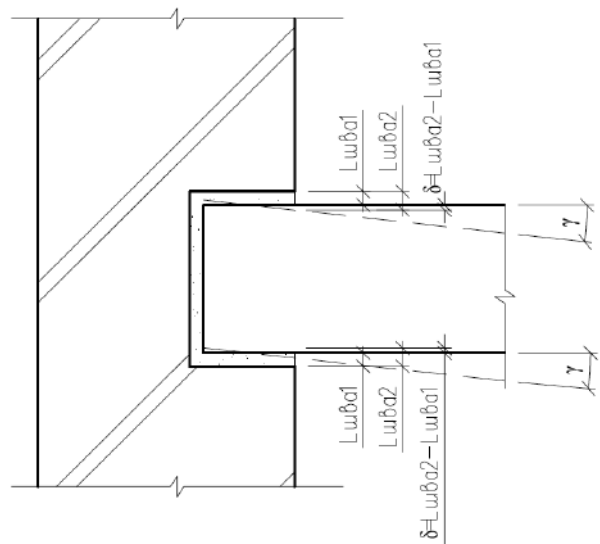


Рис. 1. Деформация и угол поворота опорного узла

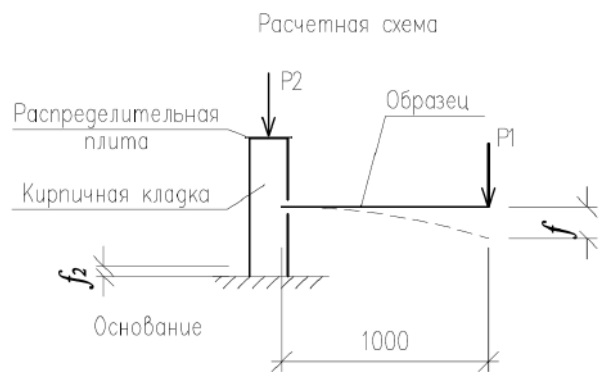


Рис. 2. Схема испытания плиты

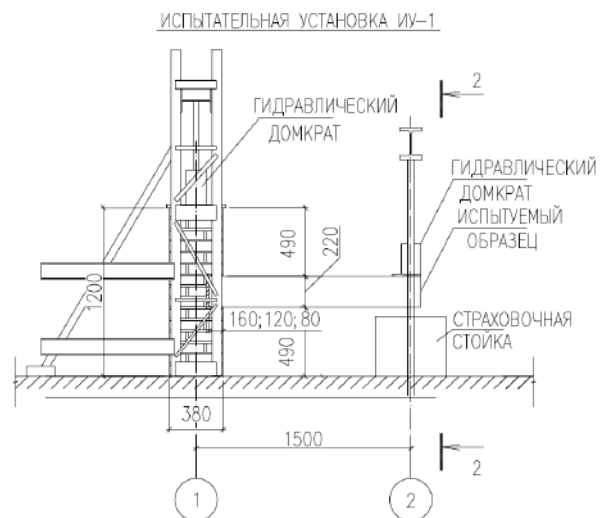


Рис. 3. Схема стенда для проведения испытаний

не более 12 тс. Тяги изготовлены из арматуры класса А 1000 диаметром 10 мм.

Вычисленная по результатам численного эксперимента теоретическая расчетная нагрузка образования трещин составляет 10,16 тс, при этом максимальные расчетные деформации в точке приложения нагрузки P_1 составляют 5,2 мм.

В процессе испытаний фиксируются деформации швов δ (см. рис. 1) опорного узла образца, величина прогиба в консоли образца, осадка опоры f_2 . (см. рис. 2). При образовании нормальных трещин на верхней грани образца испытание прекращается.

Для определения деформаций швов опорного узла используется тензометр рычажного типа ТР (системы Аистова) [4]. Схема расстановки измерительных приборов для определения деформаций опорного узла представлена на рис. 5. На верхний и нижний швы устанавливаются по два тензометра. Тензометры закреплены на обойме из уголков 20×20×3 мм.

Выводы. 1. Установка позволяет провести испытания образцов железобетонных плит безопалубочного формирования от начала нагружения до момента образования нормальных трещин в приопорной зоне плиты с необходимой точностью (непосредственно на экспериментальный образец нагрузка не должна превышать 5 тс).

2. Приведенная методика измерения деформаций растворных швов в узле опирания опытного образца позволяет определить деформации с точностью 0,001 мм, при том что по результатам численного эксперимента абсолютная величина деформации швов не превышает 0,008 мм.

3. Полученные результаты измерения деформаций швов позволяют определить углы поворота плиты в опорном узле кладки с точностью 0,004 рад.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Suomen Betonitieto Oy «Experimental research on wall-hollow core slab connections ». 26.2.2003 Arto Suikka, Matti Pajari, VTT BUILDING AND TRANSPORT, Puumiehenkuja 2 A, Espoo, P.O.Box 1806, FIN-02044 VTT, Finland.

2. Туров А.И. Проектирование узлов опирания многопустотных плит безопалубочного формирования // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно-практической конференции: в 2 ч. / ДальГАУ, ФСиП. Благовещенск, 2018. С. 164–168.

3. Лазовский А.Д. Влияние прижатия на работу платформенного стыка многопустотных панелей безопалубочного формирования // Архитектура, стро-

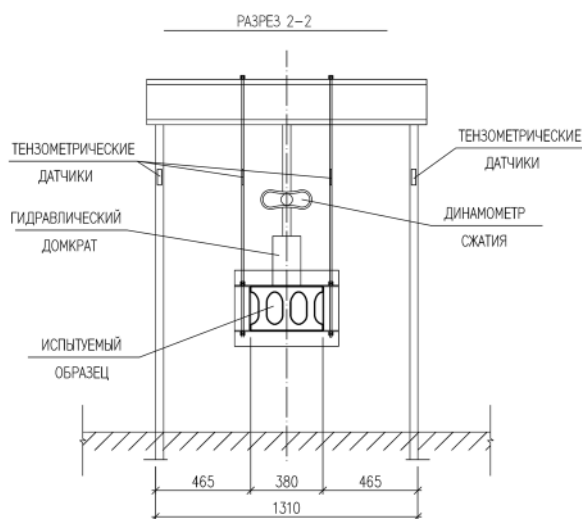


Рис. 4. Разрез 2-2

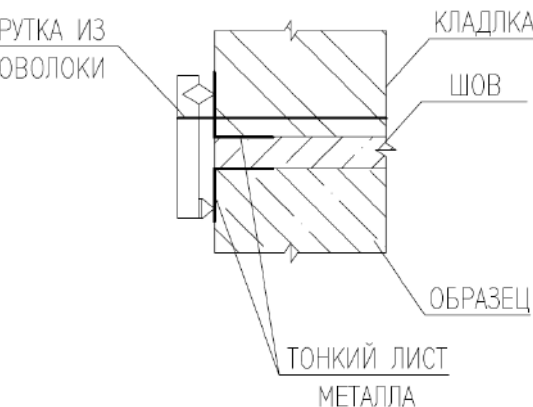
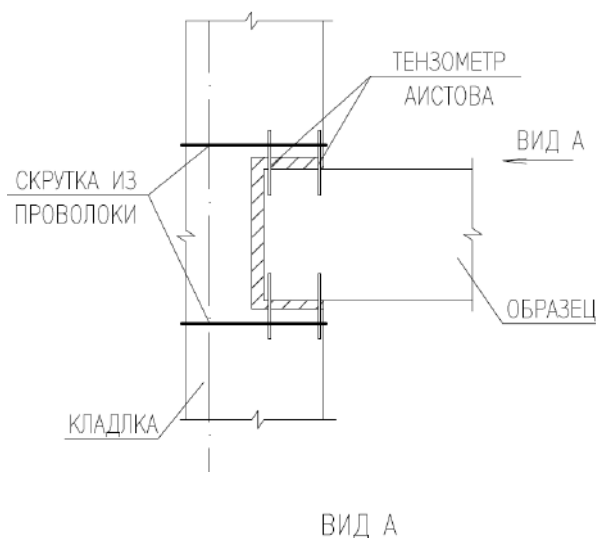


Рис. 5. Схема закрепления измерительных приборов

ительство, транспорт: материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). 2015 / Полоцкий государственный университет (ПГУ). Республика Беларусь, Новополоцк, 2015. С. 305–310.

4. Туров А.И. Допустимая полезная нагрузка на плиты безопалубочного формования при опирании на кирпичные стены // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России / ДальГАУ, ФСиП. Благовещенск, 2017. С. 204–209.

5. Туров А.И. Несущая способность плит безопалубочного формования // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития. Благовещенск, 17 апреля 2019 г. / ДальГАУ, ФСиП. Благовещенск, 2019. С. 135.

6. Серия ИЖ 568-03. Плиты перекрытия железобетонные многопустотные предварительно напряженные стенового безопалубочного формования высотой 220 мм, шириной 1200 мм, армированные высокопрочной проволокой класса Вр-II. Рабочие чертежи. М., 2004.

7. Таюкин Г.И. Приборы и оборудование для статических испытаний строительных конструкций. Томск : Изд-во Том. гос. арх.-строит. ун-та, 2011. 23 с.

8. Прокопович А.А., Алёшин А.Н., Землянских С.К. Учёт пластических свойств бетона при определении момента образования нормальных трещин в изгибаемых элементах со сложной формой поперечных сечений // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей. Самара, 2018. С. 145–149.

REFERENCES

1. Suomen Betonitieto Oy. Experimental research on wall-hollow core slab connections ». 26.2.2003 Arto Suikka, Matti Pajari, VTT BUILDING AND TRANSPORT, Puumiehenkuja 2 A, Espoo, P.O.Box 1806, FIN-02044 VTT, Finland.

2. Turov A. I. The design of the nodes of the support hollow-core slabs. *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 2 ch.* [Agribusiness: problems and prospects of development]. Blagoveshchensk, 2018, pp. 164-168. (in Russian)

3. Lazouski A. Influence of pressing on the operation of the platform joint of hollow-core panels without formwork. *Arhitektura, stroitel'stvo, transport: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (k 85-letiyu FGBOU VPO «SibADI»)* [Architecture, construction, transport: materials of the International Scientific and Practical Conference (to the 85th anniversary of FSBEI HPE "SibADI")]. Polotsk, Polotsk sState University, 2013, pp. 45-50. (in Russian)

4. Turov A. I. The allowable payload on the plate cold forming while resting on a brick wall. *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: ma-*

terialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu ekologii v Rossii [Agro-industrial complex: problems and development prospects: materials of the International scientific-practical conference dedicated to the Year of Ecology in Russia]. Blagoveshchensk, 2017, pp. 204-209. (in Russian)

5. Turov A. I. Load-bearing capacity of slabs of formless molding. *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu ekologii v Rossii* [Agro-industrial complex: problems and development prospects: materials of the International scientific-practical conference dedicated to the Year of Ecology in Russia]. Blagoveshchensk, 2019, pp. 135.

6. IZH 568-03 Series. Floor slabs are reinforced concrete multi-hollow prestressed of bench formless molding with a height of 220 mm, a width of 1200 mm, reinforced with high-strength wire of class Вр-II. Working drawing. Moscow, 2004.

7. Tayukin, G. I. *Pribory i oborudovanie dlya staticheskikh ispytaniy stroitel'nykh konstrukcij* [Devices and equipment for static testing of building structures]. Tomsk, 2011 p. 23.

8. Prokopovich A. A., Aleshin A. N., Zemlyanskikh S.K. Consideration of the plastic properties of concrete when determining the moment of formation of normal cracks in bent elements with complex cross-sections. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo: sbornik statej* [Tradition and innovation in construction and architecture. Construction: a collection of articles]. Samara, 2018, pp.145-149. (in Russian)

Об авторах:

ЗЕМЛЯНСКИХ Семен Константинович
аспирант кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: zemlyak92@yandex.ru

ZEMLYANSKIKH Semen K.
Postgraduate Student of the Reinforced Concrete
Structures Chair Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: zemlyak92@yandex.ru

АЛЁШИН Андрей Николаевич
кандидат технических наук, доцент, заведующий
кафедрой строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: aleshin_andrei@list.ru

ALESHIN Andrey N.
PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head
of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara
State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: aleshin_andrei@list.ru

АТАМАНЧУК Алексей Вячеславович
кандидат технических наук, преподаватель
Севастопольский архитектурно-строительный колледж
299008, Россия, г. Севастополь, ул. Пожарова, 28А
E-mail: pahar4791@mail.ru

ATAMANCHUK Alexey V.
PhD in Engineering Science, Lecturer
Sevastopol College of Architecture and Civil Engineering
299008, Russia, Sevastopol, Pozharovast., 28A
E-mail: pahar4791@mail.ru

Для цитирования: *Землянских С.К., Алёшин А.Н., Атаманчук А.В.* Методика проведения испытаний фрагментов многопустотных плит безопалубочного формования с защемленными опорными зонами // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 16–20. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.2.

For citation: *Zemlyanskikh S.K., Aleshin A.N., Atamanchuk A.V.* Methodology of the tests of fragments of multi-hollow slabs of formless molding with pinched support zones. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 16–20. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.2.

**78-я ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ»**



С. С. МОРДОВСКИЙ
К. Б. ШАРАФУТДИНОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE INFLUENCE OF TRANSVERSE REINFORCEMENT
FOR STRENGTH OF COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Анализируется влияние поперечного армирования, в том числе косвенного, на прочность сжатых железобетонных элементов. Данный вопрос возник в связи с возможностью повышения прочности коротких железобетонных элементов, нагруженных продольной силой с малыми в пределах сечения элемента эксцентриситетами. Для таких элементов может проявляться эффект обоймы, связанный с коэффициентом поперечных деформаций, величина которых является непосредственным фактором разрушения бетонного образца, и ограничение таковых непосредственно влияет на несущую способность образца в сторону увеличения. Рассмотрено влияние поперечного армирования в виде хомутов, расположенных с различным шагом, а также косвенного армирования в виде сеток с классической прямоугольной ячейкой и сеток типа «зигзаг».

Ключевые слова: железобетонные сжатые элементы, прямоугольное сечение, косвенное армирование, поперечное армирование, хомуты, арматурные сетки

Сжатые элементы представляют значительный сегмент конструкций в строительстве, исследованию которых посвящено множество научных работ [1–7].

В качестве экспериментальных образцов выбраны призмы с геометрическими размерами 150×150×600 мм. Гибкость и прогиб элемента при таких размерах не оказывает влияние на несущую способность образцов. В такой постановке прочность поперечного сечения можно отождествлять с несущей способностью опытного образца.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований в части прочности образцов магистров (Голубев М.А., Шарафутдинов К.Б., Васильева Е.Е.) направления подготовки 08.04.01 «Строительство», программа подготовки – «Теория и проектирование железобетонных конструкций». Данный профиль реализуется на кафедре железобетон-

The influence of transverse reinforcement, including indirect reinforcement, on the strength of compressed reinforced concrete elements is analyzed. This question arose in connection with the possibility of increasing the strength of short reinforced concrete elements loaded with a longitudinal force with small eccentricities within the section of the element. For such elements, the cage effect may appear, associated with the coefficient of transverse deformations, the magnitude of which is a direct factor in the destruction of the concrete sample, and the limitation of these directly affects the bearing capacity of the sample in the direction of increase. The influence of transverse reinforcement in the form of stirrups located with different spacing, as well as indirect reinforcement in the form of meshes with a classical rectangular cell and meshes of the “zigzag” type is considered.

Keywords: reinforced concrete compressed elements, rectangular section, indirect reinforcement, transverse reinforcement, clamps, reinforcing meshes

ных конструкций СамГТУ. Эксперименты проводились в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории при кафедре строительных конструкций (с 01.09.2020 г. – кафедра железобетонных конструкций).

Все экспериментальные конструкции образцов испытывались на прессовом оборудовании П-250. Загружение осуществлялось однократное кратковременное с осевым приложением нагрузки. Помимо определения разрушающих нагрузок с помощью комплекса под названием ТК52, велось тензометрирование – определялись относительные деформации бетона и арматуры в процессе нагружения образцов, но в рамках данной статьи этот вопрос не освещается.

I. Образцы с поперечным армированием в виде хомутов (рис. 1)

Продольные арматурные стержни диаметром 12 мм из арматурной стали класса А500С

приварены к стальной пластине толщиной 6 мм. В первом варианте исполнения поперечная арматура отсутствует, данный образец изготавливается с целью оценки влияния только продольной арматуры на несущую способность колонны. Во втором и третьем вариантах армирования добавлены поперечные хомуты диаметром 6 мм из арматурной стали класса А400 с шагом 180 и 100 мм для оценки эффекта обоймы. В образцах второй серии добавлен один вариант армирования с шагом поперечных хомутов 50 мм. Соединение продольной и поперечной арматуры производится вязальной проволокой. Приварка арматурных стержней к металлическим пластинам необходима для обеспечения их проектного положения.

Геометрические характеристики экспериментальных образцов и прочностные показате-

ли материалов, из которых они изготовлены, представлены в табл. 1.

Разрушения армированных образцов происходили с выпучиванием продольных стержней и частичным разгибанием хомутов при их наличии в месте, где продольные стержни теряли устойчивость (рис. 2). При использовании сварных хомутов, а не вязаных, результаты прочности образца в эксперименте, возможно, оказались бы выше.

Основные выводы по применению поперечного армирования в виде замкнутых хомутов (Голубев М.А.):

1. Получены экспериментальные данные о напряжённо-деформированном состоянии и прочности коротких железобетонных колонн при значениях шага поперечного армирования от 4 до 15 диаметров рабочей продольной арматуры.

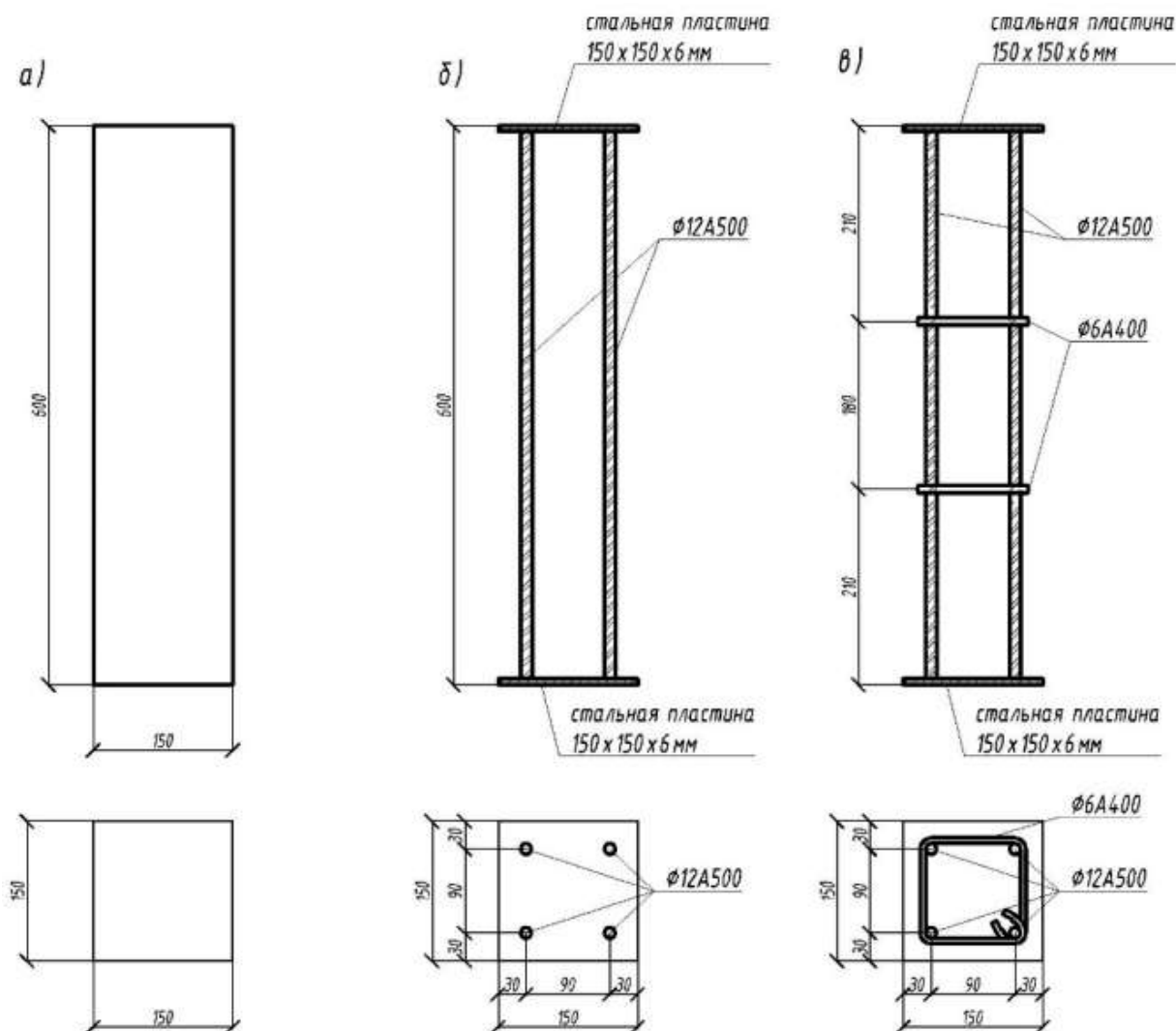


Рис. 1. Конструкция экспериментальных образцов с замкнутыми хомутами

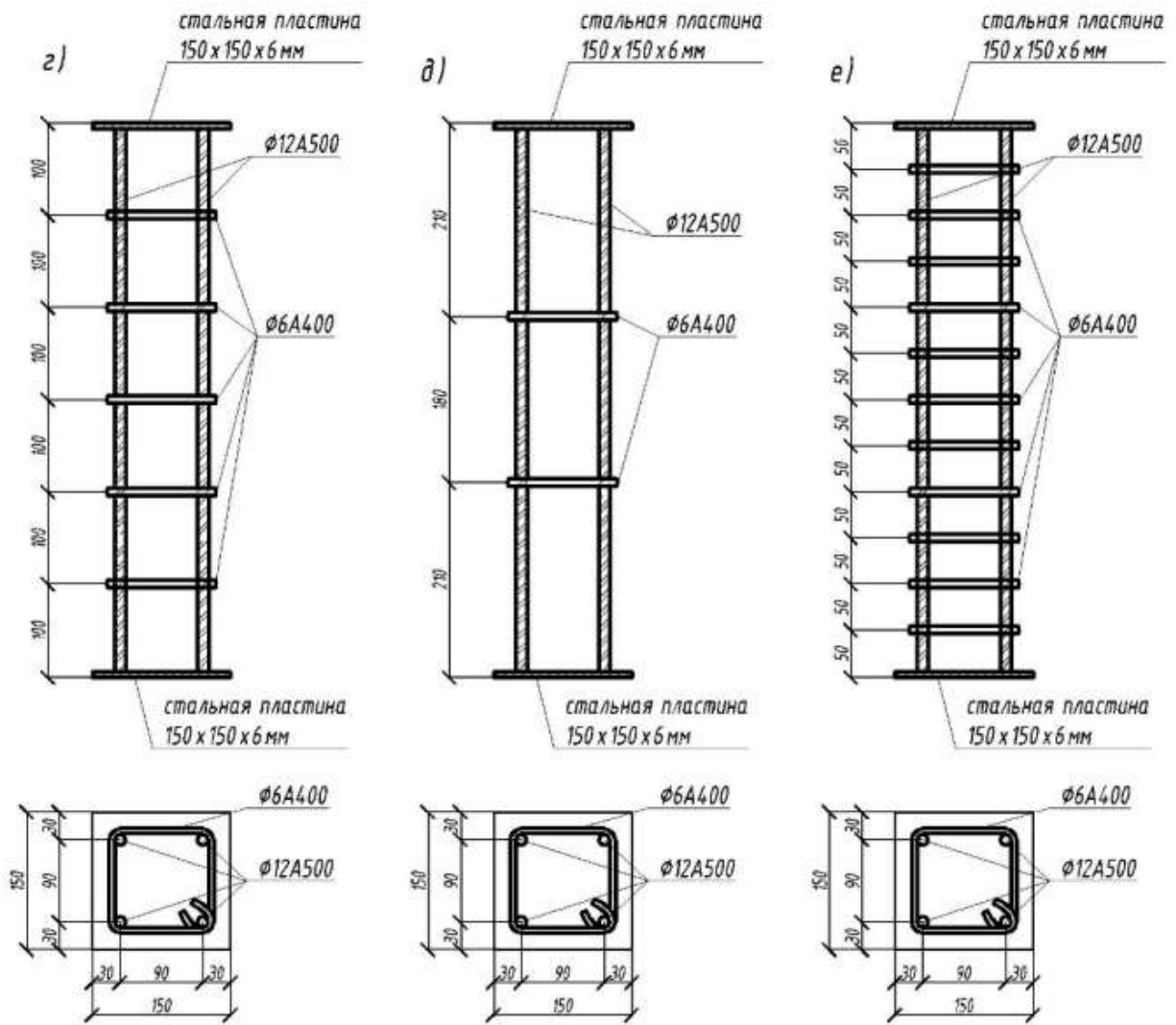


Рис. 1. (Окончание)

Таблица 1

Результаты испытаний образцов с поперечным армированием в виде замкнутых хомутов

Марка образца	Длина, мм	Высота сечения, мм	Ширина сечения, мм	Рабочая высота сечения, мм	R_b , МПа	$\sigma_{r, \text{MPa}}$ ($\varnothing 12A500$)	$\sigma_{r, \text{MPa}}$ ($\varnothing 6A400$)	A_{sc} , мм ²	Шаг хомутов, мм	N_{max} , кН
№ 1.1	600	151	151	-	33,15	-	-	-	-	975
№ 1.2	600	151	152	120		529,7	355	452	-	1300
№ 1.3	600	152	151	120					180	1300
№ 1.4	598	152	151	121		100	1300			
№ 2.1	600	150	151	120	29,96	529,7	355	452	180	900
№ 2.2	600	151	150	120					50	1095



Рис. 2. Экспериментальный образец после испытания

2. Максимально допустимый, согласно нормативным документам, шаг установки поперечных хомутов (15d) не оказывает влияния на несущую способность колонны. При значении шага установки поперечной арматуры величиной $8,3d$ прочность колонн также осталась неизменной.

3. В рамках проведенного эксперимента при значении шага установки поперечной арматуры $4,2d$ прочность (несущая способность) колонны увеличилась на 21,7 % относительно значения прочности в образце с шагом поперечного армирования согласно конструктивным требованиям свода правил (СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением №1). Однако данные сведения не дают оснований распространять полученные результаты на другие конструкции в связи с отсутствием выборки необходимого объема, требуемой для получения статистических характеристик распределения.

4. Конечно-элементное моделирование опытных образцов в ПК Лира-САПР показало идентичность характера напряженно-деформированного состояния с проведенным натурным экспериментом. Значения отклонений прочности экспериментальных образцов, рассчитанных в ПК Лира-САПР, от опытных значений находятся в интервале от -17,2 до +0,8 %.

5. Сопоставление результатов экспериментальных исследований с расчетом прочности по своду правил (СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003) показало отклонения от -36,4 до -6,6 %.

6. При установке поперечных стержней в колоннах с шагом, согласно конструктивным требованиям СП 63.13330.2018, учёт влияния поперечного армирования при расчете прочности (несущей способности) колонн не требуется.

II. Образцы с поперечным армированием в виде сеток типа «зигзаг» (рис. 3–5).

Сетка «зигзаг» чаще всего используется для армирования каменной кладки, однако тема данного исследования предполагает исследование использования этой сетки в сжатых железобетонных элементах вообще.

Преимуществом применения сеток «зигзаг» в кладке является возможность их выполнения из относительно толстой арматурной проволоки диаметром 4–10 мм, поскольку в них нет тех узлов, которые создают подпирающие точки в перекрестных сетках. Толщина шва раствора, в которой закладываются сетки «зигзаг», остается нормальной и не требует увеличения при диаметрах проволок 8 мм и менее. Однако в железобетонных конструкциях данное преимущество не играет никакой роли.

Для армирования образцов (рис. 3) использовалась проволока Вр-1 (ГОСТ 6727-80. Проволока из низкоуглеродистой стали холодноотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия (с Изменениями № 1-4), из которой гнулись сетки (рис. 4). Закрепление сеток в опалубке осуществлялось путём обвязки сеток с четырьмя продольными проволоками (рис. 3) из того же материала, как и сами сетки. В результате образовывался гибкий пространственный каркас, который затем помещался в стандартную стальную опалубку.

Было выполнено две серии образцов по причине недостаточного уплотнения бетонной смеси на некоторых образцах первой серии (Оз.1.2), что наглядно было видно на срезе поверхности призмы после разрушения образцов.

Геометрические характеристики экспериментальных образцов с поперечным армированием в виде сеток типа «зигзаг» и прочностные показатели материалов, из которых они изготовлены, представлены в табл. 2.

Анализируя результаты определения прочности образцов первой серии, выявлено увеличение прочности на 7 % и уменьшение поперечных и продольных деформаций в образцах с арматурой в виде сетки «зигзаг».

Согласно результатам эксперимента, наличие арматуры с сеткой «зигзаг» в образцах

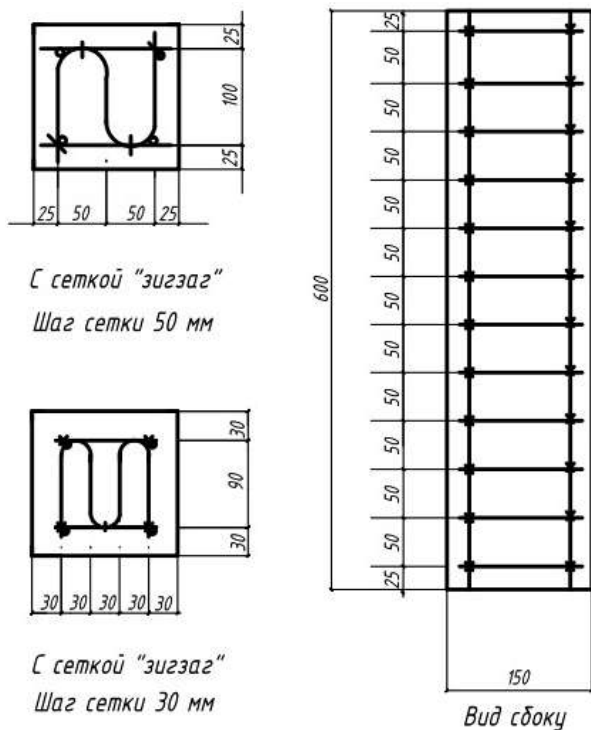


Рис. 3. Параметры сеток «зигзаг» для эксперимента

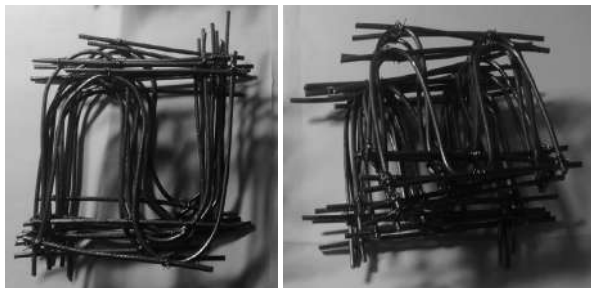


Рис. 4. Элементы для сборки каркаса из сеток «зигзаг»

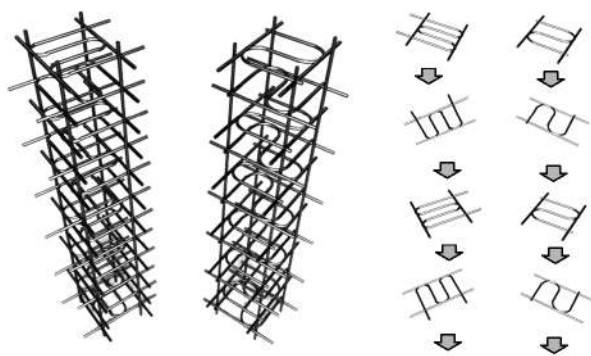


Рис. 5. 3D-модель армирования образцов сетками «зигзаг»

второй серии дает увеличение прочности на 14–17 %. Анализируя показания тензометрических датчиков образцов второй серии, можно увидеть, что применение сетки «зигзаг» с размером ячейки 50 мм значительно уменьшает поперечные и продольные деформации образцов, чем сетки «зигзаг» с размером ячейки 30 мм. Напряжения в бетоне достигали больших значений при приложении равной нагрузки именно у образца с меньшим размером ячейки сетки.

Основные выводы по результатам исследования образцов с поперечным армированием в виде сеток типа «зигзаг» (Шарафутдинов К.Б.):

1. Получены экспериментальные данные о влиянии армирования сеткой «зигзаг» на прочность коротких железобетонных колонн.
2. Наличие арматуры с сеткой «зигзаг» дает увеличение прочности на 7–17 % относительно неармированного элемента, а также, создавая эффект «обоймы», уменьшает поперечные и продольные деформации образцов.
3. Использование сетки «зигзаг» позволяет сэкономить 12–22 % объема и стоимости арматуры при установке её вместо прямоугольной сетки с теми же параметрами ячеек.

III. Образцы с поперечным армированием в виде классических сеток с прямоугольной ячейкой (рис. 6, 7)

Косвенное армирование является одним из способов повышения прочностных и деформационных характеристик железобетонных конструкций. Такое армирование, расположенное перпендикулярно сжимающему усилию, за счет ограничения поперечных деформаций создает объемное напряженное состояние и повышает эффективность работы бетона на сжатие.

Косвенное армирование названо так, поскольку воспринимает не продольные напряжения в бетоне, а поперечные, вызванные продольными деформациями.

Следуя такому определению, необходимо разграничить косвенное и поперечное армирование, а именно определить, что косвенное армирование является поперечным, но, как правило, под своим определением подразумевает более мощное армирование, призванное непосредственно воспринимать поперечные деформации бетона. Под поперечным армированием обычно подразумевают его назначение из конструктивных соображений, а именно: «Поперечную арматуру следует устанавливать исходя из расчета на восприятие усилий, а также в целях ограничения развития трещин, удержания продольных стержней в проектном положении и закрепления их от

Таблица 2

Результаты испытаний образцов с поперечным армированием в виде сеток типа «зигзаг»

Марка образца	Длина, мм	Высота сечения, мм	Ширина сечения, мм	$R_{p, MPa}$	σ_{br}, MPa ($\varnothing 3Bp-1$)	Разрывное усилие арм., кН	A_s, mm^2 ($\varnothing 3Bp-1$)	Шаг сеток, мм	$N_{max}, кН$
Оз. 1.1	600	150	150	28,88	-	-	-	-	650
Оз. 1.2	600	150	150		819	5,67	6,92	50	400
Оз. 1.3	600	150	150				6,92	30	700
Оз. 2.1	600	150	150	17,02	-	-	-	-	383
Оз. 2.2	600	150	150		744	4,79	6,44	50	450
Оз. 2.3	600	150	150				6,44	30	437

бокового выпучивания в любом направлении» (СП 63.13330.2018).

Сетки с квадратной ячейкой, применяемые в конструкциях экспериментальных образцов, выполнялись вязаными, что в конечном счёте сказалось на не столь большом повышении прочности на осевое сжатие относительно образцов без косвенного армирования.

Геометрические характеристики экспериментальных образцов с поперечным армированием в виде классических сеток с прямоугольной ячейкой и прочностные показатели материалов, из которых они изготовлены, представлены в табл. 3.

Образцы с маркировкой Оп.1.1* и Оп.2.1* в табл. 3 это те же образцы, что и Оз.1.1 и Оз.2.1 в табл. 2 соответственно. Эксперимент проводился совместно.

Основные выводы по результатам исследования образцов с поперечным армированием в виде классических сеток с прямоугольной ячейкой (Васильева Е.Е):

1. При использовании косвенного армирования в виде сеток с прямоугольной ячейкой прочность сжатого железобетонного элемента увеличивается:

- для элементов с ячейкой 30x30 с шагом 50 мм – на 7–20 %;
- для элементов с ячейкой 50x50 с шагом 50 мм – на 14 %.

2. В случае применения сварных сеток с квадратной ячейкой, а не вязаных, возможно, удалось бы повысить прочность образцов несколько больше.

3. Установка сеток с прямоугольной ячейкой является эффективным вариантом косвен-

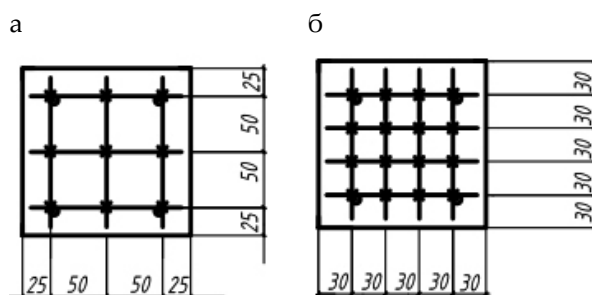


Рис. 6. Сетки с прямоугольной ячейкой: а – ячейка размером 50x50 мм; б – ячейка размером 30x30 мм

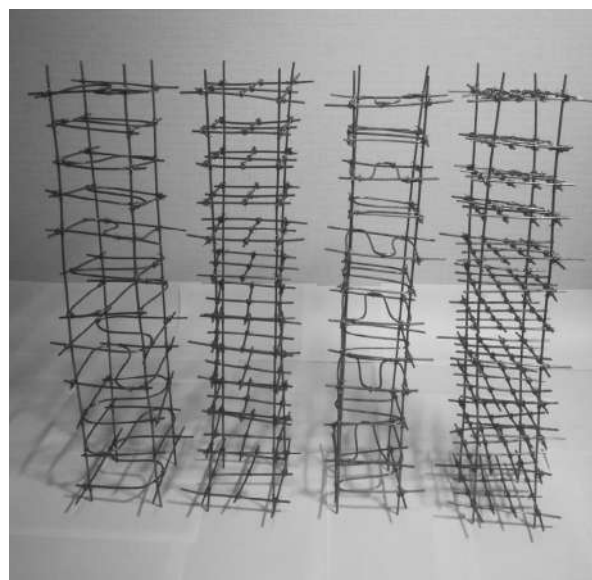


Рис. 7. Готовые арматурные каркасы (второй и четвёртый)

Таблица 3

Результаты испытаний образцов
с поперечным армированием в виде классических сеток с прямоугольной ячейкой

Марка образца	Длина, мм	Высота сечения, мм	Ширина сечения, мм	$R_{p, MPa}$	$\sigma_{в, MPa}$	$A_{в, мм^2}$	Диаметр проволоки, мм	Размер ячейки, мм	$N_{max, кН}$
Оп. 1.1*	600	150	150	28,88	-	-	-	-	650
Оп. 1.2	600	150	150		765,9	6,92	3	50	350
Оп. 1.3	600	150	150					30	700
Оп. 2.1*	600	150	150	17,02	-	-	-	-	383
Оп. 2.2	600	150	150		758,8	6,315	3	50	450
Об. 2.3	600	150	150					30	475

ного армирования сжатых железобетонных элементов.

Выводы. 1. Получены экспериментальные данные о влиянии различных вариантов поперечного армирования (в том числе косвенного) на прочность коротких железобетонных колонн.

2. При установке поперечных стержней в колоннах, согласно конструктивным требованиям свода правил (СП 63.13330.2018), поперечное армирование в виде замкнутых гнутых хомутов не оказывает влияния на прочность (несущую способность) коротких колонн.

3. При значении шага установки поперечной арматуры в виде замкнутых хомутов 4,2d на образцах второй серии зафиксировано повышение прочности на 21,7 % относительно значения прочности в образце с шагом поперечного армирования согласно конструктивным требованиям.

4. Косвенное армирование сеткой типа «зигзаг» позволило увеличить прочность образца на 7–17 % относительно неармированного элемента, а также уменьшило его поперечные и продольные деформации.

5. Косвенное армирование в виде сеток с прямоугольной ячейкой, расположенных с шагом 50 мм по высоте, позволило увеличить прочность сжатого железобетонного элемента:

а) для элементов с ячейкой 30x30 – на 7–20 %;

б) для элементов с ячейкой 50x50 – на 14 %.

6. Использование в качестве косвенного армирования сетки «зигзаг» позволило уменьшить массу использованной арматуры на 12–22 % в сравнении с образцами аналогичной

прочности, армированными сетками с прямоугольной ячейкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурашкин Г.В., Мордовский С.С. Применение диаграмм деформирования для расчёта несущей способности внецентренно сжатых железобетонных элементов // Жилищное строительство. 2013. №3. С. 38–40.
2. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. К расчёту прочности, жёсткости и трещиностойкости внецентренно сжатых железобетонных элементов с применением нелинейной деформационной модели // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4 (26). С. 113–120.
3. Труш А.И., Ламзин Д.А., Лобов Д.М., Вахотин А.Н., Кузнецов С.И. Экспериментальная оценка влияния типа поперечного армирования на несущую способность коротких железобетонных колонн // Приволжский научный журнал. 2019. № 2. С. 25–34.
4. Гнедовский В.И. Косвенное армирование железобетонных конструкций. Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1981. 128 с.
5. Тихонов И.Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий: пособие по проектированию. М.: Строительство, 2007. 168 с.
6. Аксенов В.Н., Аксенов Н.Б., Блягоз А.М., Хутыз А.М. Исследование работы сжатых железобетонных элементов из высокопрочного бетона // Новые технологии. 2012. № 4. С. 32–35.
7. Груздев Р.В. Результаты экспериментальных исследований моделей железобетонных колонн на сжатие с кручением // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6(2). С. 355–358.

REFERENCES

1. Murashkin G.V., Mordovsky S.S. Application of deformation diagrams for calculating the bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2013, no 3, pp. 38-40. (in Russian)
2. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radaikin O.V. Calculation of strength, stiffness and crack resistance of eccentrically compressed reinforced concrete elements using non-linear deformation model. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering], 2013, no 4 (26), pp. 113-120. (in Russian)
3. Trush L.I., Lamzin D.A., Lobov D.M., Vakhotin A.N., Kuznetsov S.I. Experimental estimate of influence of the type of transverse reinforcement on the bearing capacity of short reinforced concrete columns. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2019, no. 2, pp. 25-34. (in Russian)
4. Gnedovsky V.I. *Kosvennoe armirovanie zhelezobetonnykh konstruktsiy* [Confinement reinforcement of reinforced concrete structures]. Leningrad, Stroyizdat, Leningr. otdelenie, 1981. 128 p.
5. Tikhonov I.N. *Armirovanie elementov monolitnykh zhelezobetonnykh zdaniy* [Reinforcement of elements of monolithic reinforced concrete buildings]. Moscow, Stroitelstvo, 2007. 168 p.
6. Aksyonov V.N., Aksyonov N.B., Blyagoz A.M., Khutyz A.M. Research of the work of compressed concrete elements of durable concrete. *Novye tekhnologii* [New technologies], 2012, no. 4, pp. 32-35. (in Russian)
7. Gruzdev R.V. Results of experimental researches of models of reinforced concrete columns on compression and torsion. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, Vol. 15, no. 6(2), pp. 355-358. (in Russian)

Об авторах:

МОРДОВСКИЙ Сергей Сергеевич

кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

ШАРАФУТДИНОВ Камил Булатович

аспирант кафедры строительных конструкций и вычислительной механики Пермский национальный исследовательский политехнический университет 614030, Россия, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109

MORDOVSKIY Sergey S.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846)339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

SHARAFUTDINOV Kamil B.

Postgraduate Student of the Building Structures and Computational Mechanics Chair Perm National Research Polytechnic University 614030, Russia, Perm, Kuybysheva str., 109

Для цитирования: Мордовский С.С., Шарафутдинов К.Б. Экспериментальные исследования по изучению влияния поперечного армирования на прочность сжатых железобетонных элементов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 21-28. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.3.

For citation: Mordovskiy S.S., Sharafutdinov K.B. Experimental Studies on the Influence of Transverse Reinforcement for Strength of Compressed Reinforced Concrete Elements. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 21-28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.3.

А. П. ШЕПЕЛЕВ
Р. Р. ИБАТУЛИН
А. Н. АЛЁШИН

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF LARGE-SPAN COVERINGS OF RELIGIOUS BUILDINGS

Рассматриваются особенности расчета большепролетных конструкций покрытия культовых сооружений на примере покрытия средней части и трапезной храма в честь святых бессребреников Космы и Доминана Асийских, расположенного в селе Съезжее Богатовского района Самарской области. На момент проведения работ объект находился в стадии масштабной реконструкции. На основании данных проведенного детального обследования технического состояния строительных конструкций покрытия храма были выполнены расчеты в физически-нелинейной постановке, позволяющие в полной мере оценить напряженно-деформированное состояние монолитной железобетонной конструкции покрытия средней части и трапезной, которое представляет собой сложную единую неразрезную систему тонкостенных пространственных конструкций различных по очертанию срединных поверхностей.

Ключевые слова: покрытие храма, большепролетные конструкции, составная оболочка, техническое обследование, техническое состояние, напряженно-деформированное состояние

Введение

Изменение политических и общественных реалий в России в конце 1980-х гг. дали толчок к возрождению церковной жизни в стране. С ростом числа прихожан возникла необходимость в увеличении числа приходов. Этот период можно охарактеризовать как начало активного восстановления и строительства культовых сооружений Русской Православной Церкви (РПЦ). В 1988 г. в ведении РПЦ насчитывалось 6,5 тыс. храмов, в 2020 г. – около 40 тыс. За последние 10 лет количество приходов РПЦ увеличилось на 10 тыс. Большая часть зданий культового назначения не является объектами нового строительства, а объектами, переданными из государственной собственности назад в юрисдикцию РПЦ. Переданные здания, которые возводились в дореволюционную эпоху как культовые сооружения, в советский период были если не

The article examines the features of the calculation of large-span structures for covering religious buildings using the example of covering the middle part and the refectory of the church in honor of the holy unmercenaries Kosma and Domian of Asi, located in the village of Sezzhee, Bogatovsky district, Samara region. At the time of the work, the facility was undergoing a large-scale reconstruction. Based on the data of the detailed examination of the technical condition of the building structures of the church roofing, calculations were made in a physically nonlinear setting, allowing to fully assess the stress-strain state of the monolithic reinforced concrete structure of the cover of the middle part and the refectory, which is a complex single continuous system of thin-walled spatial structures of various along the outline of the median surfaces.

Keywords: covering of the temple, large-span covering constructions, composite shell, technical inspection, technical condition, stress-strain state

разрушены, то переустроены для различных нужд: в сельской местности – часто под зернохранилища, механические мастерские, клубы; в городской среде – преимущественно в здания общественного назначения, производственные цеха и, в редких случаях, под многоквартирные жилые дома. Конечно, при изменении функционального назначения культовых сооружений значительному изменению подвергались архитектурное, объемно-планировочное и конструктивные решения. В первую очередь демонтировались наиболее яркие «признаки» принадлежности к культовому сооружению: архитектурный декор, колокольня, четверики, восьмерики, барабаны, главы, главки и т. п.

При перепрофилировании здания обратно под нужды РПЦ возникает необходимость восстановительных работ. За период многолетней эксплуатации (часто без проведения своевре-

менных ремонтных работ), а нередко храмовые сооружения и вовсе десятилетиями не эксплуатировались и находились заброшенными без каких-либо консервирующих мероприятий, в конструкциях зданий накопился значительный объем повреждений и их техническое состояние ухудшилось вплоть до аварийного. Таким образом, восстановительные работы подразумевают целый комплекс мероприятий по реконструкции.

В настоящее время сложилась практика, когда восстановление запущенных, полуразрушенных культовых сооружений осуществляется не организованно с разработкой необходимого объема проектно-сметной документации, а хозяйственным способом. Наиболее ярко это прослеживается в сельских приходах, когда все заботы по восстановлению храма ложатся на настоятеля. При этом в рамках реконструкции решаются весьма трудоемкие и технически сложные задачи, в том числе восстановление утраченных большепролетных покрытий (куполов, сводов, шатров, конх, апсид), многоярусных колоколен, глав. Следует отметить, что покрытие храма зачастую является наиболее важным элементом архитектурного, объемного и конструктивного решений здания. Конечно же при таком подходе очень сложно контролировать качество восстановительных работ, включая проектную стадию, и возникает необходимость определения фактического технического состояния и несущей способности уже возведенных либо усиленных конструкций. Учитывая специфику данных обстоятельств, зачастую наиболее распространенные инженерные методики не подходят для решения задач по выявлению фактической несущей способности конструкций. Необходимо использовать более трудоемкие, но и более точные методы с применением современных программно-вычис-

лительных комплексов. Это позволяет выявить неучтенные резервы несущей способности и таким образом минимизировать финансовые затраты на восстановление.

Сотрудники кафедры строительных конструкций СамГТУ неоднократно принимали участие в научно-техническом сопровождении реконструкций сооружений культового назначения РПЦ. В данной работе отражены результаты проведенного обследования технического состояния покрытия средней части и трапезной храма, расположенного в селе Съезжее Богатовского района Самарской области Российской Федерации. Целью комплекса мероприятий по техническому обследованию являлась оценка напряженно-деформированного состояния конструкции покрытия с последующей разработкой рекомендаций по завершению строительно-монтажных работ, связанных с устройством покрытия храма.

Здание храма возведено в 1827 г. Храм освящен в честь святых бессребреников Космы и Домиана. В 1880-х гг. была произведена реконструкция храма, целью которой являлось его расширение. До осени 1938 г. здание эксплуатировалось в соответствии со своим функциональным назначением, после чего его оборудовали под зернохранилище. В 1990-х гг. сводчатые каменные конструкции покрытия здания обрушились. До 2005 г. здание находилось в заброшенном состоянии (рис. 1). С 2005 г. начался длительный период восстановительных мероприятий. В настоящий момент здание восстановлено: утраченные фрагменты каменных стен доложены, выполнено монолитное железобетонное покрытие, устроен каменный барабан над средней частью, барабан и колокольня увенчались купольными покрытиями.

Рассматриваемое покрытие выполнено из монолитного железобетона и представ-

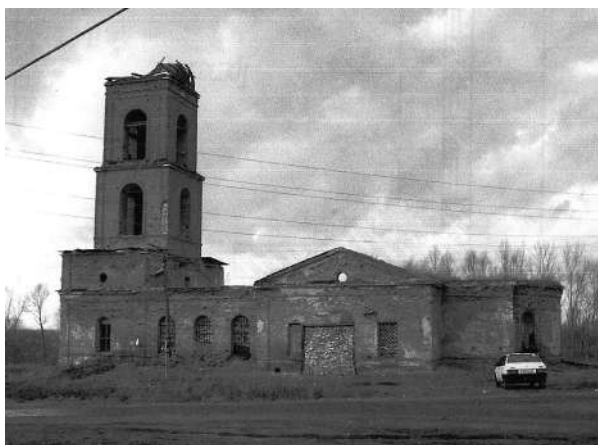


Рис. 1. Вид южного фасада и покрытия храма по состоянию на 2005 год

ляет собой сложную единую неразрезную систему тонкостенных пространственных конструкций различных по очертанию срединных поверхностей. Исследовательские работы проводились в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»; ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и основания. Основные положения»; СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций»; СП 631.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции: актуализи-

рованная редакция СНиП 52-01-03. Основные положения») с учетом разработанных сотрудниками АСА СамГТУ методик, частично изложенных в [1-3].

Планировочная и конструктивная схема сооружения

Каменный крестово-купольный одноэтажный одноглавый храм в плане имеет форму креста с максимальными размерами в осях 31,2×19,7 м. Композиционное решение – осевое-симметричное. Схематичный план и общий вид здания представлены на рис. 2 и 3, план покрытия – на рис. 4.

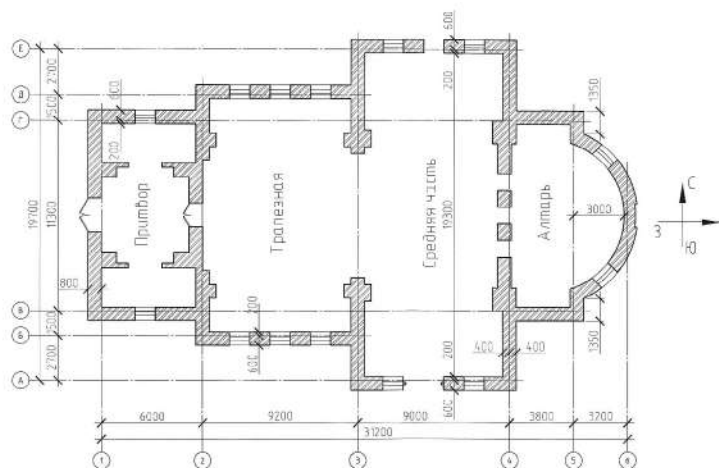


Рис. 2. Схематичный план здания храма



Рис. 3. Общий вид здания
(фото с сайта <http://kosma-i-damian.cerkov.ru/>)

Структура плана храма – четырехчастная – состоит из следующих соединенных «кораблем» частей: алтарь в осях 4-6, церковь (средняя часть) в осях 3-4, трапезная в осях 2-3, притвор с надстроенной колокольной в осях 1-2.

Покрытие трапезной – монолитная железобетонная на прямоугольном плане составная

гладкая оболочка, сформированная из двух пересекающихся во взаимно перпендикулярных направлениях оболочек нулевой гауссовой кривизны: в правом и левом нефках продольные оси сводов ориентированы в направлении север-юг; продольная ось среднего нефа – в направлении восток-запад.

Покрытие средней части образовано следующим образом: крайние нефы перекрыты цилиндрическими сводами (продольные оси ориентированы в направлении север-юг); в среднем нефе устроен конусный барабан; барабан, своды крайних нефов средней части и свод среднего нефа трапезной объединены монолитными оболочками в виде вогнутых сферических треугольников (парусов).

Толщина цилиндрических сводов и парусов составляет 100 мм, конусный барабан имеет толщину 500 мм. В осях В/3-4, Г/3-4 и Г-В/2* цилиндрические своды имеют утолщение (с развитием в нижнем направлении) до 300 мм, образуя ребра жесткости шириной 900 мм.

Составная оболочка горизонтальными опорными гранями опирается на стеновое ограждение храма через монолитный железобетонный пояс жесткости, с которым монолитно связана. Размеры поперечного сечения пояса составляют 500×200 мм. Изогнутыми линиями цилиндрические своды свободно опираются на закомары стенового ограждения, исключая заднюю стену трапезной.

Расчетная модель

Оценка несущей способности и деформативности конструкции покрытия произведена методом конечных элементов с использованием программного комплекса «Лири-САПР».

Расчетная модель представляет собой составную оболочку с различными очертаниями срединных поверхностей. Дискретизация континуальной системы достигнута посредством четырех- и треугольных конечных элементов оболочки и двухузловыми конечными элементами.

Конечно-элементная модель покрытия представлена на рис. 5.

Расчет системы произведен с учетом физической нелинейности материалов. При формировании конечно-элементной модели использованы физически нелинейные универсальные конечные элементы оболочек (№ 241, 242, 244).

Геометрическая неизменяемость системы достигнута наложением внешних связей: по глобальной оси Z во всех узлах при опирании на стены, исключая цилиндрический свод в осях Г-В/2; на один узел в осях Д-Г/2* наложены связи X, Y, Z; на один узел в осях Б-В/2* – связи Y, Z.

Модули упругости бетона в конечных элементах покрытия назначены в соответствии с классом бетона, определенным при натурном обследовании неразрушающими методами.

Закон нелинейного деформирования бетона – №35 экспоненциальный (расчетная прочность). Закон нелинейного деформирования армирующего материала – № 11 экспонен-

циальный. Теория прочности – Гениева (для железобетона). Тип арматурных включений – физический эквивалент сетки. Метод расчета физически нелинейной задачи – простой шаговый. Коэффициент к нагрузке по шагам составляет 0,05.

Расчет произведен на действие расчетной нагрузки от собственного веса, включая не введенные на момент обследования главы и барабан.

Анализ состояния материалов модели показывает, что на первом шаге нагружения в элементах образуются преимущественно нижние трещины по главным площадкам. Бетон части элементов разрушен при растяжении.

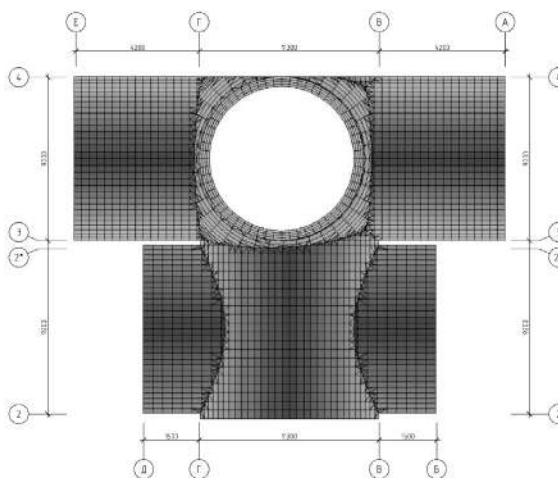


Рис. 4. План покрытия средней части и трапезной

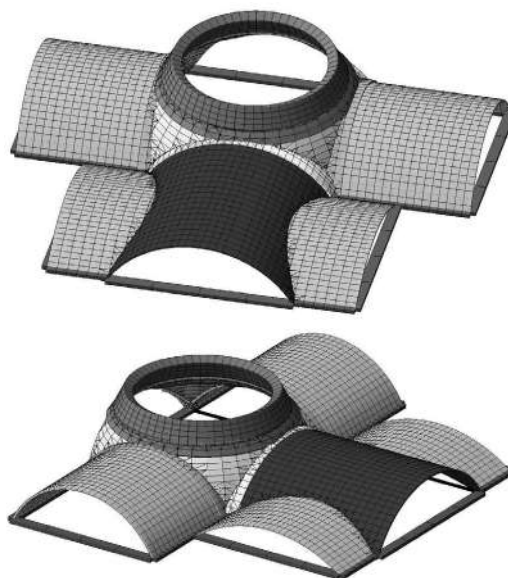


Рис. 5. Пространственная конечно-элементная модель покрытия

На втором шаге нагружения в элементах образуются нижние и верхние трещины по главным площадкам. Бетон части элементов разрушен при растяжении. В единичных элементах произошло разрушение основного материала (бетона) при сжатии и дробление сжатого бетона по верхней и нижней поверхностям. На четвертом шаге нагружения наряду с возрастанием количества элементов с нижними и верхними трещинами по главным площадкам и разрушением бетона элементов при растяжении и сжатии (в единичных элементах); дроблением сжатого бетона по верхней и нижней поверхностям (в единичных элементах), наблюдается образование пластических шарниров. Напряжения в армирующем материале достигли площадки текучести (в единичных элементах). При дальнейшем нагружении нагрузочный эффект характеризуется ростом количества элементов с напряженно-деформированным состоянием, описанным на четвертом шаге нагружения. При этом образование пластических шарниров наблюдается только в некоторых элементах. Это связано с тем, что в напряженном состоянии преобладают продольные усилия. Изгибающие моменты в элементах конструкции по сравнению с продольными усилиями являются

незначительными. Разрушение конструкции зафиксировано, когда система преобразовалась в геометрически изменяемую.

В конечных элементах цилиндрических сводов преобладают продольные усилия как растягивающие, так и сжимающие. Наибольшие продольные усилия (сжимающие) в сочетании с изгибающими моментами имеют место у опор ребер жесткости в направлении изогнутых линий. Наибольшие изгибающие моменты возникают в конечных элементах конического барабана. Паруса преимущественно сжаты в вертикальном направлении.

Анализ напряженно-деформированного состояния оболочки показывает, что конечные элементы цилиндрических сводов разрушаются от растягивающих напряжений (исключая опорные части ребер жесткости, единичные элементы у опор и мест стыкования частей конструкции покрытия); элементы парусов – от сжимающих; в элементах конического барабана разрушение происходит преимущественно от растягивающих напряжений, на некоторых участках – от сжимающих. Состояние материалов в модели при каждом шаге нагружения представлено на рис. 6.

Для определения деформаций покрытия и определения необходимости расчета мо-

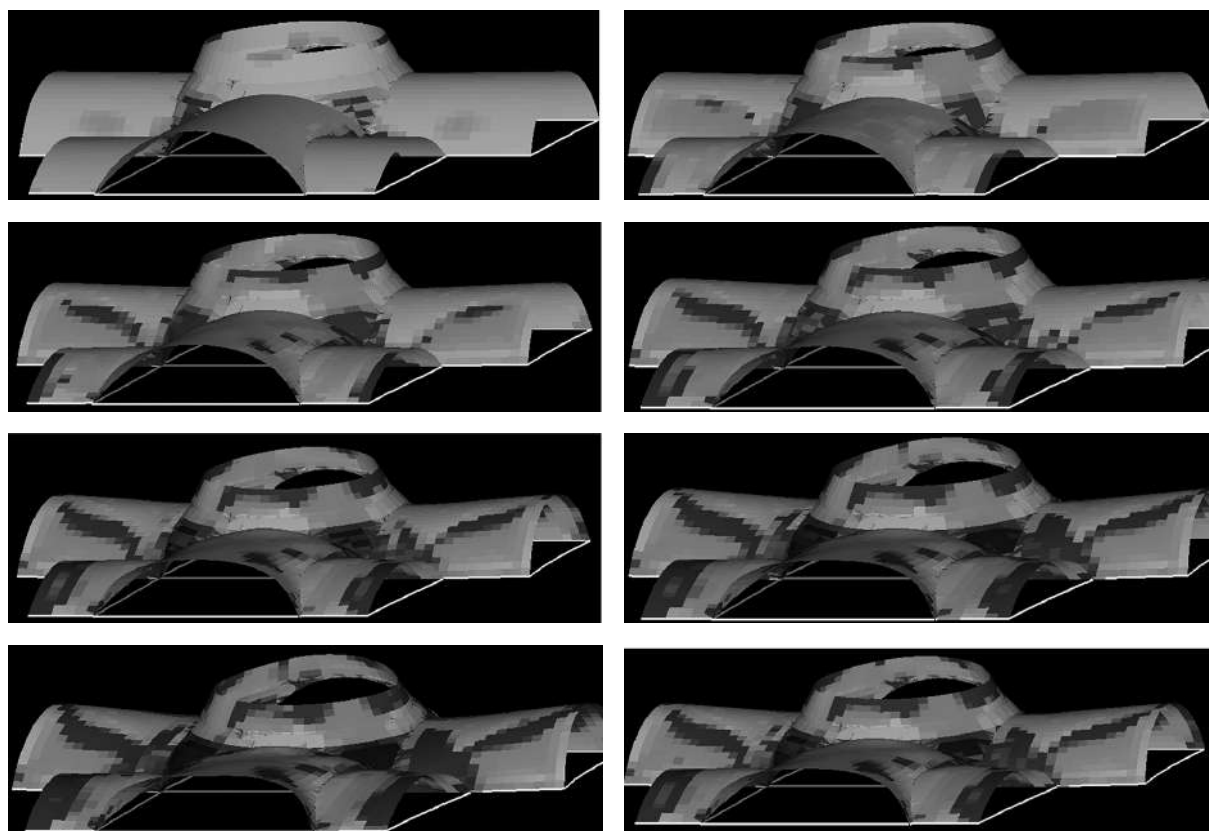


Рис. 6. Состояние материалов в модели при каждом шаге нагружения

дели с учетом геометрической нелинейности был произведен расчет конструкции с учетом физической нелинейности материалов при деформационных характеристиках, соответствующих продолжительному действию нагрузки. По результатам расчета установлено, что деформации (прогибы) имеют незначительные величины, а следовательно, нет необходимости в расчете конструкции покрытия с учетом геометрической нелинейности.

Выводы. Выполненные расчеты сложной пространственной системы в физически нелинейной постановке с учетом реальных деформативных свойств бетона и арматуры позволили наиболее точно определить напряженно-деформированное состояние и несущую способность конструкции покрытия. На основании результатов проведенных расчетов были разработаны рекомендации по окончательному устройству конструкции покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильин Н.А., Пищулев А. А., Славкин П. Н., Шепелев А. П., Ибатуллин Р. Р. Восстановление сжатых железобетонных конструкций здания // Градостроительство и архитектура. 2013. №4 (12). С. 62-67.
2. Шепелев А. П., Ибатуллин Р. Р., Бузовская Я. А. Особенности обследования технического состояния зданий исторической застройки на примере усадьбы купчихи М.М. Дьяковой (общезитие № 3 АСА САМГТУ) // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сб. статей. Самара: САМГТУ, 2019. С. 206-214.
3. Шепелев А. П., Панфилов Д. А., Ибатуллин Р. Р. Эксплуатационные повреждения стен многоэтажных каменных зданий в результате разности их деформаций // Научное обозрение. 2017. № 11. с. 25-30.
4. Шумейко В. И., Левшеков С. С. Оптимальное проектирование элементов крестовокупольных систем // Вестник евразийской науки. М., 2018. С. 49-51.
5. Агапов В. П., Бардышева Ю. А., Минакова С. А. Учет физической и геометрической нелинейности в расчетах железобетонных плит и оболочек переменной толщины методом конечных элементов // Строительная механика и расчет сооружений. М., 2010. С. 62-66.
6. Эремадзе Н., Эремадзе Н. Методика нелинейного расчета тонкостенной железобетонной оболочки вида гиперболического параболоида // Строительная механика и расчет сооружений. М., 2009. С. 37-42.

REFERENCES

1. Ilyin N. A., Pischulev A.A., Slavkin P. N., Shepelev A. P., Ibatullin R. R. Restoration compressed reinforced concrete structures buildings. *Vestnik SGASU*:

Gradostroitel'stvo i arhitektura [Urban construction and architecture], 2013, no. 4 (12), pp. 62-67. (in Russian)

2. Shepelev A. P., Ibatullin R. R., Buzovskaya Ya. A. Osobennosti obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy istoricheskoy zastroyki na primere usad'by kupchikki M.M. Diakovoy (obshchezhitie № 3 ASA SAMGTU). *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo. sbornik statej.* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction], 2019, pp. 206-214. (in Russian)

3. Shepelev A. P., Panfilov D. A., Ibatullin R. R. Operational damage of the walls of high-rise stone buildings due to the difference in their deformations. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2017, no. 11, pp. 25-30. (in Russian)

4. Shumeyko V. I., Levshekov S. S. Optimal design of the elements of cross-domed systems. *Vestnik Evrazijskoj nauki* [Bulletin of eurasian science], 2018, Vol 10, no. 1, p. 49. (in Russian)

5. Agapov V. P., Bardisheva Yu. A., Minakov S. A. Consideration of physical and geometric non-linearity in calculations of reinforced concrete slabs and shells of variable thickness by the finite element method. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij* [Construction mechanics and calculation of structures], 2010, no. 5, pp. 62-66. (in Russian)

6. Eremadze N., Eremadze N. Method of nonlinear calculation of a thin-walled reinforced concrete shell of the hyperbolic paraboloid type. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij* [Construction mechanics and calculation of structures], 2010, no. 45, pp. 37-42. (in Russian)

Об авторах:

ШЕПЕЛЕВ Александр Петрович

старший преподаватель кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: Shepelevap@mail.ru

SHEPELEV Alexandr P.

Senior Lecturer of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: Shepelevap@mail.ru

ИБАТУЛЛИН Рустам Рафаилович

ассистент кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: Rustic2@yandex.ru

IBATULLIN Rustam R.

Assistant of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: Rustic2@yandex.ru

АЛЁШИН Андрей Николаевич

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: aleshin_andrei@list.ru

ALESHIN Andrey N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: Shepelevap@mail.ru

Для цитирования: Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р., Алёшин А.Н. Оценка технического состояния большепролетных конструкций покрытия культовых сооружений // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 29–35. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.4.

For citation: Shepelev A.P., Ibatullin R.R., Aleshin A.N. Assessment of the Technical Condition of Large-span Coverings of Religious Buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 29–35. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.4.

**ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК
«ЦИТР СамГТУ»**

Направления
деятельности



Выполнение полного цикла создания проектно-сметной документации для строительства объектов гражданского и промышленного назначения
выполнение работ по обследованию технического состояния объектов строительства, выполнение работ по строительству и реконструкции объектов, научно-методическое руководство проектными и строительными работами, разработка и апробация новых технологий и методов в архитектуре и проектировании и строительстве зданий и сооружений, координация разработки и продвижения новых образовательных программ в области архитектуры, проектирования и строительства

Руководитель



Вячеслав Викторович РОМАНЧИКОВ
кандидат технических наук

Контакты



443001, Самара, ул. Ново-Садовая, 18
8-937-070-19-02
romanchikoff@mail.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 697.137.5

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.5

Ю. С. ВЫТЧИКОВ
М. Е. САПАРЁВ
Д. Д. КОНЯКИНА

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА МНОГОСЛОЙНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

OPTIMIZATION OF THE HEAT AND HUMIDITY MODE OF MULTI-LAYER BUILDING ENCLOSING STRUCTURES

Представлена методика определения требуемого сопротивления паропрооницанию наружного слоя многослойной строительной ограждающей конструкции исходя из условия отсутствия в ней конденсации водяного пара. При выводе формулы использовалась аналитическая зависимость для определения упругости насыщенного водяного пара, полученная авторами данной статьи. С помощью предложенной методики произведена оценка тепловлажностного режима наружной стены, утепленной фасадной системой с применением тонкостенной штукатурки, а также слоистой кладки с использованием в качестве утеплителей пенополистирольных и базальтовых плит. Представлены результаты расчета указанных наружных стен, которые показывают, что конденсация водяного пара возможна в слоистых кладках. Предложенную аналитическую зависимость для определения максимально допустимого сопротивления паропрооницанию наружного слоя многослойной ограждающей конструкции рекомендуется использовать в инженерных расчетах влажностного режима наружных ограждений зданий и сооружений.

Ключевые слова: конденсация, водяной пар, влажностный режим, сопротивление паропрооницанию, плоскость конденсации

Согласно нормативным требованиям, представленным в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», строительные ограждающие конструкции должны обладать сопротивлением теплопередаче, обеспечивающим выполнение санитарно-гигиенических требо-

The article presents a methodology for determining the required resistance to vapor permeation of the outer layer of a multilayer building envelope, based on the condition that there is no condensation of water vapor in it. When deriving the formula, an analytical dependence was used to determine the elasticity of saturated water vapor, obtained by the authors of this article. With the help of the proposed technique, the assessment of the thermal and humidity regime of the outer wall, insulated facade system using thin-walled plaster, as well as layered masonry using expanded polystyrene and basalt plates as insulation was made. The results of the calculation of the indicated external walls are presented, which show that condensation of water vapor is possible in layered masonry. The proposed analytical dependence for determining the maximum allowable resistance to vapor permeation of the outer layer of a multilayer enclosing structure is recommended to be used in engineering calculations of the humidity mode of external enclosures of buildings and structures.

Keywords: condensation, water vapor, humidity mode, vapor permeability resistance, condensation plane

ваний и условия энергосбережения. В практике современного строительства широкое применение нашли многослойные ограждающие конструкции с использованием в качестве утеплителей высокоэффективных полимерных материалов.

Исследованию влажностного режима многослойных ограждающих конструкций посвящены работы [1–5], базирующиеся в основном на использовании потенциала влажности. В работах [6, 7] представлены результаты экспериментальных исследований влагопереноса в материалах ограждающих конструкций зданий.

При выборе конструктивных решений ограждающих конструкций необходимо обращать особое внимание на паропроницаемость наружного слоя. С точки зрения обеспечения благоприятного влажностного режима ограждений менее плотные паропроницаемые слои следует располагать согласно [8] с наружной стороны. При этом наружный слой должен обеспечивать надежную защиту конструкций от увлажнения при выпадении осадков в виде дождя или мокрого снега.

Получим аналитическое решение для определения требуемого сопротивления паропроницанию наружного слоя многослойной ограждающей конструкции исходя из условия отсутствия в ней конденсации водяного пара. Схематизация процесса теплопередачи в утепленной наружной стене представлена на рисунке.

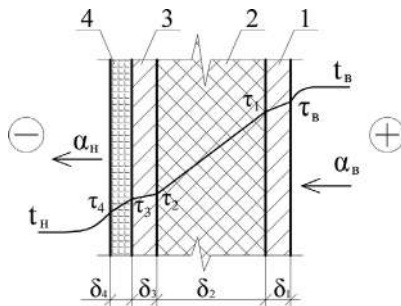


Рис. 1. Схематизация процесса теплопередачи в утепленной наружной стене:
1 – внутренняя штукатурка;
2 – несущий слой наружной стены;
3 – утеплитель; 4 – наружный слой стены

$$R_{n_4}^{\max} = \frac{611R_{n_0} \left\{ 1 + 0,01 \left[t_b - \frac{t_b - t_{n_{\text{отп}}}}{R_0^{\text{усл}}} \left(R_0^{\text{усл}} - \frac{1}{\alpha_n} - R_4 \right) \right] \right\}^{7,6} - e_{n_{\text{отп}}} R_{n_0}}{e_6 - e_{n_{\text{отп}}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}, \quad (6)$$

где $t_{n_{\text{отп}}}$, $e_{n_{\text{отп}}}$ – средняя температура и парциальное давление наружного воздуха за период месяцев с отрицательными температурами.

Для исключения процесса конденсации водяного пара в рассматриваемой наружной стене должно выполняться неравенство

Условие отсутствия конденсации водяного пара в наружной стене запишем в виде неравенства

$$e_3 < E_3, \text{ Па}, \quad (1)$$

где e_3 значение упругости водяного пара на наружной поверхности утеплителя, Па; E_3 – значение упругости насыщенного водяного пара, определяемое согласно [9] по формуле

$$E_3 = 611 \left(1 + \frac{\tau_3}{100} \right)^{7,6}. \quad (2)$$

Для нахождения величины e_3 используем согласно [10] выражение

$$e_3 = e_6 - \frac{e_6 - e_n}{R_{n_0}} \sum_{i=1}^3 R_{n_i}, \quad (3)$$

где e_6 – значение упругости водяного пара для внутреннего воздуха в помещении, Па; e_n – значение упругости водяного пара для наружного воздуха, Па; $R_i = \delta_i / \mu_i$ – сопротивление паропроницанию i -го слоя; μ_i – коэффициент паропроницаемости i -го слоя, мг/(м·ч·Па); δ_i – толщина i -го слоя, м.

Подставим выражение (2) и (3) в неравенство (1). Тогда получим

$$e_6 - \frac{e_6 - e_n}{R_{n_0}} \sum_{i=1}^3 R_{n_i} < 611 \left(1 + \frac{\tau_3}{100} \right)^{7,6}, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^3 R_{n_i} = R_{n_0} - R_{n_4}$.

Температуру на наружной поверхности утеплителя определим по формуле

$$\tau_3 = \tau_6 - \frac{t_b - t_n}{R_0^{\text{усл}}} \left(R_0^{\text{усл}} - \frac{1}{\alpha_n} - R_4 \right), \quad (5)$$

где $R_0^{\text{усл}}$ – сопротивление теплопередаче гладкой наружной стены, (м²·°С)/Вт; α_n – значение коэффициента теплоотдачи со стороны наружной поверхности стены, Вт/(м²·°С).

После преобразований получим выражение для определения максимально допустимого сопротивления паропроницанию наружного слоя

$$R_{n_4}^{\max} < R_{n_n}^{\max}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}. \quad (7)$$

Если условие не выполняется, следует определить координату плоскости возможной конденсации в утеплителе согласно [9] по формуле

$$x_3 = \lambda_3 \left\{ \frac{\left[t_B - 55,9 \left(\frac{e_B - e_{H_{отп}}}{t_B - t_{H_{отп}}} \frac{R_0^{учл}}{R_{n_0}} \frac{\lambda_3}{\mu_3} \right)^{0,1515} + 100 \right] R_0^{учл}}{t_B - t_{H_{отп}}} - \frac{1}{\alpha_6} - \sum_{i=1}^3 R_i \right\}. \quad (8)$$

Для проверки возможности накопления влаги в наружной стене как за годовой период эксплуатации здания, так и за период месяцев с отрицательными температурами, следует использовать методику, подробно изложенную в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

По изложенной выше методике выполним расчет влажностного режима для двух вариантов исполнения утепленных наружных стен.

Вариант исполнения 1 представляет собой утепленную наружную стену с применением тонкостенной штукатурки. Состав конструкции приведен в табл. 1.

При выполнении расчета влажностного режима наружной стены, представленной на рисунке (исполнение 1), были приняты следующие исходные данные:

- 1) Район строительства – г. Самара
- 2) Температура наиболее холодной пятидневки $t_{н5} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$
- 3) Средняя температура за отопительный период $t_{о.п.} = -4,7 \text{ }^\circ\text{C}$
- 4) Продолжительность отопительного периода $Z_{о.п.} = 197 \text{ сут}$
- 5) Температура воздуха внутри здания $t_B = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 6) Относительная влажность воздуха внутри здания $\varphi_B = 55 \text{ \%}$

Проверка на возможность выпадения конденсата в утеплителе производилась в следующей последовательности:

1. Сопротивление теплопередаче глади наружной стены определялось по формуле

$$R_0^{учл} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^4 R_i + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,51}{0,76} + \frac{0,10}{0,042} + \frac{0,005}{0,70} + \frac{1}{23} = 3,24 \text{ (м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C)/Вт}.$$

2. Сопротивление паропроницанию глади наружной стены рассчитывалось по формуле

$$R_{n_0} = \sum_{i=1}^4 R_i = \sum_{i=1}^4 \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{0,02}{0,09} + \frac{0,51}{0,11} + \frac{0,10}{0,32} + \frac{0,005}{0,05} = 5,27 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

3. Парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха в помещении вычислялось с использованием зависимости

$$e_6 = E \frac{\varphi_6}{100} = 2338 \cdot \frac{55}{100} = 1285,6 \text{ Па}.$$

4. Среднее парциальное давление водяного пара в наружном воздухе за период месяцев с отрицательными температурами для г. Самары согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» составило $e_{H_{отп}} = 310 \text{ Па}$.

Таблица 1

Теплофизические характеристики материалов наружной стены (исполнение 1). Район строительства – г. Самара

№ п/п	Материал	Толщина слоя δ_r , м	Теплофизические характеристики материала слоя		
			Плотность ρ_r , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_r , Вт/(м·°C)	Коэффициент паропроницаемости μ_r , мг/(м·ч·Па)
1	Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09
2	Силикатный кирпич	0,51	1800	0,76	0,11
3	Базальтовая минвата	0,10	120	0,042	0,32
4	Фактурный слой фасадной системы	0,005	1800	0,70	0,05

5. По формуле (6) находим значение максимально допустимого сопротивления паропрооницанию наружного слоя:

$$R_{n_4}^{\max} = \frac{611 \cdot 5,27 \left\{ 1 + 0,01 \left[20 - \frac{20 - (-7,18)}{3,24} \left(3,24 - \frac{1}{23} - \frac{0,005}{0,70} \right) \right] \right\}^{7,6} - 310 \cdot 5,27}{1285,6 - 310} = 0,264 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

6. Сравнение величин R_{n_4} и $R_{n_4}^{\max}$ показало, что сопротивление паропрооницанию фактурного слоя фасадной системы оказалось меньше максимально допустимого значения ($0,1 < 0,264 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$). Следовательно, выпадение конденсата в рассматриваемой наружной стене маловероятно.

Избыточное влагонакопление в слоистых кладках часто приводит к образованию темных сырых пятен и плесневых грибов на внутренних поверхностях наружных стен, а также к разрушению облицовочного слоя. Поэтому актуальной задачей является рациональный выбор материала утеплителя, обеспечивающего не только высокое значение термического сопротивления, но и значительное сопротивление паропрооницанию.

По изложенной выше методике был выполнен расчет тепловлажностного режима наружной стены, выполненный в виде слоистой кладки (исполнение 2 и 3). Состав конструкции приведен в табл. 2.

Результаты теплофизического расчета наружных стен, выполненных с применением слоистых кладок приведены в табл. 3.

Анализируя данные, представленные в табл. 3, можно сделать вывод о том, что конденсация водяного пара возможна в слоистых кладках исполнения 2 и 3. Для проверки возможности накопления влаги в наружных стенах как за годовой период эксплуатации здания, так и за период месяцев с отрицательными температурами определим координату плоскости возможной конденсации по формуле (8).

Наружная стена (исполнение 2):

$$x_3 = 0,038 \left\{ \frac{\left[20 - 55,9 \left(\frac{1285,6 - 310}{20 - (-7,18)} \cdot \frac{3,49}{6,76} \cdot \frac{0,038}{0,05} \right)^{0,1515} + 100 \right] 3,49}{20 - (-7,18)} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{0,38}{0,76} \right\} = 0,137 \text{ м}.$$

Таблица 2

Теплофизические характеристики материалов наружной стены (исполнение 2, 3)

№ п/п	Материал	Толщина слоя δ_r , м	Теплофизические характеристики материала слоя		
			Плотность ρ_r , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_r , Вт/(м·°С)	Коэффициент паропрооницаемости μ_r , мг/(м·ч·Па)
1	Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09
2	Кладка из силикатного кирпича	0,38	1800	0,76	0,11
3	Базальтовая минвата (исполнение 2)	0,10	120	0,042	0,32
	Пенополистирол (исполнение 3)	0,10	25	0,038	0,05
4	Кладка из керамического кирпича	0,12	1800	0,70	0,11

Таблица 3

Результаты теплофизического расчета слоистых кладок

№ исполнения стены	R_0^{ysl} , (м ² ·°С)/Вт	R_{n_0} , м ² ·ч·Па/мг	R_{n_4} , м ² ·ч·Па/мг	$R_{n_4}^{\max}$, м ² ·ч·Па/мг
2	3,24	5,08	1,09	0,417
3	3,49	6,76	1,09	1,08

Плоскость возможной конденсации совпадает с наружной поверхностью базальтовой минваты, т. е. $x_3 = \delta_3 = 0,1$ м.

Наружная стена (исполнение 3):

$$x_3 = 0,042 \left\{ \frac{\left[20 - 55,9 \left(\frac{1285,6 - 310}{20 - (-7,18)} \cdot \frac{3,24}{5,08} \cdot \frac{0,042}{0,32} \right)^{0,1515} + 100 \right] 3,24}{20 - (-7,18)} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{0,38}{0,76} \right\} = 0,124 \text{ м.}$$

Плоскость возможной конденсации совпадает с наружной поверхностью пенополистирольных плит.

Проверка на накопление влаги в стене при эксплуатации здания, выполненная по известной методике, приведенной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», показала на отсутствие накопления влаги за годовой период эксплуатации здания, а накопление влаги в холодный период не выходит за пределы сорбционного увлажнения.

Выводы. 1. Получена аналитическая зависимость для определения максимально допустимого сопротивления паропрооницанию наружного слоя многослойной ограждающей конструкции. Применение данной аналитической зависимости может быть рекомендовано в инженерных расчетах влажностного режима наружных ограждений.

2. Представлены результаты расчета по предложенной методике тепловлажностного режима утепленной наружной стены с применением в качестве фактурного слоя многослойной штукатурки и слоистой кладки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). М.: Высшая школа, 1982. 415 с.

2. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. 536 с.

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

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

5. 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.

6. Корниенко С.В. Экспериментальное исследование переноса влаги в материалах ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2007. №1. С. 42–44.

7. Корниенко С.В. Экспериментальная проверка состояния системы «внутренняя среда-ограждение-наружная среда» на основе потенциала влажности // Жилищное строительство. 2007. №2. С. 5–7.

8. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.

9. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Дядин А.А. Приближенный аналитический метод расчета влажност-

ного режима многослойных строительных ограждающих конструкций // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6350

10. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1974. 319 с.

REFERENCES

1. Bogoslovskij V.N. *Stroitel'naja teplofizika (teplofizicheskie osnovy otoplenija, ventiljacii i kondicionirovanija vozduha)* [Building Thermophysics (thermo-physical fundamentals of heating, ventilation and air-conditioning)]. M., Vysshaja shkola, 1982. 415 p.

2. Lykov A.V., Mihajlov Ju.A. *Teorija teplo- i massopere-nosa* [Theory of heat and mass transfer]. M.-L., Gosjenergoizdat, 1963. 536 p.

3. Kornienko S.V. Method for engineering assessment of the humidity regime of enclosing structures based on the humidity potential. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2008, no. 2, pp. 46-48. (in Russian)

4. Gagarin V. G., Zubarev K. P. Application of moisture potential theory to modeling of non-stationary humidity regime of fences. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2019, no. 4, pp. 485-495. (in Russian)

5. Kornienko C.B. Field studies of the temperature and humidity regime of a residential building when verifying the method for calculating moisture and heat transfer in enclosing structures. *Vestnik Volgogr. gos. arhit.-stroit. un-ta. Ser.: Str.-vo i arhit* [Bulletin of the VSUACE. Ser.: Construction and architecture], 2012, vol. 28 (47), pp. 19-26. (in Russian)

6. Kornienko S.V. Experimental study of moisture transfer in building envelope materials. *Stroitel'nye materialy* [Building material], 2007, no. 1, pp. 42-44. (in Russian)

7. Kornienko S.V. Experimental verification of the state of the "internal environment-enclosure-external environment" system based on the humidity potential. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2007, no. 2, pp. 5-7. (in Russian)

8. Fokin K. F. *Stroitel'naja teplotekhnika ograzhdajushih chastej zdaniy* [Construction heat engineering of enclosing parts of buildings]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 2006. 256 p.

9. Vytchikov Ju.S., Saparjov M.E., Djamin A.A. Approximate analytical method for calculating the humidity regime of multi-layer building enclosing structures. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the don], 2020, no. 3. Available at: www.ivdon.ru/magazine/archive/N3y2020/6350 (Accessed 11 January 2021) (in Russian)

10. П'инский V.M. *Stroitel'naja teplofizika* [Construction Thermophysics]. M., Vysshaja shkola Publ., 1974. 319 p.

Об авторах:

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

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

КОНЯКИНА Дарья Денисовна

магистрант Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: d.konyakina@yandex.ru

VYTCHEKOV Yuri S.

PhD in Engineering Science, Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: git.2008@mail.ru

SAPAREV Mikhail E.

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

KONYAKINA Dar'ya D.

Master's Degree Student Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: d.konyakina@yandex.ru

Для цитирования: Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Конякина Д.Д. Оптимизация тепловлажностного режима многослойных строительных ограждающих конструкций // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 36–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.5.

For citation: Vytchikov Yu.S., Saparev M.Ye., Konyakina D.D. Optimization of the Heat and Humidity Mode of Multi-Layer Building Enclosing Structures. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 36–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.5.

С. А. МИНКИНА
М. И. УРЯДОВ

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗОХОДОВ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ С МОНТАЖОМ ДЫМОСОСОВ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ

RECONSTRUCTION OF GAS DUCTS OF WATER BOILERS WITH INSTALLATION OF FLUE GAS PUMPS

Исследование посвящено решению задачи нехватки тяги существующей дымовой трубы при работе водогрейных котлов на полную мощность. Выполнены тепловой и аэродинамический расчеты. Тепловой расчет выполнен при разной нагрузке водогрейных котлов и количестве работающих горелок. Рассмотрены варианты работы котлов по режимной карте и протоколам испытаний. В аэродинамическом расчете по участкам определено сопротивление газоходов, выполнен расчет дымовой трубы. Для отвода продуктов сгорания от водогрейных котлов установлен дымосос. Это обеспечит параллельную работу двух водогрейных котлов во всем диапазоне нагрузок.

Ключевые слова: водогрейные котлы, горелки, топливо, тепловой расчет, продукты сгорания, потери тепла, уходящие газы, аэродинамический расчет, газоходы, дымосос

Введение

В данный момент в России реализуется социально значимый проект «Профстажировки 2.0», целью которого является взаимодействие студентов образовательных организаций и работодателей. Платформа создана при содействии АНО «Россия – страна возможностей» и Общероссийского народного фронта и направлена на осуществление практико-ориентированного подхода в обучении, с возможностью дальнейшего трудоустройства и сотрудничества. В рамках студенческого конкурса нами была решена практическая проектная задача, поставленная индустриальным партнером проекта – филиалом ПАО «Квадра» – «Орловская генерация» [1].

Исследование посвящено решению задачи нехватки тяги существующей дымовой трубы при работе водогрейных котлов на полную мощность.

Общие сведения об объекте

В настоящее время на Орловской ТЭЦ имеется водогрейная котельная (ВК). В качестве теплогенерирующих установок в котельной приняты два котла ПТВМ-100 (ВК № 1, ВК № 2).

The work is devoted to solving the problem of the lack of draft of the existing chimney when operating hot water boilers at full capacity. Thermal and aerodynamic calculations were performed. Thermal calculation was carried out with different loading of hot water boilers and the number of operating burners. The options for the operation of boilers according to the regime map and test protocols are considered. In the aerodynamic calculation for the sections, the resistance of the gas ducts was determined, the chimney was calculated. A flue gas pump is installed to remove combustion products from hot water boilers. This will ensure the parallel operation of two hot water boilers over the entire load range.

Keywords: hot water boilers, burners, fuel, thermal calculation, combustion products, heat losses, flues, aerodynamic calculation, gas ducts, flue gas pumps

Удаление и рассеивание дымовых газов от этих двух котлов, а также от трех энергетических котлов ТГМЕ-454 происходит за счет работы дымовой трубы № 2 (рис. 1, 2).

В результате работы котлоагрегатов естественной тяги для удаления продуктов сгорания становится недостаточно, топки водогрейных котлов оказываются под давлением. Следовательно, котельная не может работать на полную мощность.

Для решения данной проблемы необходимо установить тягодутьевое устройство – дымосос. Предполагаемое место установки показано на рис. 3. При этом необходимо максимально использовать существующую инфраструктуру, а именно трассы газоходов (рис. 4).

Непосредственно целью работы является расчет производительности и расчетного давления дымососа для обеспечения параллельной работы двух котлов ПТВМ-100 во всем диапазоне нагрузок в соответствии с температурным графиком и с учетом существующих сечений газоходов. На основании расчетов необходимо было подобрать дымосос и электродвигатель, предложить меро-

приятия для обеспечения работы дымососа при неполной загрузке.

Тепловой расчет котельных агрегатов

Для того чтобы рассчитать производительность дымососа, необходимо провести тепловой расчет котельных агрегатов. Специалисты компании «Квадра» предоставили нам режимные карты работы котлов, протоколы экспресс-испытаний на водогрейные котлы ВК №1 и ВК №2. Расчет был произведен согласно методикам и рекомендациям, отраженным в [2, 3].

На основании теплорасчетов были вычислены объемы уходящих газов от котла по режимной карте работы котлов (рис. 5), а также по протоколам испытаний. Численные значения объемов уходящих газов при различной загрузке котлов и разном числе газогорелочных устройств представлены в виде столбчатых диаграмм (СП 89.13330.2016. Котельные установки; СП 346.1325800.2017. Системы газоздушных

трактов котельных установок мощностью до 150 МВт. Правила проектирования).

Проанализировав результаты, представленные на рис. 5, отметим наличие отклонений в значениях объемов уходящих газов, рассчитанных по режимной карте. Предполагаем, что КПД котлоагрегата, приведенные в режимной карте, завышен. Не были учтены потери тепла от химического недожога и потери тепла в окружающую среду. Без их учета расчетные значения КПД практически совпадают с заявленными в режимной карте (при загрузке 20–40 Гкал/ч невязка не превышает 0,14 %, при 60–100 – не более 2,75 %).

Анализ данных, полученных при расчетах по протоколам экспресс-испытаний, показал следующее:

1. При параллельной работе котлов наблюдается отклонение от нормативных значений разрежения в топке, топка оказывается под давлением.

2. Отклонение от нормативных нагрузок, представленных в режимной карте; невозмож-



Рис. 1. Фрагмент плана Орловской ТЭЦ



Рис. 2. Фрагмент карты со спутника



Рис. 3. Площадка для установки дымососа



Рис. 4. Трасса газодоходов

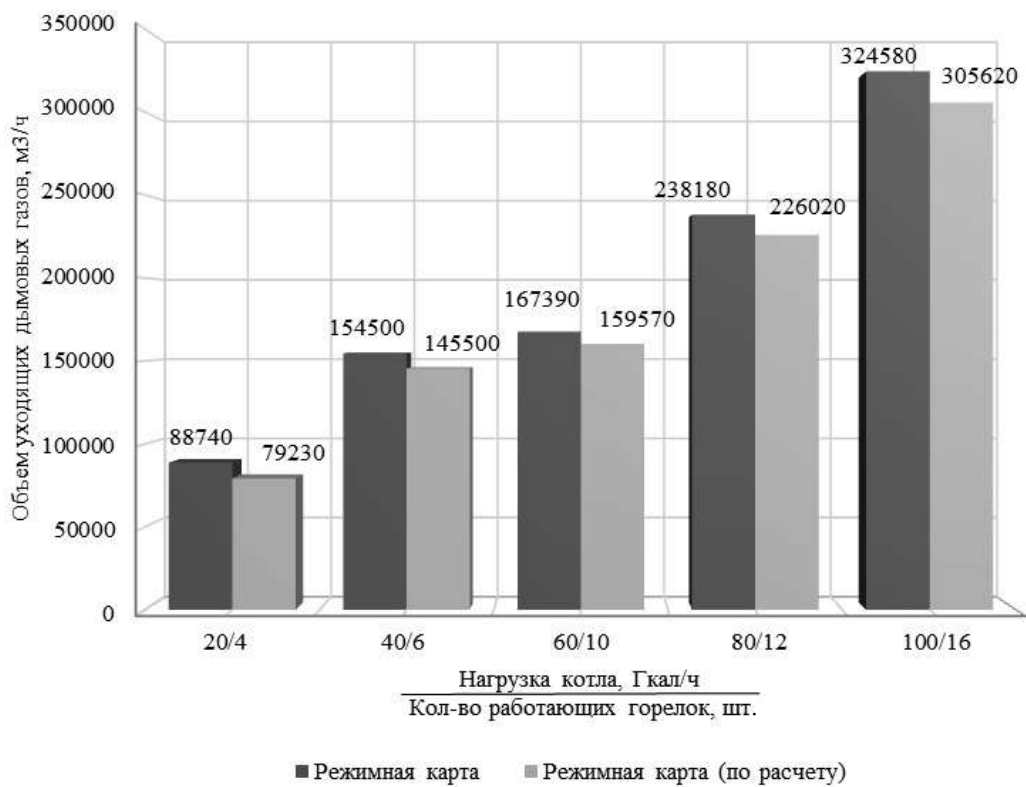


Рис. 5. Результаты расчета объемов уходящих газов по режимной карте

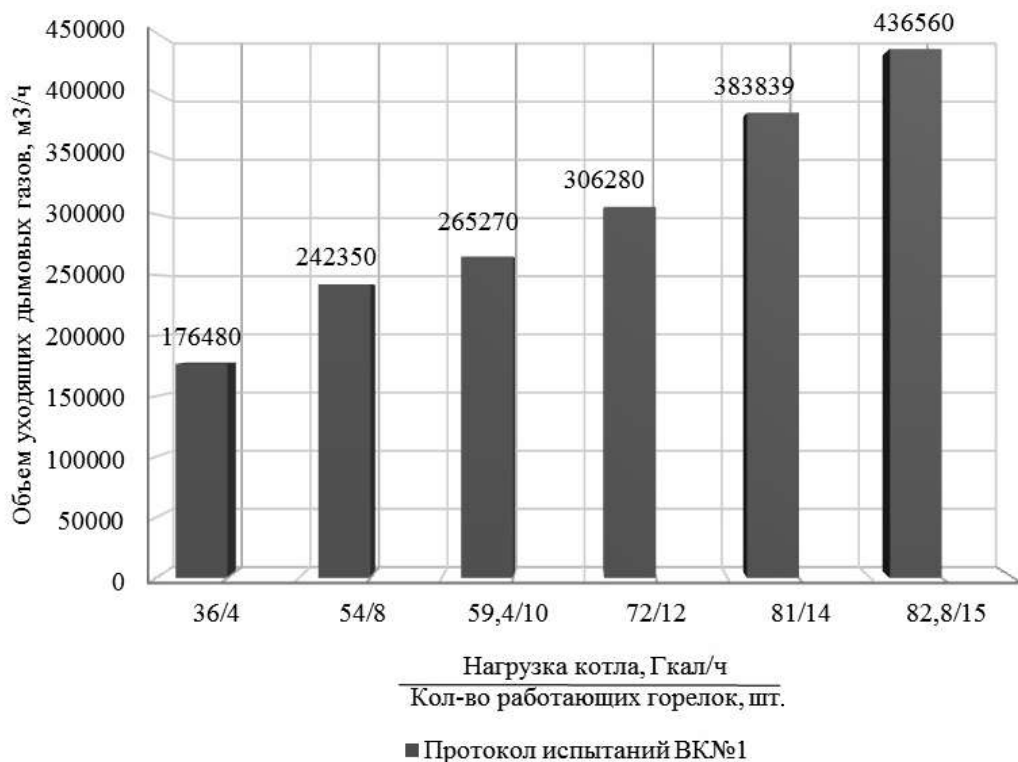


Рис. 6. Результаты расчета объемов уходящих газов по протоколу испытаний ВК №1

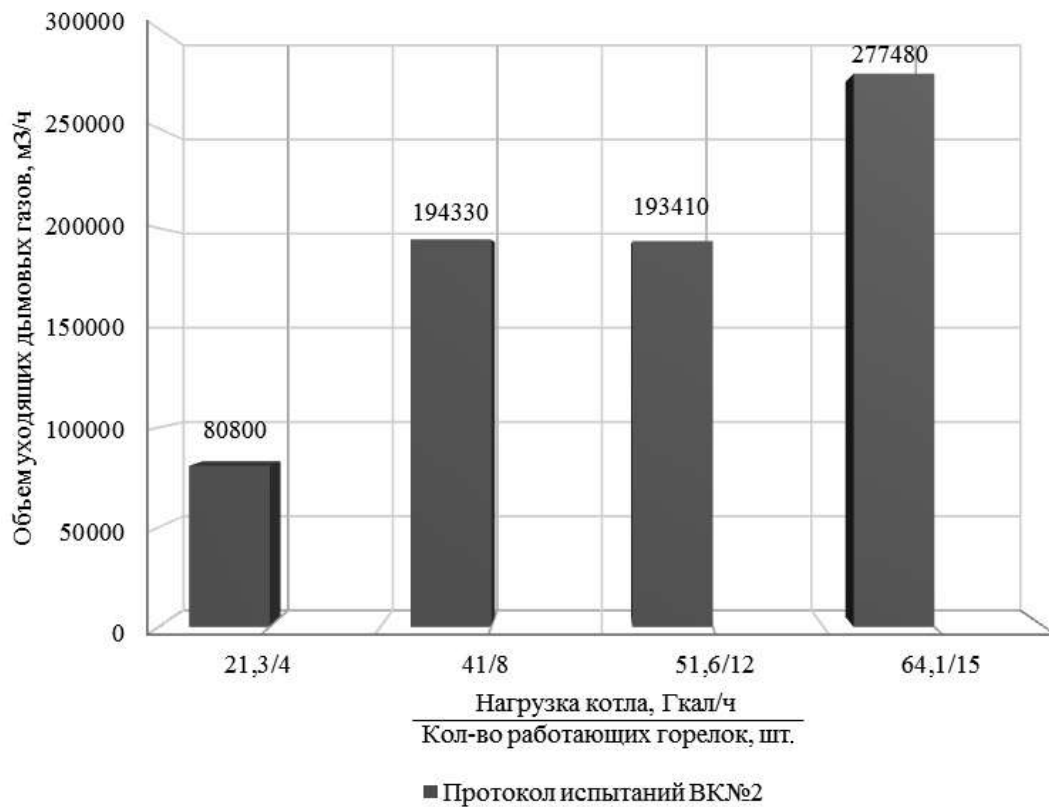


Рис. 7. Результаты расчета объемов уходящих газов по протоколу испытаний ВК №2

ность выхода котельной на номинальную нагрузку.

3. Завышенные значения объемов уходящих газов.

За расчетный объем уходящих газов принято значение $V_{тр} = 324580 \text{ м}^3/\text{ч}$, соответствующее номинальной нагрузке котла при максимальном числе работающих горелочных устройств. Это значение также соответствует оптимальной работе котла по КПД и расходу топлива.

Аэродинамический расчет котельных установок

Как было сказано выше, для подбора дымососа необходимо вычислить расчетное давление. Следует провести аэродинамический расчет [3], рассчитать перепад давлений газового тракта по формуле

$$\Delta H_{\Pi} = h_{\Gamma}'' + \Delta H_{\Gamma} - h_{\zeta}, \quad (1)$$

где $h_{\Gamma}'' = 2 \text{ мм вод. ст.}$ – разрежение дымовых газов на выходе из топки (принято согласно режимной карте работы котла ПТВМ-100); $\Delta H_{\Gamma} = \Delta h_{\Gamma} + \Delta h_{\kappa} + \sum \Delta h_{\Gamma\text{АЗ}} + \Delta h_{\Pi} + \Delta h_{\text{Д.ТР}}$, мм вод. ст. – сопротивление газового тракта; $h_{\zeta} + \text{мм вод. ст.}$ – самотяга газового тракта.

Так как сопротивление газоходов складывается из потерь на трение и местные сопротивления, на основании принципиальной схемы и фотоматериалов была составлена схема газоходов (рис. 8). Результаты расчета газохода, на котором предполагается установка дымососа, представлены в табл. 1, характеристики местных сопротивлений – в табл. 2.

Кроме этого, необходимо учесть влияние на аэродинамику рассматриваемых участков газового тракта энергетического котла ТГМЕ-454. Горелочное устройство данного котельного агрегата работает под наддувом за счет дутьевого вентилятора ВДН-25х2. Следовательно, вентилятор должен преодолевать сопротивление котла и участков, подключающих котел к дымовой трубе. Используя типовые энергетические характеристики [5, 6] на котлы данного типа, был рассчитан объем уходящих газов от одного котла ТГМЕ-454. По аэродинамическим характеристикам на вентилятор ВДН-25х2, представленным в [4], было определено сопротивление от одного парового энергетического котла.

Далее был произведен расчет дымовой трубы котельной. Учтены также продукты сгорания, удаляемые от трех паровых энергетических котлов. Результаты расчета представлены в табл. 3.

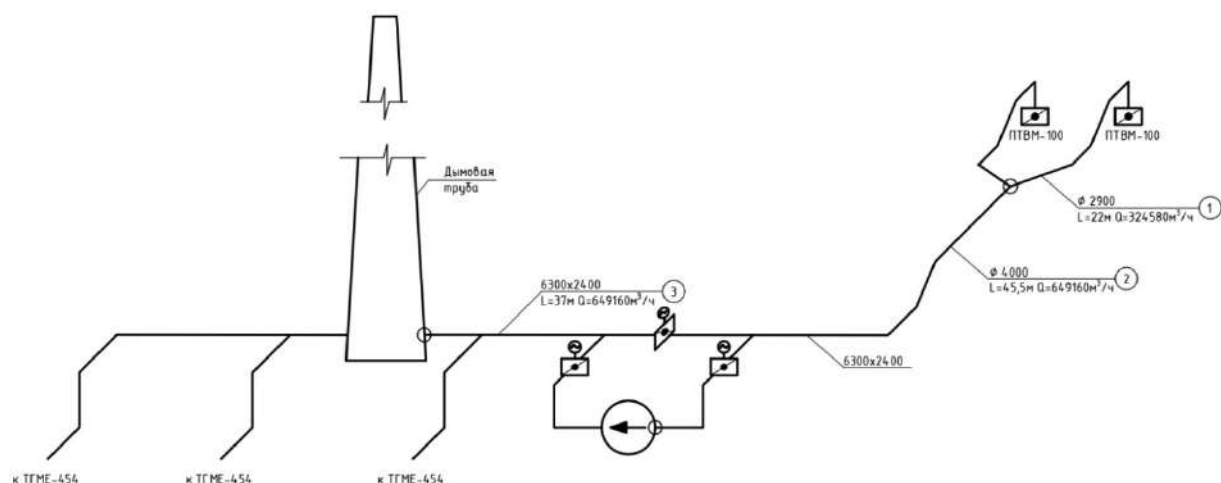


Рис. 8. Схема газоходов

Таблица 1

Сопротивления газоходов

Участок	Ведомость	Режим 5	Ø, (а×b), м	Fd, м²	W _d , м/с	Δh _{мс} , мм вод.ст.	Δh _{тр} , мм вод.ст.	ΣΔh _{газ} , мм вод.ст.
1	Режимная карта	324580	2,9	6,60	12,4	3,13	L=22м D _{экв} =2,9 λ=0,02 0,45	7,16
2	Режимная карта	649160	4	12,56	13	1,96	L=45,5м D _{экв} =3,47 λ=0,03	7,14
			6,3×2,4	15,12	10,8	4,29	0,89	
3	Режимная карта	649160	6,3×2,4	15,12	10,8	2,94	L=37м D _{экв} =3,47 λ=0,03	3,66
							0,72	
								17,96

Таблица 2

Коэффициенты местных сопротивлений

Номер участка	Характеристика местного сопротивления ζ
1	Клапан на выходе из котла ζ = 0,1 (п.16, табл.VII-3 [4])
	Поворот на 90° с закругленными кромками ζ = 0,3 (r/b = 0,9 п.2-31,[4])
	Три плавных поворота на 45° ζ = 0,3·(45/90) = 0,15
	Тройник симметричный на слияние потоков ζ = 0,2 (w _г /w _с = 12,4/13 = 0,95, F _г /F _с = 6,6/12,56 = 0,53 п.1.41, рис.VII-24,[4])
2	Два плавных поворота на 45° ζ = 0,3·(45/90) = 0,15
	Поворот на 90° с закругленными кромками ζ = 0,3 (r/b = 0,9 п.2-31,[4])
	Тройник несимметричный на ответвление ζ = 1 (W _г /W _с = 13/10,8 = 1,2 п.1.38, рис.VII-20а,[4])
	Клапан ζ = 0,1 (п.16, табл.VII-3 [3])
	Два поворота на 90° с закругленными кромками ζ = 0,3 (r/b = 0,9 п.2-31,[3])
3	Клапан ζ = 0,1 (п.16, табл.VII-3 [3])
	Два поворота на 90° с закругленными кромками ζ = 0,3 (r/b = 0,9 п.2-31,[3])
	Тройник несимметричный, собирающий на проход ζ = 0,6 (Q _г /Q _с = 1,3 п.1.38, рис.VII-21 б,[3])

Таблица 3

Расчет дымовой трубы котельной

Ведомость	$V_{\text{тр режим 5}}$, М ³ /ч	$n_{\text{к.а.}}$, шт.	ϑ , °С	$d'_{\text{вн}}$, М	$\Delta h_{\text{тр}}$, ММ ВОД.СТ.	$\Delta h_{\text{вых}}$, ММ ВОД.СТ.	$\Delta h_{\text{д.тр}}$, ММ ВОД.СТ.	$h_{\text{с}}$, ММ ВОД.СТ.	$\Delta H_{\text{д.тр}}$, ММ ВОД.СТ.
Водогрейные котлы ПТВМ-100 (Режимная карта)	324580	2	242,89	8,40	4,20	5,76	9,96	125,52	135,49
Паровые котлы (Энергетическая характеристика ТГМЕ-454)	711510	3	120,98						

Расчитанные перепад давлений по газовому тракту и сопротивление газового тракта представлены на рис. 9 и 10 соответственно.

На основании теплового и аэродинамического расчетов был подобран дымосос центробежный двухстороннего всасывания ДН-25х2 (ООО «БЗЭМ»). Методика подбо-

ра тягодутьевого устройства представлена в [3]. Аэродинамическая характеристика дымососа показана на рис. 11. Основные параметры дымососа отражены в табл. 4. Дымосос комплектуется электродвигателем 2АОДС-800/400-8/10 (800/400 кВт, 750/600 об/мин, 6000 В).

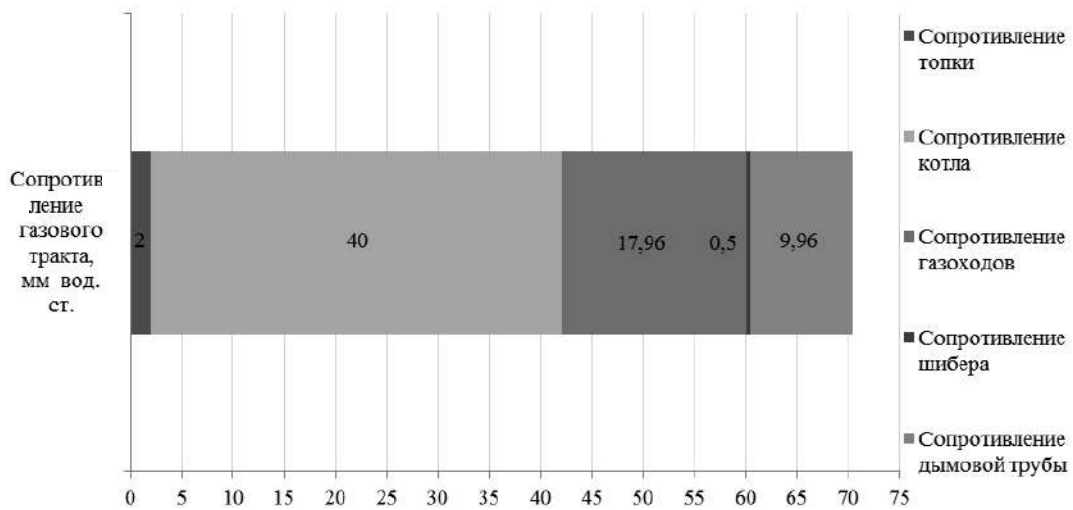


Рис. 9. Сопротивление газового тракта

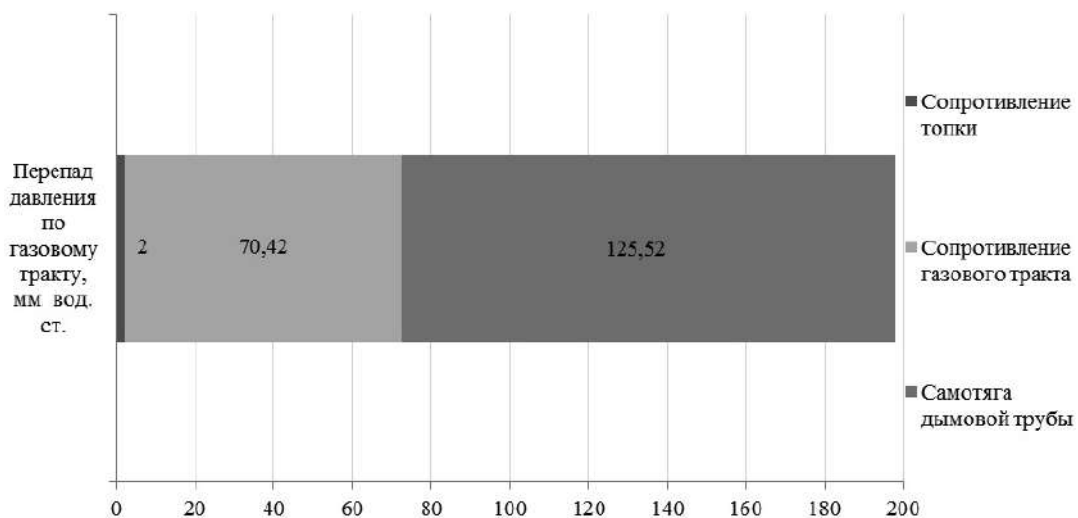


Рис. 10. Перепад давления по газовому тракту

Таблица 4

Основные параметры дымососа

Показатели назначения	Параметры	
Производительность (при максимальном КПД), м ³ /ч	665 000 (при 750 об/мин)	530 000 (при 600 об/мин)
Полное давление (при 147 °С) (при максимальном КПД), Па	3 190 (при 750 об/мин)	2 030 (при 600 об/мин)
Мощность, потребляемая вентилятором (при максимальном КПД), кВт	600 (при 750 об/мин)	340 (при 600 об/мин)
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	750	600
Диаметр рабочего колеса (по лопаткам), м	2,55	
Максимальный КПД, %	87	
Способ регулирования производительности и давления	Шибберный направляющий аппарат	

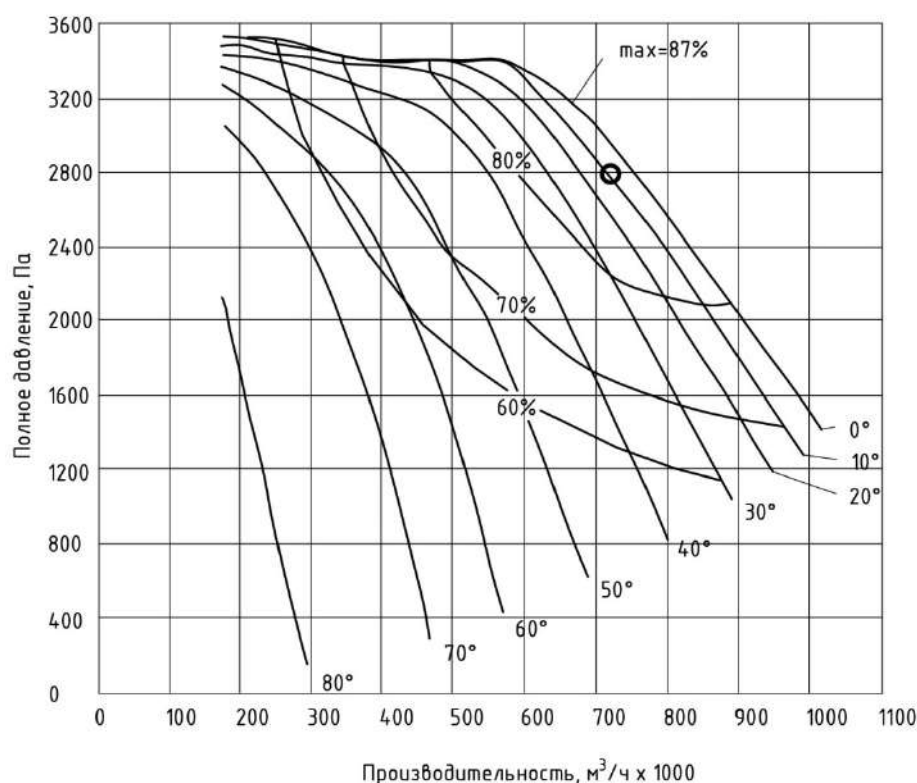


Рис. 11. Аэродинамическая характеристика дымососа ДН-25х2

Выводы. 1. По величине сопротивления газового тракта и объема дымовых газов подобран дымосос, обеспечивающий нормальную работу котлов во всем диапазоне нагрузок. Задача, инициированная заказчиком проекта, была решена в полном объеме.

2. Тип регулирующих клапанов будет подобран при установке дымососа на газоходах тракта.

3. Сопротивление котлов ТГМЕ-454, равное 270 мм вод. ст., выше перепада давления в ды-

мовой трубе, что обеспечит работу котлов под наддувом.

4. Согласно (СП 89.13330.2016, СП 346.1325800.2017) для котлов, работающих под наддувом, необходимо использовать индивидуальные дымовые трубы. Применительно к описанному выше случаю, рекомендуем устройство отдельных дымовых труб для котлов водогрейной котельной и паровых энергетических котлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Портал проекта «Профстажировки 2.0» [Электронный ресурс] URL: <https://профстажировки.рф> (дата обращения: 17.09.2020).
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Изд.3-е перераб. и до-полн. СПб.: НПО ЦКТИ, 1998.
3. Минкина С.А. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных агрегатов / СГАСУ. Самара, 2012. 74 с.
4. Аэродинамический расчет котельных установок: нормативный метод. Л.: Энергия, 1977.
5. РД 34.26.702. Типовая энергетическая характеристика котла ТГМЕ-206 при сжигании природного газа под наддувом и мазута с включенным дымососом.
6. РД 34.26.705. Типовая энергетическая характеристика котла ТГМЕ-464, работающего под наддувом при сжигании мазута.

REFERENCES

1. Portal proekta «Profstazhirovki 2.0» (Internet portal of the project “Professional Internship 2.0”). Available at: <https://профстажировки.рф> (Accessed 17 September 2020).
2. *Teplovooy raschet kotlov (Normativnyy metod)* [Thermal calculation of boilers (Regulatory method)]. Saint Petersburg, Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie po issledovaniyu i proektirovaniyu energeticheskogo oborudovaniya Publ., 1998.
3. Minkina S.A. *Teplovooy i aerodinamicheskiy raschety kotel'nykh agregatov: uchebnoye posobie dlya vypolneniya*

Об авторах:

МИНКИНА Светлана Абрамовна

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

УРЯДОВ Максим Игоревич

магистрант
Национальный исследовательский московский государственный строительный университет
Институт инженерно-экологического строительства и механизации
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: uryadovmaxim@yandex.ru

kursovogo proekta po distsipline “Teplogeneriruyushchie ustanovki” [Thermal and aerodynamic calculations of boiler units: a training manual for completing a course project for the discipline “Heat-generating installations”]. Samara, Samarskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet Publ. Samara, 2012. 74 p.

4. *Aerodinamicheskiy raschet kotel'nykh ustanovok: normativnyy metod* [Aerodynamic calculation of boiler installations: regulatory method]. Leningrad, Energiya Publ., 1977.

5. RD 34.26.702 *Tipovaya energeticheskaya kharakteristika kotla TGME-206 pri szhiganii prirodnoy gaza pod nadduvom i mazuta s vklyuchennym dymososom* [Standard Output Characteristic of Boiler TGME-206 When Burning Natural Gas with Supercharging and Fuel Oil with Smoke Pump Connected]. (in Russian)

6. RD 34.26.705 *Tipovaya energeticheskaya kharakteristika kotla TGME-464, rabotayushchego pod nadduvom pri szhiganii mazuta* [Standard Output Characteristic of Boiler TGME-464 Supercharged When Burning Fuel Oil]. (in Russian)

7. SP 89.13330.2016 *Kotel'nye ustanovki* [Boiler installations]. Updated version of building code II-35-76. Moscow, Minstroy Publ., 2016. 78 p. (in Russian)

8. SP 346.1325800.2017 *Sistemy gazovozdushnykh traktov kotel'nykh ustanovok moshchnost'yu do 150 MVt. Pravila proektirovaniya* [Systems of gas-air paths of boiler installations with a capacity of up to 150 MW. Design rules]. Moscow, Minstroy Publ., 2017. 42 p. (in Russian)

MINKINA Svetlana A.

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

URYADOV Maxim I.

Master's Degree Student
Moscow State University of Civil Engineering
Institute of Environmental Engineering and Mechanization
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye av., 26
E-mail: uryadovmaxim@yandex.ru

Для цитирования: Минкина С.А., Урядов М.И. Реконструкция газоходов водогрейных котлов с монтажом дымососов уходящих газов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 42–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.6.

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

Л. Л. НЕГОДА
С. А. МИНКИНА
С. Э. АНГАЛЫШЕВ
В. А. ЦЕЙЗЕР

ПОДГОТОВКА ВОДЫ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ И РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

WATER TREATMENT BY AN INTEGRATED METHOD FOR OPERATION
OF WATER BOILERS AND HEATING NETWORKS

Впервые предложено использование комплексного фильтра для водоподготовки. Комплексный фильтр включает в себя два слоя. Первым слоем по ходу воды должна быть загрузка для механической очистки, вторым – для умягчения (ионный обмен). Очистка может быть одно- или двухступенчатой. Для проведения исследований была использована вода из трех скважин в Самарской области. В ходе работы были проведены два этапа лабораторных исследований, на основании которых определена лучшая фильтрующая загрузка. Сделан расчет полной и рабочей обменной емкости. Проведено технико-экономическое сравнение методов очистки. Подведены итоги выполненной работы, выдвинуты предложения по рациональному использованию установок и определены перспективы развития работы в дальнейшем.

Ключевые слова: водоподготовка, комплексный фильтр, механическая очистка воды, умягчение, метод катионного обмена, жесткость воды, водородный показатель, фильтрующая загрузка, обменная способность комплекса, скважина

Введение

Водоподготовка является одним из важнейших процессов в работе промышленных предприятий. Очищенная вода участвует во многих технологических процессах от металлургической до фармацевтической промышленности.

Обработка воды включает в себя комплекс химических, физических и биологических методов изменения ее первоначального состава. Технологические схемы улучшения качества воды зависят от целей использования и исходных показателей качества, которые нормируются по СанПиНам и ГОСТам.

В настоящее время для котельных наибольшее распространение получили следующие технологические схемы:

– одноступенчатое фильтрование с помощью скорых фильтров;

The use of a complex filter for water treatment is proposed for the first time. The complex filter includes two layers. The first layer along the course of the water should be loading for mechanical cleaning, the second - for softening (ion exchange). Cleaning can be one- or two-stage. For research, water was used from three wells in the Samara region. In the course of the work, two stages of laboratory research were carried out, on the basis of which the best filtering load was determined. The calculation of the total and working exchange capacity has been made. A technical and economic comparison of cleaning methods was carried out. The results of the work performed were summed up, proposals were made for the rational use of installations and the prospects for the development of the work in the future were determined.

Keywords: water treatment, complex filter, mechanical water purification, softening, cation exchange method, water hardness, pH value, filter media, exchange capacity of the complex, well

– двухступенчатое фильтрование с помощью контактных префильтров и скорых фильтров.

Предварительная очистка воды выполняется путем механической фильтрации в фильтрах, наполненных песком, дробленным антрацитом, керамзитом или мраморной крошкой.

Умягчение выполняется методами: термическим, реагентным, ионообменным, диализом.

Наибольшее применение получил ионообменный метод (метод катионного обмена), так как по сравнению с термическим и реагентным он требует меньших затрат на электроэнергию, приобретение и установку оборудования и является наиболее компактным.

В современном мире подготовка технической и оборотной воды для промышленных предприятий является актуальной проблемой.

Многие инженеры и ученые продолжают искать новые способы очистки воды и совершенствуют старые.

Цель работы – переосмысление и исследование возможностей использования комплексного метода очистки воды, который позволит осветлить воду и выполнить ее умягчение.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить эффективную загрузку;
- произвести компоновку комплексного фильтра;
- изучить химический состав исследуемой воды;
- проанализировать полученные данные;
- рассчитать экономический эффект.

Оценка современного состояния проблемы

В классической и современной литературе по водоподготовке отсутствуют данные о том, как фильтры для механической очистки влияют на содержание растворенных солей в фильтрате, помимо этого отсутствуют сведения об эффекте умягчения. Это можно считать серьезным допущением, так как стоимость загрузки для механических фильтров в десятки раз меньше, чем стоимость загрузки для ионообменных фильтров.

Своевременная замена загрузки фильтров первой ступени может привести к частичному снижению нагрузки на дорогостоящие ионообменные смолы, что позволит увеличить длительность использования фильтров второй ступени. Такой подход к водоподготовке на промышленных предприятиях малой и средней мощности позволит сократить затраты на водоподготовку.

Исследования загрузки фильтров для механической очистки были основаны на концептуальных положениях теории о том, что аморфные структуры в кварцевом песке, микро- и нанопоры в дробленном керамзите, антраците и активированном угле способны задерживать не только тонкодисперсные примеси, но и некоторый процент солей жесткости, содержащихся в природной воде.

Исходные данные для исследования

При проведении ряда лабораторных исследований и экспериментов была использована природная вода из трех подземных источников в Самарской области: одна из скважины глубиной 21 м в поселке Кряж (г. Самара) (табл.1) и две из скважин глубиной 10 и 15 м в селе Яблоновый овраг (Волжский р-н) (табл. 2, 3).

Для исследования были доступны три вида загрузки механических фильтров:

Таблица 1
Данные анализа воды
в поселке Кряж

Наименование	Концентрация, мг/л	
	норма ПДК	исследуемая вода
Водородный показатель рН	6–9	6,8
Жесткость воды	7–10	18,4

Таблица 2
Данные анализа воды
в селе Яблоновый овраг, скважина 10 м

Наименование	Концентрация, мг/л	
	норма ПДК	исследуемая вода
Водородный показатель рН	6–9	6,62
Жесткость воды	7–10	19,4

Таблица 3
Данные анализа воды
в селе Яблоновый овраг, скважина 15 м

Наименование	Концентрация, мг/л	
	норма ПДК	исследуемая вода
Водородный показатель рН	6–9	6,6
Хром	0,05	н.м.ч.
Железо (общее)	0,3	0,42
Ион-аммония	1,5	0,76
Нитрит-ион	3,3	0,21
Сульфаты	500	>1000
Полифосфаты	3,5	>3,5
Жесткость воды	7–10	10,0
Медь	1,0	0,021
Нитраты	≤ 45	>45
Кадмий	0,00014	0,04
Хлориды	350	–

- кварцевый вольский песок с модулем крупности 1,5;
- керамзит дробленный фракции 0,63–1,25 мм;
- уголь кокосовый активированный БАУ-А (ГОСТ 6217-74. Уголь активированный древесный дробленный. Технические условия).

И три вида ионообменных смол:

- анионит АВ-17-8;
- Н-катионит КУ-2-8;
- Na-катионит Lewatit (Леватит) Mono Plus S108.

Фильтрующая загрузка была помещена в делительные воронки, которые закреплены на штативе, соотношение загрузок было выбрано 1:1, объем материала составил по 100 мл каждый. Замер общей жесткости проводился с помощью титрования на двух бюретках с ценой деления 0,1 и 0,02 мл.

Исходя из поставленных условий, природную воду из подземных источников необходимо очистить до содержания в ней 0,1 мг-экв/л солей жесткости для водогрейных котлов или до 0,02 мг-экв/л для паро-водогрейных котлов (СП 89.13330.2016. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76).

Первый этап лабораторных исследований

Первым этапом исследования являлось определение эффективной загрузки и ее эффекта умягчения. На первом этапе было проведено порядка 86 измерений, которые охватывали общую и карбонатную жесткость химочищенной воды, а также значение показателя среды рН.

Работа началась с последовательного изучения эффекта умягчения, который оказывают различные загрузки, как механической очистки, так и ионного обмена. В первом приближении было принято решение о совместной послойной загрузке в одну делительную воронку загрузки

механических фильтров и ионообменных смол (рис. 1). Результаты замеров приведены в табл. 4.

Полученные результаты измерений в первом приближении говорят о необходимости дальнейшего изучения данной темы: эффект умягчения механической загрузки составил от 45 % (для дробленого керамзита) до 75 % (для кварцевого песка). Для сравнения эффект умягчения для **анионита** АВ-17-8, **Н-катионита** КУ-2-8 составил 25 и 78,3 % соответственно.

Дальнейшие рассуждения о способах повышения эффективности очистки воды привели к тому, что в список исследуемых ионообменных смол был добавлен Na-катионит, так как анионит и Н-катионит не приносили требуемого результата: низкий эффект умягчения.

Подробный анализ измерений второго приближения доказал нецелесообразность использования **анионита** АВ-17-8, **Н-катионита** КУ-2-8 в дальнейших исследованиях, так как изменение показателя кислотности среды рН до 1,69 (табл. 5) не удовлетворяет требованиям. Помимо этого, совместное размещение загрузки в одной емкости фильтра усложняет эксплуатацию.

В третьем приближении было принято решение о том, что необходимо определить влияние последовательности фильтрования на эффект очистки. Другими словами, следовало экспериментально определить последовательность прохождения водой слоев загрузки в фильтре (механической очистки и умягчения) [1]. Результаты определения эффекта умягчения приведены в табл. 6.



Рис. 1. Комплексные установки с послойной загрузкой в одной делительной воронке. Первое приближение. (Слева направо: уголь акт. + Н-кат, керамзит + Н-кат, кварц, песок + Н-кат, Н-кат+ анионит)

Таблица 4

Определение лучшей фильтрующей загрузки. Первое приближение

Номер установки	Название установки	$J_{\text{хим.очищ}}'$ мг-экв/л	Эффект умягчения, %
1	Анионит АВ-17-8	13,8	25,0
2	Н-катионит КУ-2-8	4,0	78,3
3	Кокосовый активированный уголь	6,6	64,1
4	Керамзит дробленый	10,2	44,6
5	Вольский кварцевый песок	4,6	75,0
6	Кокосовый активированный уголь + Н-катионит КУ-2-8	1,6	91,0
7	Керамзит дробленый + Н-катионит КУ-2-8	7,0	62,0
8	Вольский кварцевый песок + Н-катионит КУ-2-8	3,0	84,0
9	Анионит АВ-17-8 + Н-катионит КУ-2-8	1,0	95,0

Примечание. Исходная проба воды поселка Кряж. $J_0 = 18,4$ мг-экв/л

Таблица 5

Определение лучшей фильтрующей загрузки. Второе приближение

Номер установки	Название установки	pH	$J_{\text{хим.очищ}}'$ мг-экв/л	Эффект умягчения, %	$J_{\text{карб}}'$ мг-экв/л
10	Na-катионит Lewatit (Леватит) Mono Plus S108	7,93	0,4	97,9	3,4
1	Анионит АВ-17-8	5,05	12,2	37,1	0,4
2	Н-катионит КУ-2-8	4,06	1,2	93,8	0,6
3	Кокосовый активированный уголь	5,67	6,2	68,0	1,4
4	Керамзит дробленый	7,11	12,0	38,0	3,6
5	Вольский кварцевый песок	6,75	5,8	70,1	2,8
6	Кокосовый активированный уголь + Н-катионит КУ-2-8	1,96	2,2	88,7	0
7	Керамзит дробленый + Н-катионит КУ-2-8	2,15	6,4	67,0	0
8	Вольский кварцевый песок + Н-катионит КУ-2-8	1,91	1,6	91,7	0
9	Анионит АВ-17-8 + Н-катионит КУ-2-8	1,69	1,2	93,8	0

Примечание. Исходная проба воды в селе Яблоновый овраг, 10 м. $J_0 = 19,4$ мг-экв/л

Таблица 6

Определение лучшего фильтра первой степени

Номер установки	Название установки	pH	$J_{\text{хим.очищ}}'$ мг-экв/л	Эффект умягчения, %
1	Na-катионит Lewatit (Леватит) Mono Plus S108	7,28	1,2	92,5
4a	Кокосовый активированный уголь	5,65	1,4	91,3
4	Кокосовый активированный уголь + Na-катионит	7,18	0,2	98,8
4*	Na-катионит + кокосовый активированный уголь	6,28	1,4	91,3
5a	Керамзит дробленый	7,53	6,2	61,3
5	Керамзит дробленый + Na-катионит	7,18	1,0	93,8
5*	Na-катионит + керамзит дробленый	7,56	3,4	78,8
6a	Вольский кварцевый песок	6,49	1,4	91,3
6	Вольский кварцевый песок + Na-катионит	7,50	0,6	96,3
6*	Na-катионит + вольский кварцевый песок	7,27	2,6	83,8

Примечание. Исходная проба воды в селе Яблоновый овраг, 10 м. $J_0 = 16,0$ мг-экв/л

После проведенных измерений можно сделать вывод о том, что эффект умягчения повышается во всех трех случаях на 7,5–15 %, если загрузкой первой ступени является загрузка для механической очистки, а не наоборот. Также было замечено, что на установке №4 Кокосовый активированный уголь + Na-катионит эффект умягчения достиг 98,8 %, а жесткость химочищенной воды составила 0,2 мг-экв/л. Данное значение жесткости не является допустимым для работы водогрейных котлов и работы тепловых сетей. Объяснить это можно двумя предположениями: не хватает точности измерительного прибора (бюретка с ценой деления 0,1 мл) и необходима комплексная двухступенчатая очистка исходной природной воды.

На основании данных предположений и анализа ряда исследований в четвертом приближении было принято решение о проведении замеров жесткости химочищенной воды после одно- и двухступенчатого фильтрования на комплексных установках [2]. Результаты измерений приведены в табл. 7.

По окончании эксперимента в четвертом приближении был получен внушительный результат, удалось достигнуть 99,9 % эффекта умягчения на первой ступени очистки для угольно-катионитового фильтра и на второй ступени керамзит-катионитового фильтра; к сожалению, песчано-катионитовый фильтр не принес требуемого результата очистки. Отсутствие требуемого результата для песчано-катионитового фильтра можно объяснить несколькими причинами:

- за время проведения ряда экспериментов загрузка в комплексном фильтре могла исчерпать запас обменной емкости;

- титрование на микробюретке (с ценой деления 0,02) требует особой осторожности и внимательности.

Таким образом, основываясь на данных предположениях, нельзя сделать вывод о том, что в ходе работы удалось раскрыть полный потенциал комплексного метода очистки воды и требуется дальнейшее проведение ряда экспериментов. Однако на этом этапе удалось достичь требуемого эффекта умягчения, и вода соответствует требованиям для водогрейных котлов (СП 89.13330.2016).

Второй этап лабораторных исследований

На втором этапе лабораторных исследований в четвертом приближении была использована вода из второй скважины в селе Яблонный овраг (15 м), исходная общая жесткость которой составила 29,0 мг-экв/л. Вода из данной скважины имела переменный минеральный состав, поэтому на втором этапе исследований ее общая жесткость составила 10,0 мг-экв/л.

Для расчета экономического эффекта и прогнозирования работы комплексных фильтров требовалось произвести измерение Обменной Емкости комплексного фильтра (ОЕ). Для этого необходимо пролить через фильтр некоторое количество воды, после которого эффект умягчения установки начнет снижаться до тех пор, пока очищенная вода не перестанет удовлетворять нашим требованиям и потребуется регенерация.

Методика определения была такова, что через каждый фильтр было необходимо пропустить пробы воды по 50/100/200 мл и титрованием определить жесткость химочищенной воды и содержание ионов Ca^{2+} .

В ходе определения обменной емкости за весь цикл было проведено более 249 анализов фильтра, 129 из них на общую жесткость и 120 анализов на содержание ионов кальция.

Таблица 7

Результаты двухступенчатого фильтрования

Номер установки	Название установки	$J_{\text{общ}}'$ мг-экв/л	Эффект умягчения, %
1-я ступень умягчения			
1	Кокосовый активированный уголь + Na-катионит	0,04	99,9
2	Керамзит дробленый + Na-катионит	0,40	98,6
3	Вольский кварцевый песок + Na-катионит	0,60	97,9
2-я ступень умягчения			
4	Кокосовый активированный уголь + Na-катионит	Умягчение не требуется	
5	Керамзит дробленый + Na-катионит	0,04	99,9
6	Вольский кварцевый песок + Na-катионит	0,12	99,6

Примечание. Исходная проба воды в селе Яблонный овраг, 15 м. $J_0 = 29,0$ мг-экв/л

Через каждый фильтр с комплексной загрузкой было пропущено 6700 мл исходной воды. Пробы фильтрата отбирались по 50 мл и производилось измерение общей жесткости. Однако такой способ анализа дал неудовлетворительный результат, так как для титрования приходилось делить пробу на 25 мл, что *снижало точность измерений*, поэтому в дальнейшем отбирались пробы по 200 мл и делились на две части, и при титровании 100 мл фильтрата *требуемая точность была достигнута*.

Данные измерений занесены в сводную таблицу, на основании которой были построены графики (рис. 2–7). Серым цветом на графике обозначены данные из области построения. Черной линией – аппроксимирующая функция от данной кривой.

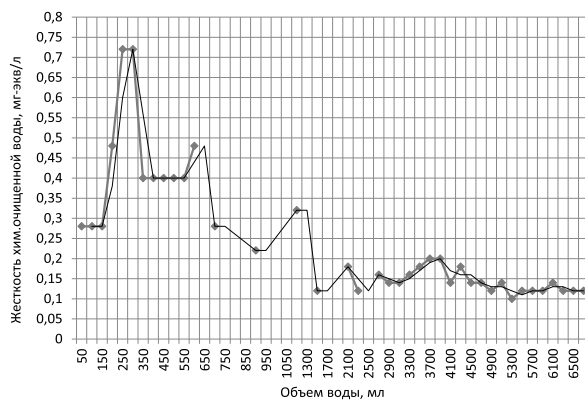


Рис. 2. График зависимости жесткости химочищенной воды от объема пропускаемой воды через угольно-катионитовый фильтр

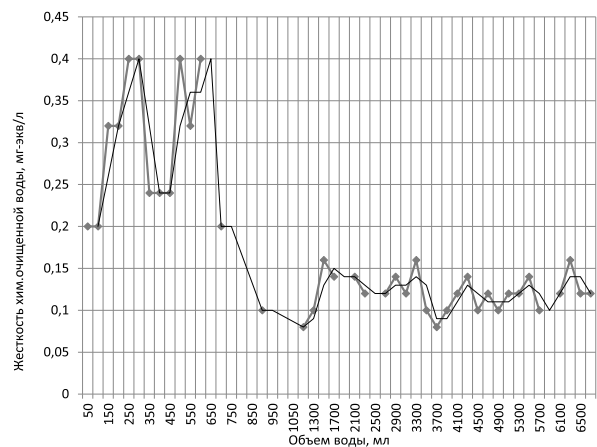


Рис. 3. График зависимости жесткости химочищенной воды от объема пропускаемой воды через керамзитово-катионитовый фильтр

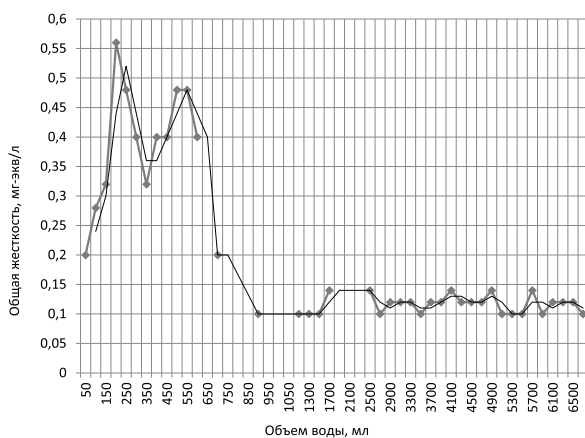


Рис. 4. График зависимости жесткости химочищенной воды от объема пропускаемой воды через песчано-катионитовый фильтр

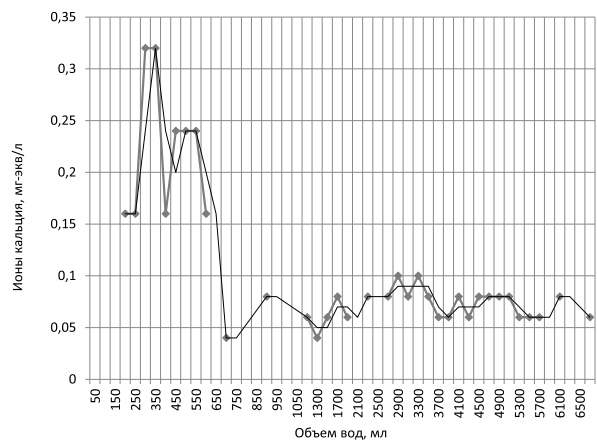


Рис. 5. График зависимости содержания ионов Ca^{2+} в фильтрате от объема пропускаемой воды через угольно-катионитовый фильтр

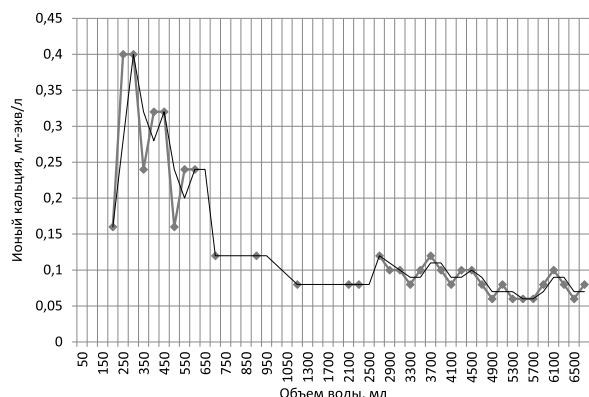


Рис. 6. График зависимости содержания ионов Ca²⁺ в фильтрате от объема пропускаемой воды через керамзито-катионитовый фильтр

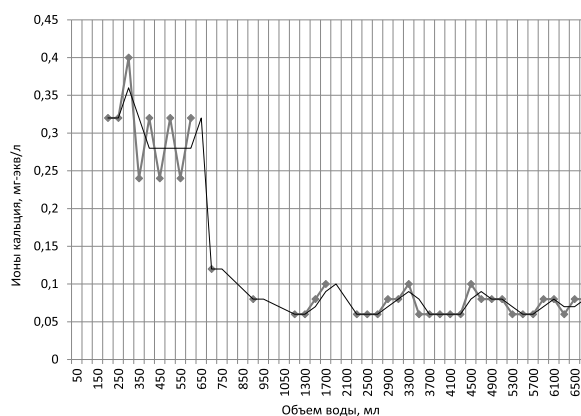


Рис. 7. График зависимости содержания ионов Ca²⁺ в фильтрате от объема пропускаемой воды через песчано-катионитовый фильтр

рабочей обменной емкости производили по формуле [3–6]:

$$E_p^{Na} = \frac{24 \cdot J_0 \cdot G_{с.в.}}{V_\phi \cdot n_\phi \cdot n_p}$$

где J_0 – общая жесткость исходной воды, г-экв/м³; $G_{с.в.}$ – расход воды, пропускаемый через фильтр, м³; 24 – число часов работы за сутки; V_ϕ – объем фильтрующей загрузки, м³ (0,0002 м³); n_ϕ – количество фильтров (1); n_p – количество регенераций в сутки (1).

$$E_p^{Na} = \frac{24 \cdot 10 \cdot 0,0067}{0,002 \cdot 1 \cdot 1} = 8040 \text{ (мг-экв/л)}$$

Значения полной обменной емкости определяются в процессе эксплуатации и зависят от удельного расхода соли на регенерацию g и коэффициента эффективности регенерации α_3 . Расчет произведен по формуле [3–6]:

$$E_n = \frac{E_p^{Na} + 0,5 \cdot g \cdot J_0}{\alpha_3 \cdot \beta_{Na}}$$

где g – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³; α_3 – коэффициент эффективности регенерации,

$$\alpha_3 = f(J_0, q_c);$$

q_c – удельный расход соли на регенерацию; β_{Na} – коэффициент снижения обменной способности катионита по катионам Ca²⁺, Mg²⁺ (максимальное значение 0,93, минимальное значение 0,5),

$$\beta_{Na} = f\left(\frac{C_{Na}^2}{J_0}\right),$$

C_{Na}^2 – концентрация катионов натрия в воде.

Наглядное представление границ полной обменной емкости комплексной загрузки можно увидеть на графике (рис. 8). Графики построены для источников водоснабжения с общей жесткостью $J_0 = 10,0$ мг-экв/л.

Из анализа кривых графика можно сделать следующие выводы:

1. С ростом значения коэффициента регенерации (α_3) до максимальных по общей жесткости воды значений полная обменная способность катионита падает.
2. Чем выше коэффициент снижения обменной способности по Ca²⁺, Mg²⁺ (β_{Na}) при тех же значениях α_3 , тем ниже значение полной обменной способности катионита.
3. Значение полной обменной способности катионита определяет число регенерации фильтра в сутки (в расчете было условно принято $n_p = 1$ раз в сутки).
4. Значение полной обменной способности комплексной установки зависит также от расхода воды, пропускаемой через фильтр. Расчет был привязан к конкретному расходу воды и типу фильтра.

Вопрос исследований полной обменной способности катионита применительно к различным расходам воды, составу воды и типам фильтров планируется на перспективу работы.

Технико-экономическое сравнение

Заключительным этапом научной работы является технико-экономическое сравнение выбранных методов очистки. В связи с тем, что не удалось определить точное значение обменной емкости, то расчет затрат на эксплуатацию сооружения невозможен, тем не менее расчет капитальных затрат на установку и приобретение фильтров удалось выполнить.

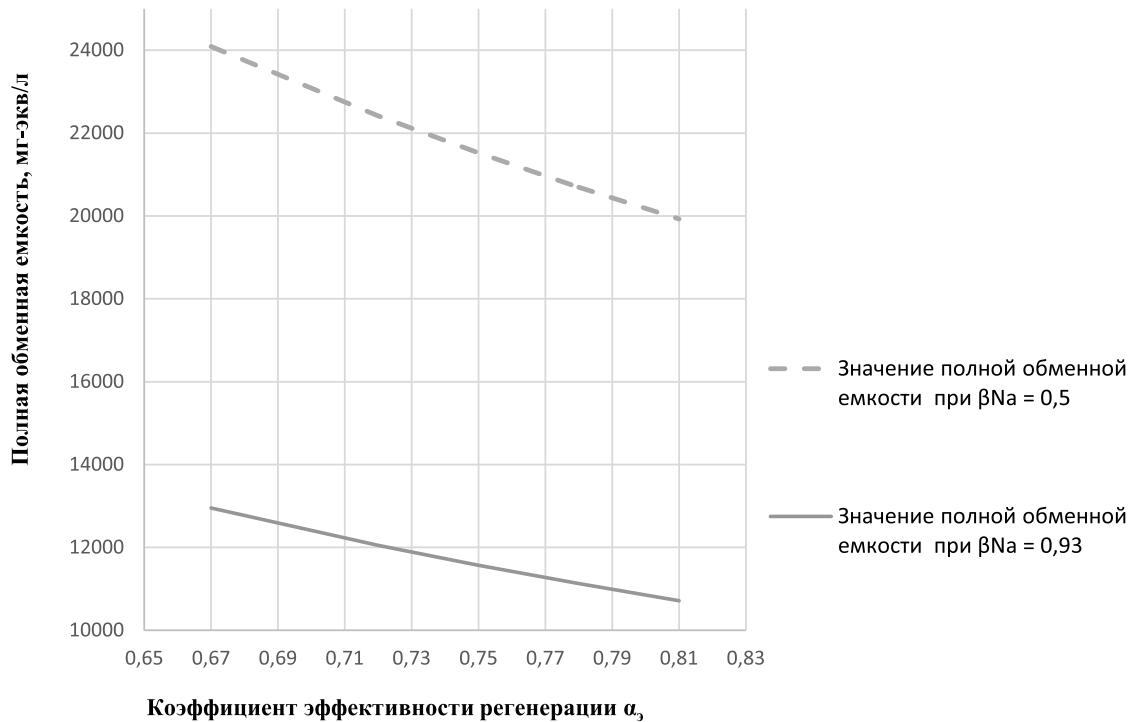
Рис. 8. График зависимости полной обменной емкости от коэффициента регенерации α ,

Таблица 8

Расчет экономического эффекта

Наименование	Цена, р./кг		Плотность, кг/м ³		Стоимость 1 м ³ , тыс. р.		Стоимость всего фильтра, тыс. р.	Экономический эффект в сравнении с 2-ступенч. катионитом, %	Эффект умягчения, %
	1-я ступ.	2-я ступ.	1-я ступ.	2-я ступ.	1-я ступ.	2-я ступ.			
Уголь активированный	210		450		94,5		94,5	75,65	64,1
Керамзит	10		450		4,5		4,5	98,84	44,6
Песок кварцевый	12		1275		15,3		15,3	96,06	75,0
Уголь акт. + Na-кат.	210	231	450	840	94,5	194,04	288,54	25,65	99,9
Керамзит + Na-кат.	10	231	450	840	4,5	194,04	198,54	48,84	98,6
Песок кварцевый + Na-кат.	12	231	1275	840	15,3	194,04	209,34	46,06	97,9
Катионит 2-я ступ.	231	231	840	840	194,04	194,04	388,08	0,00	99,9
Катионит 1-я ступ.	231		840		194,04		194,04	50,00	97,9

В сводной таблице расчета экономического эффекта (табл. 8) указаны цены по состоянию на март 2020 г. [7, 8]. В сравнении участвовали четыре отдельные установки с загрузками: активированный уголь, дробленый керамзит, кварцевый песок, Na-катионит и три комплексные установки. Отношения масс комплексных загрузок в фильтре 1:1. Для удобства расчеты

приведены к 1 м³ загрузки. Экономический эффект соотнесен к затратам на приобретение двухступенчатой установки Na-катионирования (как к наиболее конкурентоспособной).

Помимо расчета экономического эффекта, было разработано несколько предложений по рациональному использованию отработанной механической загрузки.

Для повышения обменной способности системы рекомендуется заменять фильтрующую механическую загрузку фильтров первой ступени (кварцевый песок, дробленый керамзит) и направлять данную загрузку на повторное использование для производства строительных материалов: растворов, легких и тяжелых бетонов, керамзитобетонных блоков, брусчатки, для отсыпки при строительстве автодорог и иных сооружений, для благоустройства территорий и ландшафтного дизайна.

Добавка уплотнитель из кварцевого песка обеспечивает прочность бетона со 100 % расходом цемента, а также повышает прочность на 18 % [9].

Для отработанного активированного угля возможна схема размещения со сменными касетами. После завершения цикла работы касеты направляются на регенерацию или подлежат утилизации.

Выводы

1. Согласно приведённым расчетам и графикам, комплексный фильтр является эффективным по всем представленным показателям.
2. При двухступенчатом катионировании использование комплексных фильтров обеспечивает остаточную жесткость воды, необходимую для нормальной работы водогрейных котлов и тепловых сетей.
3. Промышленным предприятиям, использующим при водоподготовке метод ионного обмена как основной, стоит задуматься над своевременной заменой фильтров механической очистки. Это связано с тем, что механический фильтр способен задерживать до 75 % растворенных в воде солей жесткости.
4. Использование комплексного фильтра в сравнении с обычным двухступенчатым натрий катионированием позволяет сэкономить до 49 % капитальных вложений на приобретение фильтров.
5. Повышенная обменная способность комплексных фильтров (в сравнении с двухступенчатой очисткой методом ионного обмена) позволяет снизить расход соли на регенерацию и количество регенераций, что положительно сказывается на характере сточных вод после обратной промывки ионообменного фильтра.
6. Продажа отработанной механической загрузки, как способ утилизации, позволяет амортизировать капитальные затраты на эксплуатацию и регенерацию фильтров второй ступени комплексной очистки.

Перспективы развития работы

Проведенные исследования позволили решить поставленные задачи и разработать следующие идеи по развитию данной работы:

1. Окончательное определение обменной емкости комплексного фильтра.
2. Проведение экспериментов с разным отношением загрузки 1-й и 2-й ступеней (например, 1:2, 1:3, 2:1 и т. д.).
3. Определение цикла отработки механической загрузки.
4. Разработка систем утилизации отработанной загрузки.
5. Использование иных видов механической загрузки (мраморной крошки и дробленого антрацита).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Т.2. Вологда–Москва, 2001. 100 с.
2. Сарэнергомаш. Водоподготовительное оборудование: информационно-справочный каталог. Вып. 1. М., 2007. 100 с.
3. Минкина С.А., Евграфов А.В. Водоподготовка котельных установок. Расчет и проектирование оборудования / СГАСУ. Самара, 2009. 158 с.
4. Глинка Н.Л. Общая химия / под ред. А.И. Ермакова. Изд. 28-е, перераб. и доп. М.: Интеграл-Пресс, 2000. 728 с.
5. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1995. 688 с.: ил.
6. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. М.: Издательство МГУ, 1996. 680 с; 178 ил.
7. ООО «АКВАХИМ»: сайт. – URL: <https://himkazan.ru/> (дата обращения: 03.03.2020).
8. Керамзитовый завод «СПУТНИК». Прайс-лист: сайт. – URL: <https://sputnik-keramzit.ru/prayslist> (дата обращения: 03.03.2020).
9. Гаприлов А.В. Бетоны на мелком песке и наполненном цементе: дис. ... д.т.н. Ростов-на-Дону, 2013. 200 с.

REFERENCES

1. Zhurba M.G., *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij*. T.2. [Water supply. Design of systems and structures. T.2.] Vologda, Moscow, 2001. (in Russian)
2. *Vodopodgotovitel'noe oborudovanie. Informacionno-spravochny katalog*. Moscow, Sarjenergomash Press, 2007.
3. Minkina S.A., Evgrafov A.V. *Vodopodgotovka kotel'nyh ustanovok. Raschet i proektirovanie oborudovanija* [Water treatment of boiler plants. Calculation and design of equipment]. Samara, 2009. 158 p. (in Russian)
4. Glinka N.L. *Obshhaja himija*. [General chemistry] Moscow, Integral-Press, 2000 (in Russian)
5. Nikoladze G.I., Somov M.A. *Vodosnabzhenie*. [Water supply.] Moscow, Strojizdat Publ., 1995. (in Russian)

6. Frog B.N., Levchenko A.P. *Vodosnabzhenie*. [Water supply.] Moscow, Izdatel'stvo MGU, 1996. (in Russian)

7. ООО «АКВАНИМ» Available at: : <https://him-kazan.ru/> (Accessed 03 March 2020)

8. Keramzitovjy zavod «SPUTNIK». Price list. Available at: : <https://him-kazan.ru/> (Accessed 03 March 2020)

9. Gavrilov A.V. *Betony na melkom peske i napolnenom cemente. tor*. Cand, Diss. [Concretes on fine sand and filled with cement]. Rostov-na-Donu. 2013.

Об авторах:

НЕГОДА Лариса Леонидовна

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

МИНКИНА Светлана Абрамовна

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

АНГАЛЫШЕВ Сергей Эдуардович

студент 4 курса факультета инженерных систем и природоохранного строительства кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: 19399@mail.ru

ЦЕЙЗЕР Владислав Алексеевич

студент 4 курса факультета инженерных систем и природоохранного строительства кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: mr.tceyzer1@mail.ru

NEGODA Larisa L.

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

MINKINA Svetlana A.

Senior Lecturer at the Department 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: minkina.svetlana2011@yandex.ru

ANGALYShev Sergej Ye.

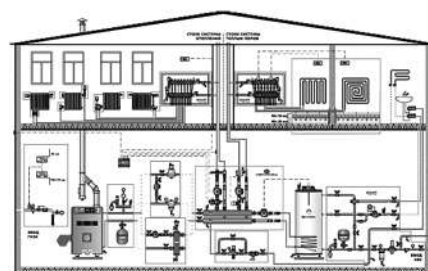
Student of the Faculty of Engineering Systems and Environmental Construction Samara State Technical University,
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: 19399@mail.ru

CEJZER Vladislav Alekseevich

Student of the Faculty of Engineering Systems and Environmental Construction Samara State Technical University,
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: mr.tceyzer1@mail.ru

Для цитирования: Негода Л.Л., Минкина С.А., Ангалышев С.Э., Цейзер В.А. Подготовка воды комплексным методом для работы водогрейных котлов и работы тепловых сетей // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 50–59. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.7.

For citation: Negoda L.L., Minkina S.A., Angalyshev S.Ye., Cejzer V.A. Water Treatment by an Integrated Method for Operation of Water Boilers and Heating Networks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 50–59. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.7.



**М. А. САИЙД
Н. С. СЕРПОКРЫЛОВ
В. В. НЕЛИДИН**

**ВЛИЯНИЕ ТИПА ЗАГРУЗКИ НА ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ
СПОСОБНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОГРУЖНОГО
ВРАЩАЮЩЕГОСЯ БИОФИЛЬТРА**

**INFLUENCE OF THE BIOMASS CARRIER TYPE
ON THE OXYGEN TRANSFER RATE OF THE MODIFIED
SUBMERSIBLE ROTATING BIOFILTER**

Модифицированный погружной вращающийся биофильтр разработан и запатентован с целью повышения эффективности очистки и качества очищенной сточной воды малых населенных пунктов в Сирии за счет увеличения скорости массообмена и окислительной способности погружного вращающегося биофильтра барабанного типа без необходимости использования дополнительных элементов аэрации. Результат сравнения влияния двух типов загрузки на окислительную способность показывает, что наивысшее значение окислительной способности при использовании первого загрузочного материала (1) составляло $409 \text{ г/м}^3\cdot\text{ч}$ при заполнении барабана на 60 %, скорости вращения 15 об/мин и глубине погружения 35 %. В то время как максимальное значение при использовании второго загрузочного материала (2) было $518,95 \text{ г/м}^3\cdot\text{ч}$ при заполнении барабана на 90 %, скорости вращения 15 об/мин и глубине погружения 15 %. Сделан вывод, что изменение формы загрузки и её плотности существенно влияет на окислительную способность биофильтра. Кроме того, установлено, что изменение формы загрузки требует изменения таких технологических параметров, как процент заполнения барабана, глубина погружения и скорость вращения.

Ключевые слова: модифицированный погружной вращающийся биофильтр, окислительная способность, загрузочный материал, сточная вода, Сирия

The modified submersible rotating biofilter MSRБ was developed and patented to improve the efficiency and quality of treated wastewater from small settlements in Syria by increasing the mass transfer rate and oxygen transfer rate of the drum-type rotating biofilter without the need for additional aeration elements. The result of comparing the effect of two types of biomass carrier on the oxygen transfer rate OTR shows that the highest value of the OTR when using the first biomass carrier (1) was $409 \text{ g/m}^3\cdot\text{h}$ with a drum filling percentage of 60%, a rotation speed of 15 rpm and an immersion depth of 35%. While the maximum value when using the second biomass carrier (2) was $518.95 \text{ g/m}^3\cdot\text{h}$ with a drum filling percentage of 90%, a rotation speed of 15 rpm and an immersion depth of 15%. It can also be concluded that a change in the shape of the biomass carrier, as well as its density, significantly affects the OTR of the biofilter. In addition, changing the shape of the biomass carrier requires changing other technological parameters, such as the filling percentage of the drum, the depth of immersion and the rotation speed.

Keywords: modified submersible rotating biofilter, oxygen transfer rate, biomass carrier, wastewater, Syria.

Введение

В результате развития промышленности, роста населения в мире, высокого уровня урбанизации повышается спрос на пресную воду, увеличивается количество образующихся сточных вод, растет загрязнение окружающей среды [1, 2].

Правительство Сирии прикладывает большие усилия в области очистки и повторного использования сточных вод, особенно для целей орошения, поскольку Сирия является страной с ограниченными водными ресурсами. Кроме того, результаты экологической оценки крупных рек Сирии показали значительное загрязнение из-за неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, а также промышленных и коммерческих сточных вод [3]. Поэтому в десятом и одиннадцатом пятилетних планах государство выделило огромный бюджет на развитие сектора канализации, особенно в малых населенных пунктах, поскольку в Сирии всегда существовал дефицит очистных сооружений [4].

Из анализа литературных данных [5] видно, что 98 % сточных вод малых населенных пунктов в Сирии очищаются методом активного ила с продленной аэрацией. Оценка показателей эффективности работы этих сооружений показала, что они не соответствуют нормативам очистки сточных вод ввиду ряда недостатков: высокое потребление электроэнергии, большие затраты на техническое обслуживание насосов ила и аэрационного оборудования, некачественное управление технологическими процессами из-за недостатка квалифицированных кадров и т. д. Для строительства очистных станций с продленной аэрацией требуются значительные земельные площади, поскольку объем аэротенков в 3–6 раз больше, чем при обычной системе очистки активным илом. При этом количество избыточного ила относительно велико и нет четкой стратегии для его утилизации [6].

Согласно руководству по методологии изучения и выбора технологии очистки сточных вод, разработанному Министерством водных ресурсов Сирии, в котором определены наиболее доступные методы очистки сточных вод в стране, метод погружных вращающихся биофильтров (далее ПВБ) является приоритетным вариантом, который обеспечивает потребности малых населенных пунктов благодаря следующим преимуществам: относительно малые занимаемые площади и простота в строительстве и эксплуатации; устойчивость к колебаниям загрязнений и токсическим нагрузкам; компактность погружного биофильтра, возможность индустриального изготовления его ротора, а также всего сооружения в промышленных ус-

ловиях; по сравнению с методом очистки активным илом затраты электроэнергии в 3–5 раз ниже, объем избыточной биопленки из вторичного отстойника в 5–10 раз меньше; возможность применения этого метода в качестве центрального или децентрализованного очистного сооружения, что позволяет снизить затраты на строительство протяженных канализационных линий и потребность в больших земельных площадях [7].

Погружные вращающиеся биофильтры барабанного типа с подвижной загрузкой были успешно использованы в качестве заменителей дисков. Такие загрузки обеспечивают большую площадь для прикрепления биопленки в пределах того же размера реактора ПВБ, способствуя более высокой эффективности массообмена из-за повышенной турбулентности. Кроме того, они имеют низкое энергопотребление, а стоимость изготовления почти на треть меньше, чем у дисков.

В качестве наполнителей барабанов, ввиду доступности на рынке и простоты изготовления используются различные полимерные материалы, такие как кольца и цилиндрические пластмассовые элементы разных размеров. Однако большинство из них имеют относительно низкую площадь поверхности в диапазоне от 150 до 220 м²/м³ [6].

Хотя ПВБ имеют существенные преимущества, они не лишены недостатков. Наиболее важные из них – конструктивные факторы, которые отрицательно влияют на скорость переноса кислорода, включая относительно большую длину барабана и прямоугольные стены внутри него, которые препятствуют перемещению загрузочного материала и равномерному переносу кислорода во всех точках внутри барабана. Кроме того, процесс массообмена между загрязнениями сточных вод и биомассой загрузки происходит только во время вращения барабана внутри резервуара, что снижает интенсивность процесса очистки, тогда как сточные воды внутри резервуара часто аэрируются только посредством контакта с кислородом воздуха, что также снижает окислительную способность.

Исходя из вышесказанного, нами был разработан и запатентован (патент РФ № 2 720 150 С1) [8] модифицированный погружной вращающийся биофильтр (далее МПВБ) с целью повышения эффективности очистки и качества очищенной воды за счет увеличения скорости массообмена и окислительной способности ПВБ барабанного типа без необходимости использования дополнительных элементов аэрации, что снижает потребление электроэнергии. Это достигается за счет выполнения вентиляци-

онных зазоров в корпусе биофильтра, а также за счет установления черпалок по периметру биофильтра и использования мобильных загрузочных материалов с большой площадью поверхности. Статья посвящена исследованию влияния видов загрузочного материала носителя на окислительную способность МПВБ.

Методика исследования

Влияние загрузочного материала на модели МПВБ исследовано путем сравнения показателей окислительной способности при использовании двух типов носителей биомассы при заполнении барабана на 60, 75, 90 %, скорости вращения 1, 5, 10, 15 об/мин и глубине погружения корпуса барабана в жидкость 15, 25, 35, 45 %.

Первый тип плавающей биоагрузки XEL-X (HXF13KLL +) имеет цилиндрическую форму диаметром 13 мм и длиной 12 мм, ее защищенная площадь поверхности составляет 806 м² / м³, изготовлена из переработанных гранул ПЭВП (черного цвета). Второй тип плавающей биоагрузки XEL-X (HEL-X flake 30) имеет форму биочипсов диаметром 30 мм и толщиной 1,1 мм, ее активная площадь поверхности составляет более 5000 м² / м³, изготовлена из первичных гранул ПЭВП (белого цвета) [8].

Модель МПВБ представлена на рис. 1. На рис. 2 показаны типы загрузок.

Лабораторная модель МПВБ состоит из барабана в виде двух соседних цилиндров, диаметр барабана D = 32 см, длина L = 23 см. Все элементы фильтра изготовлены из акрила. Ребра и опорные цилиндры вместе образуют каркас корпуса барабана. На каждый цилиндр наложена пластмассовая сетка 12×12 мм, которая разделяется на восемь ячеек, также выполненных из пластмассовой сетки и разделенных друг от друга вентиляционными зазорами. Ячейки заполнены мобильными загрузочными материалами с большой площадью поверхности.

По внешнему периметру барабана устанавливаются 16 черпалок, выполненных из фанеры. Каркас барабана установлен на вал вращения, выполненный из алюминия диаметром 30 мм. Вращение барабана осуществляется механическим двигателем «G-MOTOR GK44», управление вращением ведется с помощью электрической панели, содержащей реверс направления вращения, потенциометр для регулирования частоты вращения, амперметр, вольтметр, электросчетчик и электрический выключатель (рис. 3 и 4).

Расчет окислительной способности производился методом неустановившегося режима аэра-

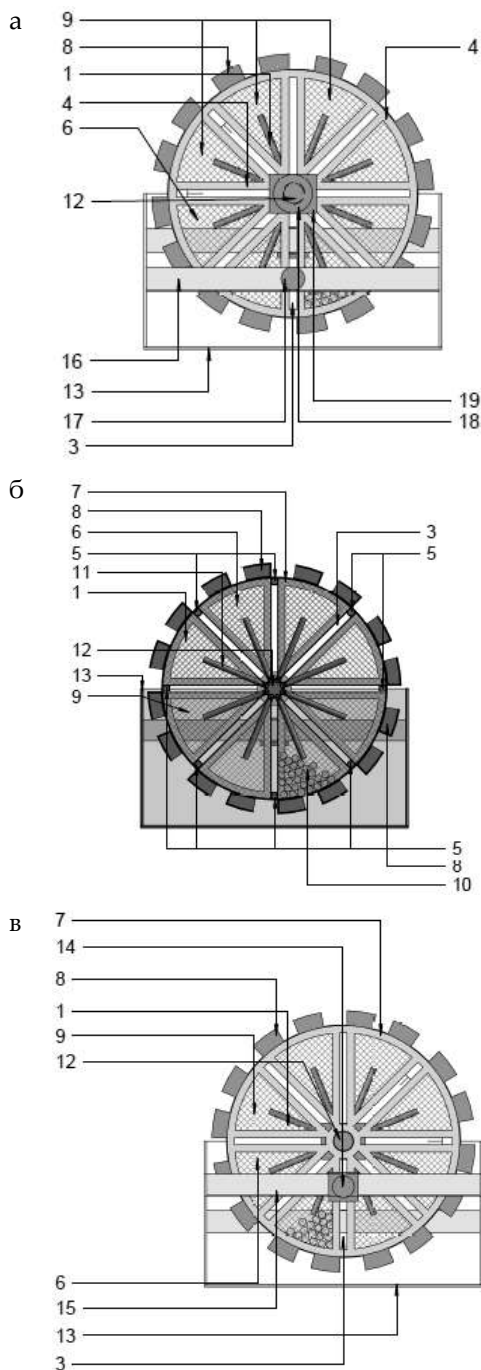


Рис. 1. Модифицированный погружной вращающийся биофильтр:

а – вид сзади; б – поперечное сечение; в – вид спереди [8]; 1 – барабан биофильтра; 2 – цилиндры биофильтра; 3 – вентиляционный зазор; 4 – опорное кольцо; 5 – соединительные ребра; 6 – сетка; 7 – корпус барабана; 8 – черпалка; 9 – ячейка; 10 – загрузочный материал; 11 – стержень; 12 – вал вращения; 13 – резервуар; 14 – труба подачи воды; 15 – лоток распределения воды; 16 – лоток отвода воды; 17 – труба отвода воды; 18 – механический двигатель; 19 – потенциометр

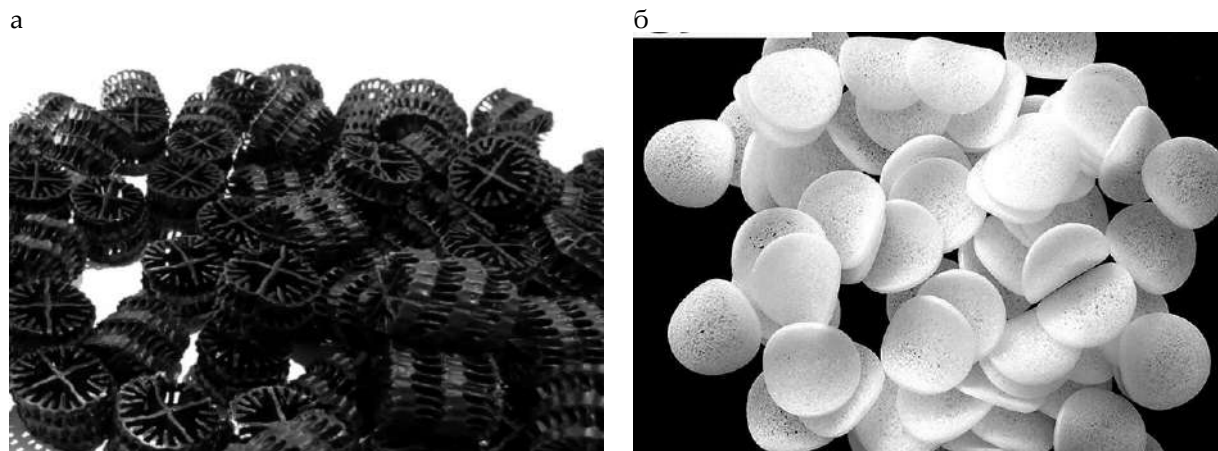


Рис. 2. Типы биоагрузки: а – первый загрузочный материал; б – второй загрузочный материал

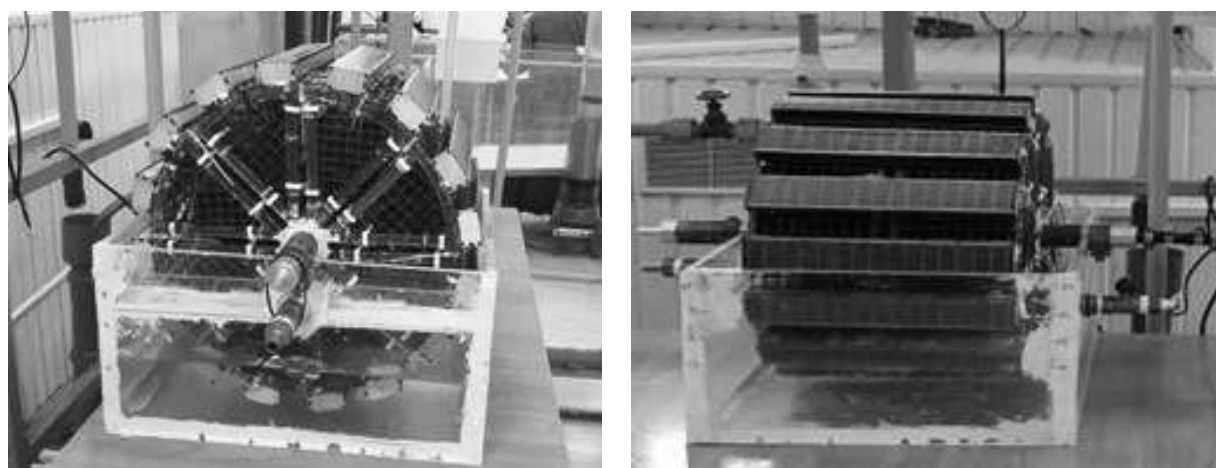


Рис. 3. Общий вид модели лабораторной установки МПВБ

ции водопроводной воды с добавлением сульфита натрия (Na_2SO_3) с последующей реаэрацией до уровня насыщения [9]. Сульфит натрия добавляли в воду после его растворения в отдельном баке-смесителе перед его введением в испытательный резервуар; после окончания каждого опыта вода полностью отводилась из резервуара. Перенос кислорода в объем воды контролировали в течение периода реаэрации путем измерения концентрации растворенного кислорода в нескольких точках, выбранных для наилучшего представления содержимого резервуара.

Данные, полученные в каждой точке определения, затем анализируются с помощью упрощенной модели массопереноса для определения объемного коэффициента массопереноса $k_L a$ и концентрации O_2 в установившемся режиме насыщения C_∞^* . Основная модель задается уравнением [9]:

$$C = C_\infty^* - (C_\infty^* - C_0) \exp(-k_L a \cdot t), \quad (1)$$

где C – концентрация растворенного кислорода O_2 , мг/л;

C_∞^* – экспериментальное значение концентрации насыщения O_2 в установившемся режиме при приближении времени к бесконечности, мг/л;

C_0 – концентрация O_2 в нулевое время, мг/л;

$k_L a$ – экспериментальное значение объемного коэффициента массопереноса, t^{-1} .

График зависимости $\ln(C_\infty^* - C)$ от времени имеет наклон $k_L a$ в единицах взаимного времени (мин^{-1} , ч^{-1} или сут^{-1}). После экспериментального определения значения $k_L a$ и C_∞^* окислительная способность ОС ($\text{г/м}^3 \cdot \text{ч}$) рассчитывается по формуле

$$\text{ОС} = \partial c / \partial t = k_L a (C_\infty^* - C_0). \quad (2)$$

Эти значения корректируются затем к стандартным условиям (3) и (4). Стандартная окислительная способность СОС представляет собой



Рис. 4. Электрическая панель установки МПВБ

окислительную способность в чистой воде, когда концентрация O₂ равна нулю во всех точках в объеме воды, температура воды составляет 20 °С, а атмосферное давление равно 1,00 атм (101,3 кПа) по формуле (5):

$$k_i a_{20} = k_i a \cdot \theta^{(20-T)}, \quad (3)$$

$$C_{\infty 20}^* = C_{\infty}^* (1/\tau \Omega), \quad (4)$$

$$COC = k_i a_{20} \cdot C_{\infty 20}^* \quad (5)$$

где $k_i a_{20}$ – значение, скорректированное для 20 °С; θ – эмпирический температурный поправочный коэффициент. Должен приниматься равным 1,024, если не доказано, что он имеет

другое значение для системы аэрации и испытательного резервуара;

$C_{\infty 20}^*$ – значение концентрации насыщения O₂ в установившемся режиме, скорректированное для 20 °С, и стандартное атмосферное давление 1,00 атм (101,3 кПа);

τ – температурный поправочный коэффициент C_{st}^* / C_{s20}^* ;

C_{st}^* – табличное значение концентрации насыщения поверхности растворенного кислорода, мм³, при температуре испытания, стандартное общее давление 1,00 атм (101,3 кПа) и относительная влажность 100 % [10];

C_{s20}^* – табличное значение концентрации насыщения поверхности растворенного кислорода, мм³, при 20 °С, стандартном общем давлении 1,00 атм (101,3 кПа) и относительной влажности 100 % [10];

Ω – поправочный коэффициент давления P_b / P_s для резервуаров до 20 футов (6,1 м);

P_b – барометрическое давление на испытательном месте во время испытания, fL⁻²;

P_s – стандартное атмосферное давление 1,00 атм (101,3 кПа), fL⁻²;

T – температура воды во время эксперимента, °С.

Основные результаты

На рис. 5–16 показаны результаты сравнения СОС (г/м³·ч) при использовании двух типов загрузки (1) и (2), заполнении барабана на 60, 75, 90 %, скорости вращения 1, 5, 10, 15 об/мин и глубине погружения 15, 25, 35, 45 %.

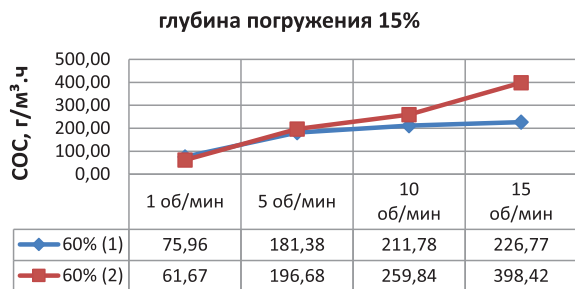


Рис. 5. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 60 % и погружении 15 %

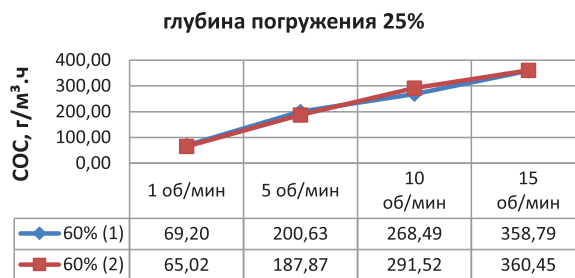


Рис. 6. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 60 % и погружении 25 %

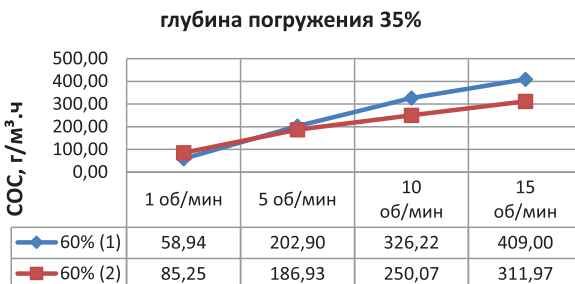


Рис. 7. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 60 % и погружении 35 %

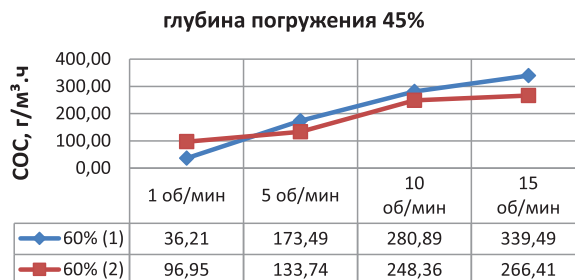


Рис. 8. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 60 % и погружении 45 %

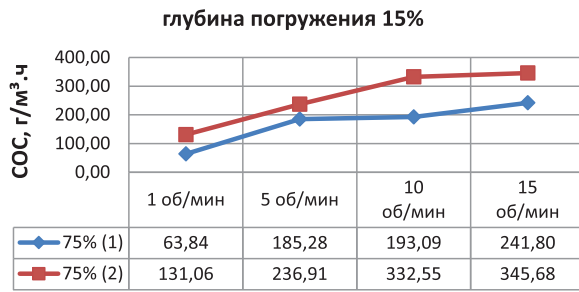


Рис. 9. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 75 % и погружении 15 %

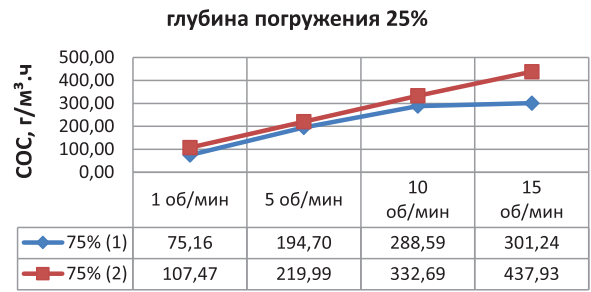


Рис. 10. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 75 % и погружении 25 %

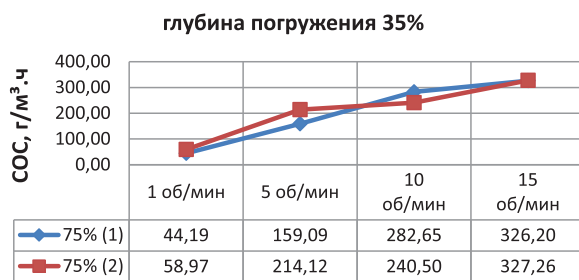


Рис. 11. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 75 % и погружении 35 %

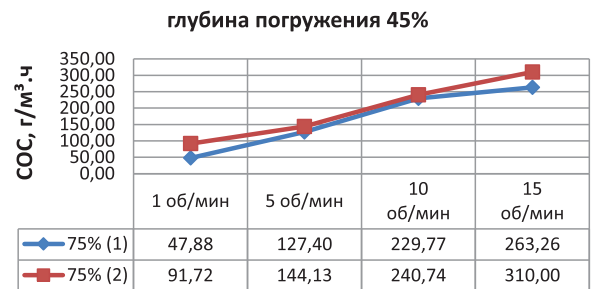


Рис. 12. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 75 % и погружении 45 %

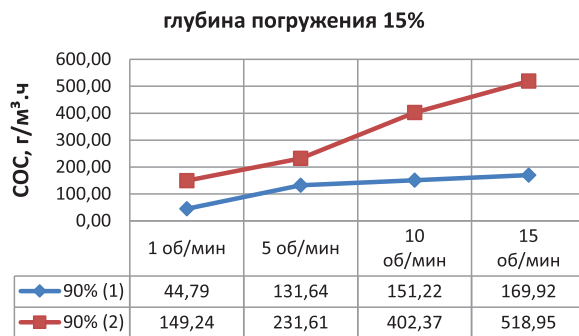


Рис. 13. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 90 % и погружении 15 %

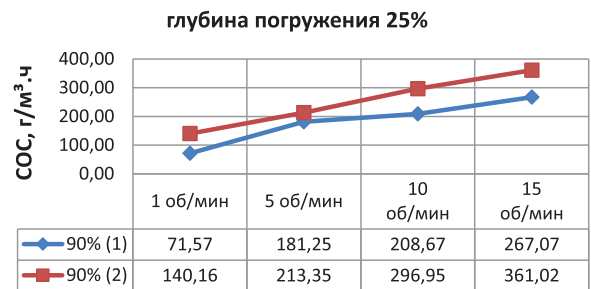


Рис. 14. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 90 % и погружении 25 %

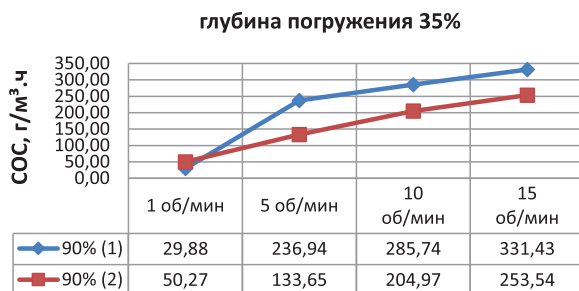


Рис. 15. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 90 % и погружении 35 %

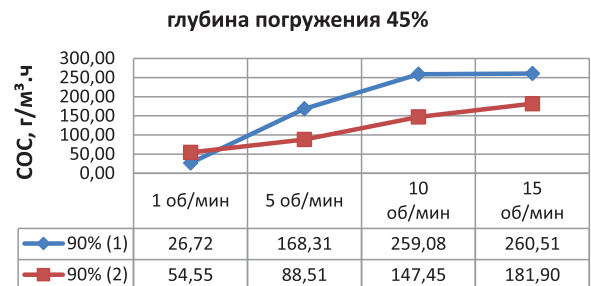


Рис. 16. Показатели СОС при заполнении барабана биофильтра 90 % и погружении 45 %

Результаты исследований показывают, что наивысшее значение окислительной способности СОС при использовании первого грузочного материала (1) составляло 409 г/м³.ч при заполнении барабана на 60 %, скорости вращения 15 об/мин и глубине погружения 35 %; в то время как максимальное значение при использовании второго грузочного материала (2) было 518,95 г/м³.ч при заполнении барабана на 90 %, скорости вращения 15 об/мин и глубине погружения 15 %.

На основе сравнительного анализа экспериментальных данных (рис. 5–16) установлено, что загрузка (2) обеспечивает более высокие значения СОС при низких глубинах погружения (15–25 %), в то время как при больших глубинах погружения (35–45 %) загрузка (1) обеспечивает более высокие значения. Это ясно при заполнении барабана на 60–90 % и менее отчетливо при заполнении 75 %, что подтверждает важность и существенное влияние формы загрузки на скорость переноса кислорода, поскольку цилиндрическая форма загрузки (1) служит для улавливания кислорода внутри полости цилиндра и его переноса в жидкость при погружении загрузки, когда барабан вращается внутри резервуара.

В то же время с загрузкой (2), имеющей плотность меньше плотности воды, происходит противоположное, поскольку её форма, похожая на чипсы, не позволяет захватывать кислород воздуха и переносить его, а скорее она наносится поверх друг друга в виде слоя на поверхности жидкости, не погружаясь в воду и не смешивая и не перемещая ее, и, таким образом, окислительная способность и скорость переноса кислорода уменьшается.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что изменение формы загрузки, а также её плотности существенно влияет на ОС биофильтра. Кроме того, изменение формы загрузки требует изменения других технологических параметров, таких как процент заполнения барабана, глубина погружения и скорость вращения. Грузочный материал определенной формы требует скорости вращения и глубины погружения, которые отличаются от других материалов с другой формой для достижения аналогичной ОС. Поэтому при проведении исследований по проектированию и расчету погружных вращающихся биофильтров рекомендуется заранее проводить лабораторные эксперименты при выборе грузочного материала, чтобы определить наиболее подходящие технологические параметры для достижения наивысших значений окислительной способности и общей достаточности, а не только принимать площадь поверхности в ка-

честве единственного критерия выбора грузочного материала как при проектировании погружных вращающихся биофильтров традиционными методами.

Выводы. Погружные вращающиеся биофильтры (ПВБ) являются оптимальным вариантом для очистки сточных вод малых населенных мест в Сирии. ПВБ барабанного типа с мобильной загрузкой были успешно использованы в качестве заменителей дисков. Однако ПВБ не лишены недостатков, наиболее важные из них – конструктивные факторы, которые отрицательно влияют на скорость переноса кислорода. Модифицированный погружной вращающийся биофильтр (МПВБ) разработан с целью повышения эффективности очистки и качества очищенной воды за счет увеличения скорости массообмена и окислительной способности ПВБ барабанного типа без необходимости использования дополнительных элементов аэрации. Результат сравнения влияния двух типов загрузки на окислительную способность показывает, что наивысшее значение окислительной способности СОС при использовании первого грузочного материала (1) составляло 409 г/м³.ч при заполнении барабана на 60 %, скорости вращения 15 об/мин и глубине погружения 35 %. В то время как максимальное значение при использовании второго грузочного материала (2) было 518,95 г/м³.ч при заполнении барабана на 90 %, скорости вращения 15 об/мин и глубине погружения 15 %. Также можно сделать вывод, что изменение формы загрузки, а также её плотности существенно влияет на СОС биофильтра. Кроме того, изменение формы загрузки требует изменения других технологических параметров, таких как процент заполнения барабана, глубина погружения и скорость вращения.

Благодарности

Благодарим компанию ООО «ГУДФИД», г. Ростов-на-Дону, Россия, за поддержку данного исследования при обеспечении грузочных материалов биофильтра без какой-либо финансовой оплаты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nechifor, V. and Winning, M. (2018). Global Economic and Food Security Impacts of Demand-Driven Water Scarcity – Alternative Water Management Options for a Thirsty World. *Water*, Vol. 10, 1442; doi:10.3390/w10101442.
2. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2017). The United Nations World Water Development Report 2017. *Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO.

3. M A Saied and N S Serpokrilov. Evaluation results of the wastewater treatment system of small settlements in Syria // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.- 2020.- № 778.- 775 012096.

4. هادي عاطق. قرش اعلا اسي م خال اظخل - دل ودلا طي طخت اسي ه. ص. 43، ايروس، رشع سم اخل ا لصفل- اي حصل ا فرصل و برشل

5. Саид М. Особенности очистки сточных вод в Сирии // Технологии очистки воды: материалы IX международной научно-практической конференции. Ростов-н/Д, 2016. С. 240–243.

6. Саид Марам Али, Н.С. Серпокрялов Н.С. Эколого-экономический анализ применения погружных вращающихся биофильтров для очистки сточных вод малых населенных пунктов в Сирии // Яковлевские чтения: конф. М., 2020. С. 80 – 86.

7. Саид Марам Али, Серпокрялов Н. С. Анализ практики использования вращающихся биофильтров в очистке сточных вод применительно к условиям Сирии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань, 2019. № 4 (30). С. 100–104.

8. Патент РФ № 2720 150. Модифицированный погружной вращающийся биофильтр для очистки сточных вод от загрязнений. МПК CO2F 3 / 06, № 2019137412, заявл. 21.11.2019, опубл. 24.04.2020.

9. Measurement of Oxygen Transfer in Clean Water. American Society of Civil Engineers. 2007. 42 с.

10. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed. – APHA.1998. WPCF, AWWA.

7. Saeid M.A., Serpokrylov N.S. Analysis of the practice of using rotating biofilters in wastewater treatment in relation to the conditions of Syria. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. Astrakhan, 2019, no. 4 (30), pp. 100–104. (in Russian)

8. *Modifitsirovannyi pogruzhnoy vrashchayushchiysya biofil'tr dlya ochistki stochnykh vod ot zagryaznen* [Modified submersible rotary biofilter for wastewater purification from pollution]. Patent RF, no. 2 720 150 C1, 2020.

9. Measurement of Oxygen Transfer in Clean Water. American Society of Civil Engineers, 2007. 42 p.

10. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed. APHA,1998. WPCF, AWWA.

REFERENCES

1. Nechifor, V. and Winning, M. (2018). Global Economic and Food Security Impacts of Demand-Driven Water Scarcity—Alternative Water Management Options for a Thirsty World. *Water*, 2018, Vol. 10, 1442. DOI:10.3390/w10101442.

2. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater, 2017, Paris, UNESCO (unpublished)

3. Saied M. A., Serpokrilov N.S. Evaluation results of the wastewater treatment system of small settlements in Syria. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 2020, no. 778, 012096.

4. هادي عاطق. قرش اعلا اسي م خال اظخل - دل ودلا طي طخت اسي ه. ص. 43، ايروس، رشع سم اخل ا لصفل- اي حصل ا فرصل و برشل

5. Saied M. Features of wastewater treatment in Syria. *Tekhnologii ochistki vody: materialy IX mezhdunarodnoy nauuno-prakticheskoy konferentsii* [Water purification technologies: materials of the IX international scientific-practical conference]. Rostov on Don, 2016, pp. 240–243. (in Russian)

6. Saeid M.A., Serpokrylov N.S. Ecological and economic analysis of the use of submersible rotating biofilters for the treatment of wastewater from small settlements in Syria. *Yakovlevskiy chteniya*, 2020, pp. 80 – 86. (in Russian)

Об авторах:

САИЙД Марам Али

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения
Донской государственной технической университет
Архитектурно-строительный институт
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева, 33
E-mail: e-ms-87@hotmail.com

SAIED Maram Ali

Postgraduate student of the Water Supply and Sanitation
Chair
Don State Technical University,
Institute of Architecture and Civil Engineering
344000, Russia, Rostov-on-Don, Avenue Zhuravleva, 33
E-mail: e-ms-87@hotmail.com

СЕРПОКРЫЛОВ Николай Сергеевич

доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры водоснабжения и водоотведения
Донской государственной технической университет
Архитектурно-строительный институт
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева, 33
E-mail: nik.serpokrilov@yandex.ru

SERPOKRYLOV Nikolay S.

Doctor of Engineering Science, Professor, Professor of
the Department of Water Supply and Sanitation
Don State Technical University,
Institute of Architecture and Civil Engineering
344000, Russia, Rostov-on-Don, Avenue Zhuravleva, 33
E-mail: nik.serpokrilov@yandex.ru

НЕЛИДИН Владимир Владимирович

кандидат технических наук, преподаватель кафедры
водоснабжения и водоотведения
Донской государственной технической университет
Архитектурно-строительный институт
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева, 33
E-mail: Nelidin83@gmail.com

NELIDIN Vladimir V.

PhD in Engineering Science, Lecturer of the Water
Supply and Sanitation Chair
Don State Technical University,
Institute of Architecture and Civil Engineering
344000, Russia, Rostov-on-Don, Avenue Zhuravleva, 33
E-mail: Nelidin83@gmail.com

Для цитирования: Саийд М.А., Серпокрьлов Н.С., Нелидин В.В. Влияние типа загрузки на окислительную способность модифицированного погружного вращающегося биофильтра // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 60–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.8.

For citation: Saied M.A., Srepokrylov N.S., Nelidin V.V. Influence of the biomass carrier type on the oxygen transfer rate of the modified submersible rotating biofilter. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 60–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.8.

**ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
«САМАРАСТРОЙИСПЫТАНИЯ»**



С. Ю. ТЕПЛЫХ
Д. С. БОЧКОВ
А. О. БАЗАРОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УДАЛЕНИЯ ФОСФАТОВ ИЗ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

INVESTIGATION OF METHODS FOR REMOVAL OF PHOSPHATES FROM HOUSEHOLD WASTE WATER

Приведено исследование реagenтного удаления фосфатов из бытовых сточных вод. При исследовании были задействованы труды, авторы которых описывают методы извлечения из воды фосфорных соединений. В статье сравнивается удаление фосфатов из сточной воды различными методами в сравнении с реagenтным. Проведенный анализ существующих технологий реagenтной дефосфатации сточных вод показал, что перспективным направлением является поиск новых реagenтов для извлечения фосфатов из сточных вод. Предпочтение отдается таким реagenтам, как оксид и гидроксид кальция, хлорид и сульфат железа, сульфат алюминия. Наиболее эффективным для связывания фосфатов является катион кальция, так как с ним образуется большее количество труднорастворимых соединений.

Ключевые слова: фосфор, фосфаты, реagenт, очистка сточных вод, реagenтная очистка, удаление фосфатов

В настоящее время очистка сточной воды от фосфатов является важной, так как фосфаты присутствуют практически во всех бытовых химических веществах и по сетям канализации попадают в водоемы. Избыточное поступление фосфора приводит к эвтрофикации водоемов.

Влияние фосфора на водоемы

Одной из актуальных проблем является очистка и доочистка городских сточных вод от биогенных элементов, способствующих цветению водоемов. Количество биогенных компонентов, поступающих вместе со сточными водами, возрастает вследствие использования различных моющих средств со стоками легкой и пищевой промышленности, а также от объектов сельского хозяйства по причине его интенсификации и химизации. Лимитирующим фактором цветения водоемов является содержание соединений фосфора, поскольку азот может фиксироваться из атмосферы [1]. Несмотря на большое количество исследований,

A study of the reagent removal of phosphates from domestic wastewater is presented. The research involved works, the authors of which describe methods for extracting phosphorus compounds from water. The article compares the removal of phosphates from wastewater by various methods in comparison with reagent methods. The analysis of existing technologies for regenerative dephosphorization of wastewater has shown that a promising direction is the search for new reagents for extracting phosphates from wastewater. Preference is given to such reagents as calcium oxide and hydroxide, iron chloride and sulfate, aluminum sulfate. The most effective for binding phosphates is the calcium cation, since a greater amount of hardly soluble compounds are formed with it.

Keywords: phosphorus, phosphates, reagent, wastewater treatment, reagent treatment, phosphate removal

проблему очистки сточных вод от биогенных элементов нельзя считать решенной [2].

Фосфаты экономически выгодны и дают возможность получать высокие доходы производителям бытовых средств. Но при этом фосфаты оказывают вредное влияние и на человека, и на окружающую среду [3].

Ограничение поступления соединений фосфора в водные объекты имеет большое значение для регулирования цветения водоемов. Избыточная доза фосфатов приводит к изменению их трофического статуса. Увеличение трофности приводит к снижению качества воды [4].

В загрязненных сточных водах концентрация общего фосфора может достигать десятков миллиграммов в 1 дм³ [5].

В период цветения цианобактерии продуцируют нейротоксины, вызывающие заболевания центральной нервной системы, и гепатоксины, поражающие печень. В период массовой гибели цианобактерий (в результате достиже-

ния предельной интенсивности) в водоёмах возрастает содержание фенолов [6].

Наличие соединений фосфора и азота вызывает биологическое обрастание трубопроводов, коллекторов и другого промышленного оборудования. Согласно современным взглядам на проблему, главная роль в эвтрофикации водоемов принадлежит фосфору, поэтому для сдерживания процессов эвтрофикации необходимо в первую очередь удалять соединения фосфора [7].

Поступление в водные объекты плохо очищенных сточных вод во многом вызвано применением устаревших методов водоочистки, изношенностью технологического оборудования, несвоевременной корректировкой технологического режима [8].

Продукты метаболизма водорослей придают воде неприятный запах, могут вызывать кожные аллергические реакции и желудочно-кишечные заболевания у людей и животных. При разложении водоросли выделяют в воду полипептиды, аммиак и промежуточные продукты белкового распада. При этом содержание фенолов в воде превышает ПДК в 3–4 раза. Биомасса сине-зеленых водорослей в период максимального развития достигает 50 кг/м³ и в основном (до 75 %) состоит из полисахаридов – студнеобразующих веществ, почти не поддающихся воздействию неорганических реагентов [9].

Исходя из этого можно считать, что проблема влияния фосфатов на водоемы и здоровье человека существует. Следовательно, вопрос очистки сточных вод от фосфат-содержащих соединений актуален, так как от эффективности очистки воды зависит количество попадающих в водоем соединений фосфора [10].

Методы удаления фосфора из сточных вод

Методология удаления фосфора из сточных вод основывается на развитии двух направлений: биологического и физико-химического. Наиболее характерный метод удаления фосфатов основан на культивировании фосфат-аккумулирующих организмов (ФАО).

Для процесса биологического удаления фосфора необходимы:

- анаэробная зона с легкоокисляемым субстратом в форме летучей жирной кислоты (ЛЖК);
- последующая аэробная или аноксидная зона;
- рецикл обогащенных фосфатами ФАО в анаэробную зону.

Как показывает практика очистки сточных вод, этот метод оказывается малоэффективным в случае низкого содержания органических веществ (как растворенных, так и находящихся во взвешенном состоянии различной степени дисперсности) в исходных сточных водах. При высоких значениях нитратов это усложняет процесс получения ЛЖК в необходимом количестве, так как микроорганизмы, осуществляющие денитрификацию и дефосфатизацию, проявляют конкуренцию за обладание ЛЖК.

На сегодняшний день реагентный метод дефосфатации наиболее эффективен, особенно при необходимости обработки больших объемов сточных вод. Он является нормативным, рекомендован к применению. В качестве коагулирующих агентов используют соли алюминия, железа и известь [6].

Биологический метод удаления фосфатов из бытовых сточных вод

Биологический метод предполагает выращивание специальных фосфат-аккумулирующих организмов с их последующим отделением. Процесс требует строительства больших специальных аэротенков и флотаторов для отделения ФАО. Общая схема процесса биологической очистки, реализующаяся в России, представлена на рис. 1.

Важным условием является молодой ил. Следовательно, в связи с сезонностью климатических условий России, так как большинство систем биологической очистки сточных вод в нашей стране работает открытым способом, предлагаем изменить конструкцию аппаратов очистки, например накрыв их специальным куполом, или полностью сделать конструк-



Рис. 1. Схема процесса биологического удаления фосфора (P) [3]: V2 – анаэробный реактор удаления фосфора; V3 – анаэробный/аноксидный реактор; С – общая концентрация (взвешенное + растворенное вещество); S – концентрация растворенного вещества (концентрация субстрата); Q – объемная скорость потока; X – концентрация взвешенных веществ

цию закрытой изначально. Проблемой для эффективного протекания процесса является присутствие в сточных водах нитратов в анаэробном реакторе. Нитраты конкурируют с фосфором за потребление летучих жирных кислот. Для решения этой проблемы нужно сократить количество нитрата в возвратном иле, этого можно достигнуть путем улучшения денитрификации. Также можно поместить денитрификатор на пути возвратного ила, как это показано на рис. 2.

Из отечественных разработок предлагается дополнить датскую схему стадией коагуляции, когда перед биологической очисткой добавляется в сточную воду коагулянт, например оксихлорид алюминия или сульфат алюминия, и полиакриламид. Соединение отечественных и зарубежных разработок позволит решить поставленные ранее проблемы. Как видно из табл. 1, реализация такого совместного способа позволяет снизить концентрацию фосфатов в сточной воде на выходе из системы очистки до значений ниже предельно допустимых [3].

Для очистки муниципальных сточных вод в МГУП «Мосводоканал» были внедрены различные схемы биологического удаления биогенных элементов. Лабораторные и промышленные исследования технологической схемы MISAN Ганноверского университета показали

высокую эффективность процесса очистки от азота и фосфора (до 80 %) [10].

Впервые в России исследовано применение технологии Дефанокс для очистки городских сточных вод, обедненных органическим веществом. Данная технология позволяет эффективно использовать органическое вещество на процессы денитрификации и биологического удаления фосфора, однако высокое качество очистки не достигается [11].

Предложен новый технологический прием управления очистными сооружениями, осуществляющими биологическое удаление фосфатов, кратковременное увеличение вывода активного ила из технологического процесса в момент достижения порогового уровня концентрации фосфатов в конце аэробной зоны. В ходе промышленного эксперимента эффективность удаления фосфатов возросла с 40-50 до до 75 % [12].

Реагентные методы удаления фосфора из сточных вод и сравнение с другими методами

Научно-техническая литература свидетельствует, что для удаления из сточных вод соединений фосфора используется широкий спектр физических и физико-химических методов: реагентный, адсорбционный, электрокоагуляционно-флотационный, биогальванический, очистка в магнитном поле, кристаллизация.

Электрохимический метод коагуляции фосфатов мог бы стать альтернативным реагентному. Как показывает практика водоочистки, электрохимические методы являются достаточно востребованными несмотря на затраты электроэнергии, особенно для очистки небольших объемов производственных сточных вод. Связано это с тем, что при прохождении воды через межэлектродное пространство происходит электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом [13].

Для удаления фосфора из сточных вод могут быть применены материалы, полученные

Таблица 1
Результаты реагентной дефосфатизации с аэрацией (исходная концентрация фосфат-ионов в сточной воде после аэротенков – 10,6 мг/дм³) [3]

Коагулянт	Доза коагулянта по Al ₂ O ₃ , мг/дм ³	Концентрация фосфатов в очищенной воде, мг/дм ³ (эффективность очистки, %)
Оксихлорид алюминия	15	1,8 (83)
	25	0,8 (92,5)
Сульфат алюминия	15	1,5 (86)
	25	0,5 (95,2)



Рис. 2. Схема процесса биологического удаления фосфора с использованием аноксидной стабилизации ила [3]

из природного сырья и отходов. Сравнение их эффективности описывается в статье [4].

Достоинство процесса осаждения фосфатов ионами Ca^+ , который применяется в виде $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или CaO , заключается в его надежности при сложном составе сточных вод, незначительной чувствительности к органическим примесям, возможности автоматизации, относительной простоте в эксплуатации и обеззараживающем действии щелочной среды. При применении солей кальция объем образующегося осадка в несколько раз меньше, чем при осаждении солями алюминия и железа. К тому же полученный осадок легко подвергается рекуперации. Недостатком применения метода является образование карбонатных отложений на стенках трубопроводов в корпусе насоса (при введении осадителя до насосов) и кольматация осадка при вводе ионов кальция перед первичными отстойниками [14].

В лаборатории кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета были проведены исследования по эффективности применения реагента для удаления фосфатов из городских сточных вод. Исследования проводились на натурной воде правобережных канализационных очистных сооружений г. Красноярска. Производительность очистных сооружений в настоящий момент составляет примерно 200 тыс. м³ в сутки.

На основании проведенных исследований было сделано заключение, что наиболее целесообразно вводить реагент на стадии третичной очистки (в сточную воду после вторичных отстойников), так как в этом случае не будет негативного воздействия реагента на окислительные свойства ила. В пользу такого решения свидетельствует и тот факт, что положительные стороны введения реагента в осветленную воду и в распределительную чашу вторичных отстойников (а именно улучшение седиментационных и водоотдающих свойств ила) экспериментом не подтвердились. Из опробованных коагулянтов наиболее эффективным оказался хлорид железа в дозе 12 мг/дм³ [6].

При использовании схемы обработки воды, предусматривающей введение реагента в обрабатываемую воду после вторичных отстойников, необходимо предусматривать фильтры для предотвращения поступления ионов тяжелых металлов в очищенную воду в концентрациях, превышающих предельно допустимые, и для повышения качества очистки воды от фосфатов [5].

Особенно следует отметить построенные по финскому проекту Юго-Западные очистные сооружения г. Санкт-Петербурга пропускной

способностью 330 тыс. м³/сут, на которых применена технология UCT (University of Cape Town), позволяющая достичь качества очищенной воды, соответствующего нормативам ХЕЛКОМ (Хельсинкской комиссии по защите от загрязнений бассейна Балтийского моря): азот аммонийный – 0,4 мг/дм³, азот нитратов – 6 мг/дм³, азот нитритов – 0,02 мг/дм³, фосфор фосфатов – 0,2 мг/дм³, фосфор общий – 1,5 мг/дм³ [9].

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено следующее:

1. В биосистеме с реагентом BiokatP500 микроорганизмы потребляют в среднем на 6,7 % меньшее количество растворенного кислорода, чем в контрольной биосистеме без реагента, исходя из предположения активного использования резервов кислорода внутри флоккул активного ила.

2. В биосистеме с реагентом эффективность удаления органических веществ в условиях лимитирования по кислороду в среднем на 13 % выше, чем в контрольной системе.

3. В процессе четырех часов культивирования в условиях лимитирования по кислороду дегидрогеназная активность биомассы в системах с реагентом практически не изменяется, в контрольной системе снижается в среднем на 17 %.

4. В системе с BiokatP500 эффективность удаления аммонийного азота в среднем на 10,5 % выше, чем в контрольной. Процесс нитрификации в условиях лимитирования по кислороду практически не отмечался в обеих системах.

Можно сделать вывод, что полученные результаты свидетельствуют о более высокой окислительной активности микроорганизмов активного ила в условиях лимитирования по кислороду в биосистеме с Biokat P500 по сравнению с контрольной биосистемой [15].

Реагент ГОХА-А, обеспечивая высокую эффективность седиментации активного ила и дефосфатации сточных вод, обуславливает ингибирование микробной биомассы, что ограничивает его использование непосредственно в системах биологической очистки сточных вод [16].

Регулирование скорости фильтрования модельного раствора через колонку с цеолитом от 0,7 до 25 мл/мин позволило подобрать наиболее оптимальные условия для удаления фосфатов: при скорости фильтрования 0,7 мл/мин эффективность удаления фосфат-анионов составила 78 % [8]. Для более полного удаления фосфатов из сточных вод для установок очистки бытовых стоков рекомендуется совместное использование гидратной извести и коагулянта сульфата алюминия (предпочтительно) или Аква-Аурата 30. При этом гидроксид кальция

необходимо вводить в анаэробную зону в начале технологического процесса (в усреднитель-денитрификатор), а коагулянт – после вторичного отстойника. Технологическая схема очистки бытовых стоков с точками вводимых реагентов на исследуемых нами сооружениях представлена на рис. 3.

Наиболее предпочтительным для связывания фосфатов является катион кальция, так как с ним образуется большее количество труднорастворимых соединений.

Преимущество сульфата алюминия перед Аква-Ауратом 30 в том, что он значительно дешевле и не содержит хлорид-ионов, а значит не приведет к увеличению концентрации последних в очищенной воде. В промышленных условиях эксплуатации при использовании комбинированной преципитации были получены стабильные значения концентраций фосфатов на выходе с очистных сооружений (табл. 2). Установлено, что минимальное содержание фосфатов в очищенных стоках наблюдается при одновременной дозировке извести и сульфата алюминия. Также минимальные значения наблюдались в среднесуточных пробах.

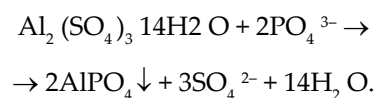
Сульфат алюминия значительно дешевле других реагентов, но в связи с тем, что реагент является промышленным (наличие примесей в товарном виде варьируется от 50–80 %), его очистка и дальнейшее применение не будет экономически выгодным: алюминий азотнокислый 9-водный показал наилучший эффект очистки, но стоимость реагента на год работы очистных сооружений значительно превышает другие варианты очистки; гипохлорит натрия является экономически эффективным реагентом для очистки сточных вод.

Таким образом, результаты исследования показывают, что для химического удаления фосфатов из сточной воды до норм ПДК

(0,2 мг/л) на сооружениях очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием комбинированной преципитации самым эффективным реагентом является совместное использование сульфата алюминия и гидратной извести, введенных в усреднитель-денитрификатор (гидратная известь) и после вторичного отстойника (коагулянт).

В табл. 2 показаны достоинства и недостатки биологического извлечения фосфатов из сточных вод. Приведенные данные показывают, что этот метод наименее токсичен и в отличие от химических методов не вызывает повторного загрязнения воды реагентами. Несмотря на все достоинства биологического удаления фосфора, многочисленные экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что этот метод позволяет снизить концентрацию фосфатов в хозяйственно-бытовых водах до значений 1,2–1,0 мг/л. Для биологического метода это предельные значения, обусловленные свойствами ила. Таким образом, биологическим методом невозможно достичь нормативной концентрации соединений фосфора в очищенной сточной воде, равной 0,2 мг/л.

При добавлении сульфата алюминия к сточным водам, содержащим в своем составе щелочи, можно наблюдать следующие реакции:



Хлопья осадка гидроокиси алюминия адсорбируют фосфат алюминия и частицы коллоидной формы твердых грубодисперсных примесей, способствуя тем самым удалению фосфора путем осветления сточной жидкости.

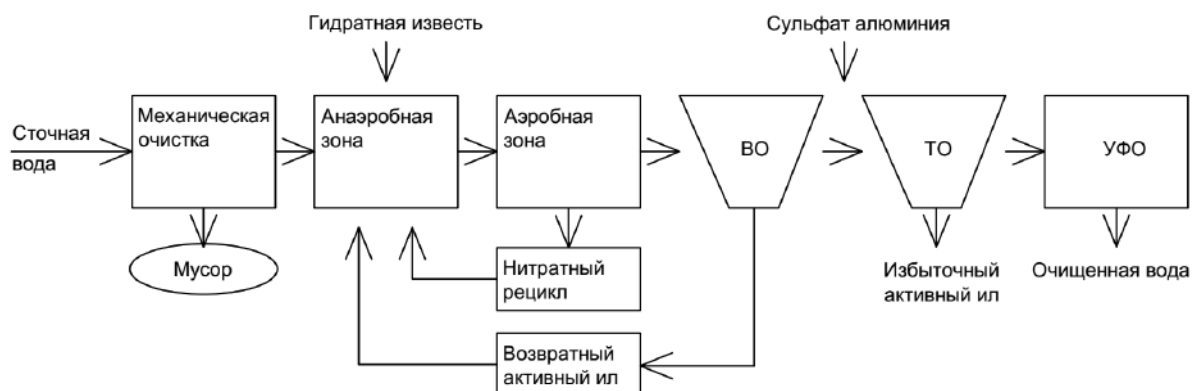


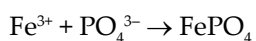
Рис. 3. Технологическая схема установки очистки бытовых стоков [17]: ВО – вторичный отстойник; ТО – третичный отстойник; УФО – установка ультрафиолетового обеззараживания

Таблица 2

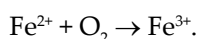
Преимущества и недостатки биологической очистки сточных вод от соединений фосфора

Преимущества	Недостатки
Обычно не требуется дозирование реагентов для удаления фосфора, что обеспечивает снижение эксплуатационных затрат по сравнению с химическим методом удаления фосфатов	Процесс не всегда идет стабильно. При отклонениях технологического режима для достижения неизменного качества очищенной воды по фосфору требуется резервная система дозирования реагента (солей железа или алюминия)
В очищенной сточной воде не увеличиваются концентрации солей металлов, входящих в состав реагентов, используемых при химическом удалении фосфора	Невозможность использования данного процесса при низких соотношениях БПКполн. к Робщ. в поступающих на очистку сточных водах
Количество избыточного активного ила не увеличивается из-за дополнительного дозирования реагентов как при химическом удалении фосфора	Для повышения эффективности протекания процесса биологического извлечения фосфора требуется (при недостаточном количестве легкоокисляемых органических соединений в поступающих сточных водах) дозирование дополнительного источника легкоокисляемого органического вещества (метанола, этанола, сахарозы и т. д.)
Не происходит повторного загрязнения тяжелыми металлами как при химическом удалении фосфора	В зимнее время увеличивается вероятность и интенсивность процессов пенообразования

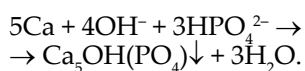
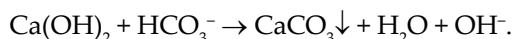
При использовании в качестве коагулянта солей трехвалентного железа протекает следующая реакция:



При применении железного купороса двухвалентное железо окисляется до трехвалентного:



При использовании в качестве коагулянта извести протекают следующие реакции:



Известь реагирует с ионами бикарбоната, которые содержатся в сточных водах. В результате взаимодействия образуется карбонат кальция и, помимо этого, известь вступает в реакцию с фосфатами. В то время как ортофосфат, взаимодействуя с ионами кальция, осаждается, образуя оксиапатит, полифосфаты извлекаются методом адсорбции на образовавшихся ранее частицах оксиапатита.

Растворимость оксиапатита быстро уменьшается, а эффективность удаления фосфора повышается при увеличении pH. Почти весь ортофосфат выпадает в осадок при величине

pH выше 9,5. При pH менее 9,5 фосфор адсорбируется на карбонате кальция.

Физико-химические методы обуславливаются высокими затратами, необходимыми на их реализацию. Использование сорбционных материалов требует кропотливой предварительной подготовки очищаемых стоков, поскольку содержание в сточной воде взвеси и других загрязняющих органических и минеральных примесей уменьшает сорбционную емкость материалов, что усложняет процесс очистки. Тем не менее физико-химические методы очистки сточной воды от соединений фосфора находят свое применение чаще всего на стадии доочистки стоков.

Вместе с тем вышеперечисленные физико-химические методы не применяются широко на практике, поскольку их использование связано с высокими затратами, необходимыми на осуществление процессов, и сложностью эксплуатации. Таким образом, необходимо принимать решительные меры, направленные на поиски иных способов очистки сточных вод от соединений фосфора [18].

Дефосфатация хозяйственно-бытовых сточных вод на Ростовской АЭС осуществляется с помощью Аква-Аурата 30. Для снижения концентрации фосфатов в очищенных сточных водах введен в эксплуатацию узел дефосфатации системы в составе:

- два насоса-дозатора;
- система подачи хозяйственно-питьевого водопровода;

- система подачи воздуха (для перемешивания воды и коагулянта);
- емкости на 300 литров.

Дефосфатация очищенных сточных вод производится с помощью алюминийсодержащих коагулянтов. Выбор обусловлен тем, что соли алюминия амфотерны и могут использоваться в щелочных средах. Одним из наиболее перспективных коагулянтов является полихлорид (оксихлорид) алюминия. Аква-Аурат 30 является коагулянтом нового поколения из указанного типоряда и имеет следующие преимущества:

1. Обеспечивает хлопьеобразование в широком диапазоне без регулирования рН очищаемой воды. Установленный оптимум для оксихлорида составляет 6,0–8,5, для сульфата алюминия – 6,0–7,0.
2. Практически не изменяет рН и щелочной резерв очищаемой воды, благодаря чему снижается кислотная коррозия коммуникации.
3. Образует более крупные хлопья, осаждение которых происходит быстрее, что позволяет уменьшить объем сооружений.
4. Коагулирующая способность практически не зависит от температуры.
5. Имеет длительный срок хранения, не требует для хранения отапливаемых помещений.
6. Легко и быстро растворяется в воде, что позволяет осуществлять точную дозировку.

Внедрение узла дефосфатации в составе очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод Ростовской АЭС в третьем квартале 2009 г. позволило снизить концентрацию фосфора фосфатов в очищенных сточных водах до нормативов допустимых сбросов (0,86 мг/дм³). Это способствует уменьшению интенсивности процессов эвтрофикации, а следовательно, сохранению биоценоза водоема-охладителя атомной станции.

Для решения экологической проблемы, связанной с последствиями сброса соединений фосфора в водные объекты, в технологической схеме очистки сточных вод необходимо обеспечить гидролиз сложных и органических форм фосфора и химическое удаление фосфатов.

Из всего многообразия существующих и апробированных методов удаления фосфора из сточной жидкости в каждом конкретном случае должен выбираться тот, который является наиболее эффективным, дешевым, простым в реализации.

На Люберецких очистных сооружениях Москвы испытана комбинированная биолого-реагентная технология удаления фосфора, доступного для фосфат-аккумулирующих бактерий, из сточных вод, обедненных органическим веществом. В качестве реагента исполь-

зовали хлорное железо (III). В ходе испытаний удалось снизить содержание P-PO₄ в очищенной воде до 0,2 мг/дм³ [19].

В технологической схеме биологической очистки глубокое стабильное удаление фосфатов может быть достигнуто за счет применения реагентов. Процесс введения реагентов на ступени биологической очистки должен быть тщательно рассчитан по предложенным зависимостям, чтобы исключить возможность негативных последствий. Для выбора наиболее эффективного реагента для обработки реальной сточной воды необходимо проводить пробное коагулирование.

Выводы. 1. Проведенный анализ существующих технологий реагентной дефосфатации сточных вод показал, что перспективным направлением является поиск новых реагентов для извлечения фосфатов из сточных вод. Предпочтение отдается таким реагентам, как: оксид и гидроксид кальция, хлорид и сульфат железа, сульфат алюминия. Наиболее эффективным для связывания фосфатов является катион кальция, так как с ним образуется большее количество труднорастворимых соединений.

2. Реагентное удаление фосфора из сточных вод связано с большими капитальными и эксплуатационными затратами, поэтому предпочтение отдается биологическим методам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дзюба И.П., Маркевич Р. М., Сигиневич Т. М. Исследование процесса накопления фосфора фосфораккумулирующими бактериями // Труды БГТУ. 2011. № 4. С. 182–184.
2. Совместная биологическая и физико-химическая очистка сточных вод с применением инновационного дефосфатирующего реагента. Ч. 2. Оценка биологических процессов очистки сточных вод / Кобелева Й. В., Сироткин А. С., Кирилина Т. В., Сибиева Л. М., Гадыева А. А. // Вестник технологического университета. 2016. №16. С.133–135.
3. Безопасность водных экосистем и проблемы реализации процесса очистки сточных вод от биогенных веществ / Козачек А.В., Зеленева Ю.В., Скопинцева Т.В., Синельников А.Г., Конькова К.А., Михайлин М.И. // Вестник ТГУ. 2015. № 12. С. 219–222.
4. Сапон Е. Г., Марцуль В. Н. Исследование очистки сточных вод от фосфатов материалами, полученными из природного сырья и отходов // Труды БГТУ. 2015. № 3. С. 20–28.
5. Вильсон Е.В. Методологические аспекты физико-химического удаления фосфора из сточных вод на различных этапах очистки // Международный научный журнал «Символ науки». 2015. № 11. С.16–20.
6. Колова А.Ф., Пазенко Т.Я., Чудинова Е.М. К вопросу удаления фосфатов из сточных вод // Вестник ИрГТУ. 2013. № 11. С.169–173.

7. Сравнительная оценка применения традиционных и современных дефосфатирующих реагентных препаратов в системах биологической очистки сточных вод / Кобелева И. В., Кирилина Т. В., Гадьева А. А., Сироткин А. С. // Вестник технологического университета. 2015. №13. С.222–225.

8. Назаренко О.Б., Зарубина Р.Ф. Применение бадинского цеолита для удаления фосфатов из сточных вод // Известия Томского политехнического университета. 2013. №3. С.11–14.

9. Опытнo-промышленная линия для биологической очистки сточных вод с денитрификацией и дефосфатированием / Мишуков Б.Г., Адельшин А.Б., Селюгин А.С., Соловьева Е.А., Адельшин А.А. // Известия КГАСУ. 2006. № 2. С. 94–96.

10. Внедрение модернизированных технологий удаления биогенных элементов на очистных сооружениях г. Москвы / С.А. Стрельцов, Кевбрина М.В., Казакова Е.А., Козлов И.М., Мойжес С.И. // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 10. С. 34–42.

11. М-Дефанокс – новая многоиловая система удаления биогенных элементов / Козлов М.Н., Кевбрина М.В., Николаев Ю.А., Мойжес С.И., Грачев В.А., Дорофеев А.Г. // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 10. С. 55–59.

12. Новый фактор управления сооружениями биологического удаления фосфатов из сточной воды / Козлов М.Н., Харькина О.В., Николаев Ю.А., Дорофеев А.Г., Казакова Е.А. // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 3. С. 55–59.

13. Вильсон Е. В., Беркутов А. Н., Соловьев К. А. Беркутов А. Н., Соловьев К. А. Электрохимический способ удаления фосфатов // Молодой исследователь Дона. 2017. № 6. С. 8–12.

14. Галанцева Л. Ф., Фридланд С. В. Исследования эффективности очистки сточных вод г. Чистополя от фосфатов // Вестник Казанского технологического университета. 2010. С. 311–314.

15. Оценка кислородного баланса в процессах совместной биологической и реагентной очистки сточных вод / Кобелева И. В., Кирилина Т. В., Сибиева Л. М., Сироткин А.С., Гадьева А.А. // Вестник технологического университета. 2016. №12. С. 191–193.

16. Буянская Д.В., Гадьева А.А., Сироткин А.С., Вдовина Т.В. Оценка влияния дефосфатирующего реагента ГОХА-А на эффективность процесса биологической очистки сточных вод // Вестник технологического университета. 2017. №19. С.107-110.

17. Оценка кислородного баланса в процессах совместной биологической и реагентной очистки сточных вод / Кобелева И. В., Кирилина Т. В., Сибиева Л. М., Сироткин А. С. // Вестник технологического университета. 2015. №12. С.191-193.

18. Петухова Е.О., Ручкинова О.И. Дефосфатация сточных вод // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 2. С. 123–141.

19. Быстранова А.О., Теплых С.Ю., Теплых Е.А. Очистка сточных вод масложировой промышленности // Градостроительство и архитектура. 2018. №4. С. 24–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.5.

REFERENCES

1. Dzyuba I. P., Markevich R. M., Siginevich T. M. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, no. 4, pp. 182-184.

2. Kobleva Y.V., Sirotkin A.S., Kirilina T.V., Sibieva L.M., Gadieva A.A. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2016, no. 16, pp. 133-135.

3. Kozachek A.V., Zeleneva Yu.V., Skopintseva T.V., Sinelnikov A.G., Kon'kova K.A., Mikhailin M.D. *Vestnik TGU* [Bulletin of TSU]. 2015, no. 12, pp. 219-222.

4. Sapon E.G., Martsul V.N. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU]. 2015, no. 3, pp. 20-28.

5. Vilson E.V. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Simvol nauki»* [International scientific journal "Symbol of Science"]. 2015, no. 11, pp.16-20.

6. Kolova AF, Pazenko T.Ya., Chudinova E.M. [Bulletin of ISTU]. 2013, no. 11, pp.169-173.

7. Kobleva Y. V., Kirilina T. V., Gadieva A. A., Sirotkin A. S. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2015, no. 13, pp. 222-225.

8. Nazarenko O.B., Zarubina R.F. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University]. 2013, no. 3, pp. 11-14.

9. Mishukov BG, Adelshin A.B., Selyugin A.S., Solovieva E.A., Adelshin A.A. *Izvestiya KGASU* [News of KGASU]. 2006, no. 2, pp.94-96.

10. S.A. Streltsov, Kevbrina M.V., Kazakova E.A., Kozlov I.M., Moyzhes S.I. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2012, no. 10, pp. 34-42.

11. Kozlov MN, Kevbrina MV, Nikolaev Yu.A., Moyzhes S.I., Grachev V.A., Dorofeev A.G. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2011, no. 10, pp. 55-59.

12. Kozlov M.N., Kharkina O.V., Nikolaev Y.A., Dorofeev A.G., Kazakova E.A. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2011, no. 3, pp. 55-59.

13. Vilson E.V., Berkutov A.N., Soloviev K.A. *Molodoj issledovatel' Dona* [Young researcher of the Don]. 2017, no. 6, pp. 8-12.

14. Galantseva L.F., Fridland S.V. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2010, pp. 311-314.

15. Kobleva Y. V., Kirilina T. V., Sibieva L. M., Sirotkin A. S. Gadyeva A.A. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik technological university]. 2016, no. 16, pp. 133-135.

16. Buyanskaya D. V., Gadieva A. A., Sirotkin A. S., Vdovina T. V. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2017, no. 19, pp.107-110.

17. Mishukov B.G., Adelshin A.B., Selyugin A.S., Solovieva E.A., Adelshin A.A. *Izvestiya KGASU* [News of KGASU]. 2006, no. 2, pp.94-96.

18. Petukhova E.O., Ruchkinova O.I. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban studies]. 2017, no. 2, pp. 123-141.

19. Bystranova A.O., Teplykh S.Yu., Teplykh E.A. Wastewater treatment for oil and fat industry. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, no. 4, pp. 24-28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.5.

Об авторах:

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

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

БОЧКОВ Дмитрий Сергеевич

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: b.o.c.h.k.o.v@icloud.com

БАЗАРОВА Анастасия Олеговна

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: bystranova14@mail.ru

TEPLYH Svetlana Yu

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

BOCHKOV Dmitrii S.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: b.o.c.h.k.o.v@icloud.com

BAZAROVA Anastasya O.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: bystranova14@mail.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю., Бочков Д.С., Базарова А.О. Исследование способов удаления фосфатов из бытовых сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 69–77. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.9. For citation: Teplykh S.Yu., Bochkov D.S., Bazarova A.O. Investigation of Methods for Removal of Phosphates from Household Waste Water. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 69–77. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.9.



Л. В. ПАВЛОВА

А. А. ПАВЛОВ

ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ПОСЛЕ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

PROBLEMS OF TRANSPORT COMMUNICATIONS RESTORATION AFTER NATURAL DISASTERS

Рассматриваются вопросы восстановления транспортных коммуникаций, в частности автомобильных дорог, после стихийных бедствий – землетрясений, наводнений, оползней. Приведены классификации и представлены примеры различной степени разрушений от стихийных бедствий. Обозначены особенности восстановления транспортных коммуникаций после разрушений в результате стихийных бедствий. Предложены рекомендации по восстановлению транспортных коммуникаций и мероприятия по ликвидации разрушений, а также последовательность работ в процессе ликвидации последствий разрушений.

Ключевые слова: восстановление, транспортные коммуникации, стихийные бедствия, землетрясения, наводнения, оползни, классификация, степень разрушения, рекомендации, мероприятия по ликвидации, последовательность работ

Катастрофы – землетрясения, наводнения или другие стихийные бедствия, возникающие внезапно, разрушают здания, сооружения и транспортные коммуникации, в частности автомобильные дороги [1]. Автомобильные дороги, разрушенные в результате землетрясения, усугубляют ликвидацию его последствий, так как они являются связующим звеном между населенными пунктами, по которому транспорт перевозит людей и элементы завалов.

Рассматривая ущерб и характер разрушений транспортных коммуникаций, можно их классифицировать по степени разрушений – от первой легкой до пятой тяжелой. Особенностью ликвидации последствий разрушения

Questions of restoration of transport communications, in particular highways, after natural disasters - earthquakes, floods, landslides – are considered. The classifications of various degrees of destruction from earthquakes, floods and landslides are viewed. Examples of varying degrees of destruction from natural disasters are presented. Features of restoration of transport communications after destructions as a result of natural disasters are designated. Recommendations for the restoration of transport communications and measures for liquidation of destruction, as well as the sequence of work in the process of elimination of the consequences of destruction are proposed.






Key words: restoration, transport communications, natural disasters, earthquakes, floods, landslides, classification, degree of destruction, recommendations, measures for liquidation, sequence of works

дорог после землетрясений является то, что восстановить дороги необходимо в короткие сроки, чтобы они начали функционировать и жизнь населенных пунктов продолжалась. В табл. 1 приведены примеры последствий землетрясения на дорогах с характеристикой и степенью разрушений, рекомендуемыми мероприятиями по ликвидации последствий бедствия, а также показаны основные мероприятия по восстановлению автомобильных дорог после землетрясений различной степени.

Последовательность ликвидации разрушений на дорогах после землетрясения представлена на рис. 1. После того как основные первые признаки землетрясения устранены,

Таблица 1

Классификация по степени разрушений дорог после землетрясения

Степень разрушения	Характеристика степени разрушения	Пример разрушения дороги	Основные мероприятия по восстановлению
Первая	Трещина вдоль дороги на большом протяжении	 Япония	<ul style="list-style-type: none"> – Установить маяки – Следить за состоянием маяков – В дальнейшем заделать трещину
Вторая	Частичное разрушение одной полосы	 Япония	<ul style="list-style-type: none"> – Пустить транспорт по одной полосе с ограниченной грузоподъемностью и интенсивностью – Обычные ремонтные работы
Третья	Разрушение дороги по всему поперечному сечению на небольшом протяжении	 Одесса	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется временный объезд – Восстановление дороги в короткие сроки
Четвертая	Разрушение дороги по всему поперечному сечению на большом протяжении	 Новая Зеландия	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется объездная дорога на некоторое время или объезд по другому пути – Ремонт дороги со снятием верхнего слоя
Пятая	Разрушение с присутствием воды	 Индия	<ul style="list-style-type: none"> – Отвести воду – Требуется объездная дорога или ближайшая в том же направлении – Строительство дороги заново

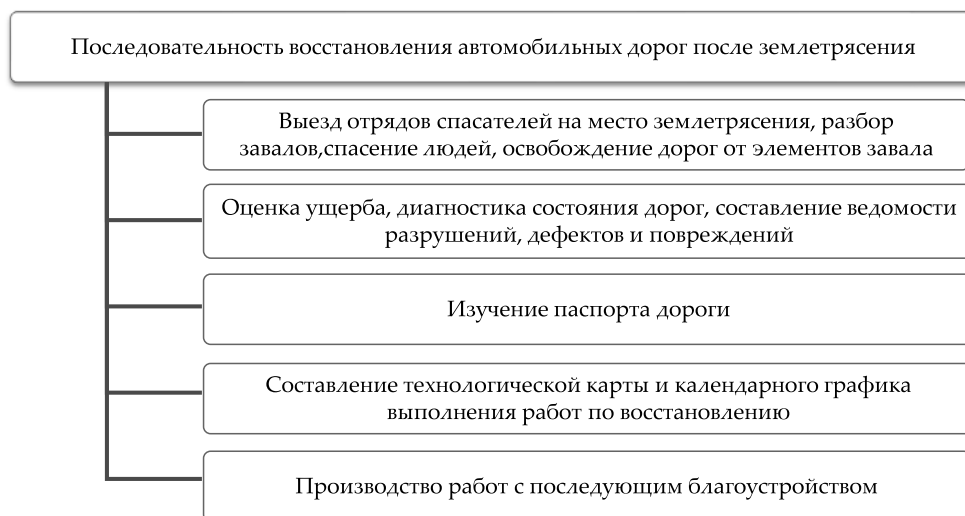


Рис. 1. Схема последовательности ликвидации разрушений на дорогах после землетрясения

автомобильные дороги восстанавливают по технологиям, не отличающимся от технологий реконструкции с применением тех же машин и строительных дорожных материалов [2–6].

Наводнение – это явление, с которым часто встречаются представители дорожной отрасли и транспортных коммуникаций, особенно во время паводка и разлива рек. Величина и объемы работ по восстановлению зависят от степени наводнения и разрушений. Исследование разрушений дорог после наводнения и рекомендуемые мероприятия в зависимости от степени разрушения представлены в табл. 2.

От наводнения, например, на Дальнем Востоке (в Хабаровском крае, Амурской области и Еврейской автономной области), пострадали более 191 тыс. человек, из них более 32 тыс. человек были эвакуированы. Подтопленными оказались 235 населенных пунктов, более 12 тыс. жилых домов. Нагрузка на трассы в регионе возросла в связи с перевозкой стройматериалов и техники для строительства нового жилья, что привело к еще большему их разрушению. Общий объем ущерба от наводнения на Дальнем Востоке составил 527 млрд. рублей.

После спада воды и минимального просыхания затопленного участка следует начинать работы по восстановлению дорог, удаление разжиженного грунта, мусора и ила, засыпка размытых участков грунтом скреперами и бульдозерами, а временное восстановление затопленных и размытых дорог, так же как и капитальное восстановление, начинать с устранения причин, вызвавших затопление.

В первую очередь необходимо восстанавливать земляное полотно дорог с искусственными сооружениями (мосты, трубы и подпорные

стенки). Если свойства грунтов не исключают накопление воды в образовавшихся канавах после их заделки, то от пониженной части канав следует отводить дренажные канавки в сторону кювета. В качестве дренирующего материала применяют фашины диаметром 15–20 см, щебень, гравий. Можно ликвидировать образовавшиеся разрушения путем изменения продольного профиля земляного полотна за счет снижения его проектной отметки. Последовательность восстановления автомобильных дорог после наводнения представлена на рис. 2.

Оползни возникают на участке склона при нарушении равновесия пород, которое может быть вызвано:






- увеличением крутизны склона;
- ослаблением прочности пород при выветривании или переувлажнении осадками и подземными водами;
- воздействием сейсмических толчков;
- деятельностью человека.

Вырубка лесов и кустарников на склонах ведет к опасности развития оползней. Если скорость сползания оползня больше метра в секунду, то обрушение породы опаснее, чем медленно скользящий оползень. Это уже катастрофа, так как за короткое время невозможно организовать спасение. Оценка состояния дорог и строений определяется после полной остановки оползня (рис. 3).

Мероприятия по борьбе с оползнями устанавливают после изучения природных физико-геологических условий, выяснения причин неустойчивости и расчетов предельного равновесия массивов грунта. Противооползневые мероприятия, применяющиеся в практике, представлены на рис. 4.

Таблица 2

Классификация по степени разрушений дорог после наводнения

Степень разрушения	Характеристика степени разрушения	Пример разрушения дороги	Основные мероприятия по восстановлению
Первая	Частичное разрушение одной полосы	 <p>Горный Алтай после паводка</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Пустить транспорт по одной полосе с ограниченной грузоподъемностью и интенсивностью – Ремонтные работы
Вторая	Частичное разрушение (провал) по всей ширине дороги	 <p>После наводнения в Волгограде</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется временный объезд – Восстановление дороги в короткие сроки
Третья	Разрушение дороги по всему поперечному сечению на небольшом протяжении	 <p>Благовещенск</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется объездная дорога на некоторое время или объезд по другому пути – Восстановление дороги в короткие сроки
Четвертая	Разрушение дороги по всему поперечному сечению на большом протяжении	 <p>Алтайский край</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется объездная дорога – Восстановление дороги по всему поперечному сечению и всей длине
Пятая	Разрушение дороги и мостов с присутствием воды после ливня или паводка	 <p>Республиканская дорога в Якутии</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Отвести воду – Требуется объездная дорога или ближайшая в том же направлении – Строительство дороги заново

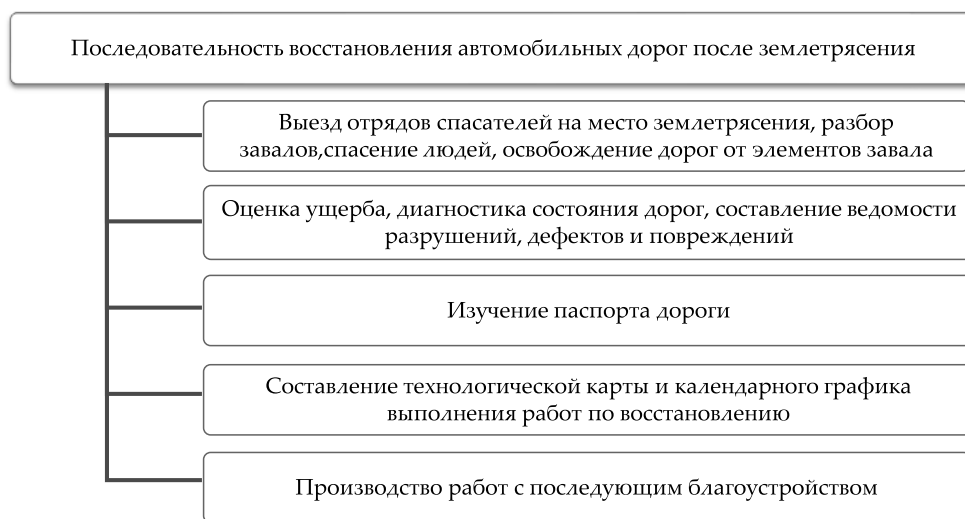


Рис. 2. Схема последовательности восстановления автомобильных дорог после наводнения



Рис. 3. Оценка специалистами состояния дороги и определение скорости движения оползня после его полной остановки

Оползни угрожают безопасности движения транспорта, разрушают опоры мостов, покрытия дорог, гидроэлектростанции и другие промышленные объекты. Заболачиваются пахотные земли. Оползни взаимодействуют и чередуются с процессами медленного скольжения блоков земной коры по разломам в очагах землетрясений (рис. 5).

Оползни на территории РФ имеют место в горных районах Северного Кавказа, Урала, Восточной Сибири, Приморья, о. Сахалин, Курильских островов, Кольского полуострова, а также на берегах крупных рек.

Часто оползни приводят к масштабным катастрофам. Оползень 1963 г. в Италии объемом 240 млн. м³ накрыл 5 городов, погубив

при этом 3 тыс. человек. Оползни в Чечено-Ингушетии в 1989 г. повредили 82 населенных пункта, 2518 домов, 44 школы, 4 детских сада, 60 объектов здравоохранения, культуры и бытового обслуживания. На 160-километровом отрезке трассы Симферополь – Ялта – Севастополь насчитывается 170 оползней. Активное сползание грунта отмечается на Ангарском перевале. В Крыму в результате обильных дождей активизируются оползни. Из-за возобновления действия опасного крымского оползня под названием Черный бугор десятки тысяч тонн горной породы рухнуло вниз. Всего в Крыму насчитывается 1553 оползня. Во избежание чрезвычайных последствий необходимо устроить систему водоотведения, чтобы



Рис. 4. Схема основных противооползневых мероприятий



Рис. 5. Процессы медленного скольжения блоков земной коры

вода, которая накопилась в почве за зиму, не подмывала оползни. Необходимо проводить мониторинг и нельзя допускать:

- перегрузку верхней части оползня;
- подрезание основания (рекой, водохранилищем, инженерными мероприятиями);
- дополнительное увлажнение всего косогора.

Первым этапом охранительных работ должно явиться собирание и отведение поверхностных вод. Затем следует осушение с помощью подземного дренажа и создание искусственного преобразования рельефа. Предлагается следующий комплекс технических операций:

- анкерное крепление склонов, разрушение плоскостей скольжения;
- инъекция укрепляющих растворов;
- фиксация склонов с помощью свай и строительство опорных стенок.

Вывод. В исследовании были рассмотрены примеры разрушений после стихийных бедствий, которые позволили дать их классификацию по степени и характеру проявления. Предложены схемы последовательности работ по ликвидации разрушений после стихийных бедствий. Проблемы разрушения транспортных коммуникаций после стихийных бедствий необходимо решать в течение короткого времени, поэтому в зонах стихийных бедствий следует иметь в соответствующих органах следующие документы с разработанными рекомендациями:

- 1) схемы последовательности работ по ликвидации последствий стихийных бедствий и разрушений транспортных коммуникаций с более детальными проработками, используя представленные выше рекомендации;
- 2) технологические карты для дорожников на все случаи стихийных бедствий, которые зафиксированы в определенном районе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлова Л.В. Влияние автомобилизации на экологическую ситуацию // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. [Электронный ресурс] / под. ред. М.И. Бальзаникова, С.В. Евдокимова; СГАСУ. Самара, 2014. С. 436–439.
2. Павлова Л.В. Пути совершенствования качества дорожных покрытий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2013. С. 330–336.

3. Павлова Л.В. Совершенствование качества автомобильных дорог с применением геосинтетических материалов // Пути совершенствования качества автомобильных дорог: материалы научно-практической международной конференции (16 декабря 2014 г.) / СГАСУ. Самара, 2015. С.168-177.

4. Дормидонтова Т.В., Кирьяков В.В. Применение методов теории надежности на практике // Наукоедение: интернет-журнал. 2015. Т. 7, №2.

5. Патент на полезную модель 160415. Защитное устройство для дорог / Дормидонтова Т.В., Евдокимов С.В. // Опубл. 20.03.2016. Бюл. № 8.

6. Попов В.П., Дормидонтова Т.В. Практическая организация инструментального мониторинга несущих конструкций // Научное обозрение. 2014. №4. С. 19–24.

REFERENCES

1. Pavlova L.V. Impact of automobilization on an ecological situation. *Prirodookhrannye i gidrotekhnicheskie sooruzheniya: problemy stroitel'stva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Environmental and hydraulic structures: problems of construction, operation, ecology and training of specialists: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Samara, 2014, pp. 436–439. (In Russian).

2. Pavlova L.V. Ways to improve the quality of road surfaces. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture: materialy 70-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 70th scientific and technical conference]. Samara, 2013, pp. 330–336. (In Russian).

3. Pavlova L.V. Improving the quality of roads using geosynthetic materials. *Puti sovershenstvovaniya kachestva avtomobil'nykh dorog: materialy nauchno-prakticheskoy mezhdunarodnoy konferentsii* [Ways to improve the quality of roads: materials of the scientific and practical international conference]. Samara, 2015, pp. 168–177. (In Russian).

4. Dormidontova T.V., Kir'yakov V.V. Application of reliability theory methods in practice. *Naukovedenie* [Science of science], 2015, V.7, no. 2. (In Russian).

5. Dormidontova T.V., Evdokimov S.V. *Zashchitnoe ustroystvo dlya dorog* [Protective device for roads]. Patent RF, no. 160415, 2016.

6. Попов В.П., Дормидонтова Т.В. Practical organization of instrumental monitoring of structural structures. *Nauchnoe obozrenie* [Science-review], 2014, no. 4, pp. 19–24. (In Russian).

Об авторах:

ПАВЛОВА Людмила Викторовна

кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и геодезического сопровождения строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846) 339-14-03, 339-14-86

PAVLOVA Lyudmila V.

PhD of Engineering Science, Associate Professor of the Roads and Geodetic Maintenance of Construction Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846) 339-14-03, 339-14-86

ПАВЛОВ Алексей Александрович

кандидат технических наук, руководитель архитектурно-строительного отдела ООО «Сервисная компания», доцент кафедры автомобильных дорог и геодезического сопровождения строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846) 339-14-03, 339-14-86

PAVLOV Alexey A.

PhD of Engineering Science, Associate Professor of the Roads and Geodetic Maintenance of Construction Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846) 339-14-03, 339-14-86

Для цитирования: Павлова Л.В., Павлов А.А. Проблемы восстановления транспортных коммуникаций после стихийных бедствий // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 78–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.10.

For citation: Pavlova L.V., Pavlov A.A. Challenges in the rehabilitation of transport communications in the aftermath of natural disasters. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 78–84. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.10.

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



УДК 72.03 (-87): 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.11

А. Н. БАЗИНА
Е. А. РЕПИНА

ПОНИМАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ЧЕРЕЗ ФЕНОМЕНОЛОГИЮ М. ХАЙДЕГГЕРА

UNDERSTANDING ARCHITECTURE
THROUGH HEIDEGGER'S PHENOMENOLOGY

Авторы, анализируя философские концепции М. Хайдеггера и их интерпретации архитектурными теоретиками, намечают понимание архитектуры в феноменологической традиции. Целью данной работы является обозначение тех смыслов архитектуры, которые упускаются в рамках позитивистской картины мира. В статье рассматриваются феноменологические концепции, раскрывающие значение архитектуры как связующего звена между человеком и окружающей средой: архитектуры как создания «мест», архитектуры как построенной «вещи», архитектуры как произведения искусства. Актуальность темы обосновывается назревшей необходимостью воссоединения архитектуры с жизненным миром человека.

Ключевые слова: феноменология, архитектурная феноменология, феноменологическая архитектура, обитание, феномен места, концепция вещи, Четвертица

Современное общество обеспокоено потерей смысла и значения в архитектуре, причиной которого считается избыточное применение технологий и научной рациональности. Технократический подход предьявляет архитектуру, оторванную от природы и человека; архитектуру, в которой человек не в состоянии по-настоящему обитать, вызывающую лишь чувство отчуждения. Такая оторванность от экзистенциального мира объясняется доминированием в процессе анализа и проектирования архитектурной среды научных и интеллектуальных методов, заимствованных из технических наук. При применении только таких концепций те-

The authors, analyzing the philosophical concepts of M. Heidegger and their interpretations by architectural theorists, outline the understanding of architecture in the phenomenological tradition. The purpose of this work is to identify those meanings of architecture that are overlooked in the positivist picture of the world. The article examines the phenomenological concepts that reveal the importance of architecture as a link between man and the environment: architecture as the creation of «places», architecture as a built «thing», architecture as a work of art. The relevance of the topic is justified by the urgent need to reunite architecture with the human life world.

Keywords: phenomenology, architectural phenomenology, phenomenological architecture, habitat, phenomenon of a place, concept of a thing, fourfold

ряется человек как целостное существо с его чувствами, надеждами и мечтами [1, с. 49–51].

Архитектурные теоретики, такие как К. Норберг-Шульц, Ю. Палласмаа, Р. Уилсон и др., считают, что применение феноменологии могло бы способствовать более гуманной профессиональной практике архитектуры, чувствительной к месту и человеку [2, с. 100]. Сегодня феноменологию используют для изучения тех аспектов архитектуры, которые ускользают от линейной логики – телесной и бессознательной связи со средой. Данное направление помогает понять, что есть «подлинно человеческое» обитание [1].

Феноменология понимает жизнь человека как обитание или способ «бытия в мире» посредством чувств, а не разума. Обитание представляет собой «феномен человеческого сознания» или переживание [1, с. 49–51]. В основе феноменологического метода лежит повседневный жизненный мир, который прежде всего должен быть заботой архитекторов [3].

Архитектурная феноменология

Феноменология, начало которой было положено философом Э. Гуссерлем, получила развитие в трудах М. Хайдеггера как экзистенциальная «феноменология существования» или «бытия». Труды М. Хайдеггера имели влияние на деконструктивистскую работу Ж. Дерриды, герменевтическую феноменологию Х. Г. Гадамера и некоторых постмодернистских теоретиков [4; 5, с. 39].

К. Норберг-Шульц, сторонник феноменологии архитектуры, интерпретирует концепции М. Хайдеггера как пребывание в мире в защищенном месте. Он доказывает, что архитектура способна обеспечить обитание [5, с. 39].

Феноменология М. Хайдеггера имела влияние на критический регионализм К. Фрэмптона, в частности на идею места как решения многих городских и экологических проблем. К. Фрэмптон настаивает на создании восприимчивых мест, отражающих пространственные качества локализации, а также на возвращении месту его архетипического аспекта – физически осуществленного воплощения коллектива, когда место играет символическую и политическую роль, представляя структуру общественных отношений [6, с. 442].

А. Перес-Гомес предлагает расширить концепции М. Хайдеггера, чтобы обеспечить «экзистенциальную ориентацию», культурную идентификацию и связь с историей [5, с. 39]. Феноменолог Ю. Палласмаа, продолжая идеи М. Хайдеггера, утверждает, что значение в архитектуре зависит от её способности символизировать человеческое существование или присутствие [7]. А. Шарр в книге «Хайдеггер для архитекторов» интерпретирует идеи философа применительно к архитектуре [2].

Феноменологическая архитектура апеллирует к чувственному опыту, памяти, воображению. «Проектируя, феноменологически ориентированный архитектор моделирует не физический объём, а чувства», – отмечает Ю. Палласмаа. Такова архитектура С. Холла и П. Цумтора. Определёнными качествами феноменологичности обладают работы Т. Андо, А. Ван Эйка, Г. Шаруна, А. Аалто, Л. Канна, Ф. Ллойда Райта.

Архитектура как создание «мест»

М. Хайдеггер говорит о единстве в германском языке понятий обитать и строить. Он рассматривает эти два понятия как две стороны истинного человеческого существования. Обитание рассматривается одновременно как локальный феномен, обозначающий «иметь дом», так и глобальный, означающий «населить мир» [8].

Экзистенциальной целью строительства и архитектуры с позиции феноменологии является превращение территории в место обитания. М. Хайдеггер иллюстрирует это в эссе «Строить Обитать Мыслить» с помощью моста: «Мост возносится «легко и мощно» над рекой. Он не просто соединяет уже существующие берега. Собственно, мостовой переход и обнажает впервые берега как берега... Мост подтягивает к реке вместе с берегами и все пространство земли... Он собирает во взаимное соседство реку, берега и землю. Мост стягивает землю в местность, расположенную у реки» [9].

Мост раскрывает значение ландшафта, которое было скрыто до его строительства. Ландшафт получает свою ценность через мост: «Мост собирает бытие в определенную «локальность», которую мы можем назвать «местом». Это «место», однако, не существовало как объект до моста (хотя всегда было много «мест» вдоль берега реки, где оно могло возникать), а оно возникло с мостом и в качестве моста» [8]. Таким образом, целью строительства является создание мест через раскрытие значений, которыми потенциально обладает окружающая среда.

Норберг-Шульц развивает данную концепцию М. Хайдеггера, обращаясь к древнеримскому понятию «Дух места» (*Genius Loci*) – неосязаемый характер, обуславливающий его уникальность и положение в общем порядке вещей [10]. Для развития гармоничной связи с окружающей средой необходимо защищать и сохранять *Genius Loci*, что по К. Норберг-Шульцу означает конкретизировать его сущность во всё новых исторических контекстах [8]. Другими словами, история места должна быть его «самореализацией». То, что изначально существовало как возможности, раскрывается через человеческое действие, освещается и «хранится» в произведениях архитектуры, которые одновременно являются «старыми и новыми» [11].

Архитектура как построенная вещь

Феноменология критически относится к пониманию здания как объекта, которым следует восхищаться, или как продукта индустрии строительства. В качестве альтернативы понятию объекта, используемому наукой, М. Хайде-

ггер вводит понятие «вещи». «Вещь» описывает атрибуты жизни, связанные с непосредственным опытом и использованием, а не отдаленно наблюдаемые в соответствии с абстрактной системой. Здание М. Хайдеггера мыслит как построенную вещь, которая связывает людей с миром в ежедневной жизни, поэтому оно должно пониматься через тактильный и образный опыт, а не как отдельный объект [2, с. 46].

Пример моста у М. Хайдеггера как построенной вещи говорит, что мост обладает феноменологическим значением намного большим, чем сумма его технических целесообразностей. Мост служит связующим звеном между людьми и окружающим миром [2, с. 48–49].

С позиции феноменологии мир предстаёт перед человеком в качестве совокупности вещей. Понятие архитектуры как вещи раскрывает функцию «собираения» мира – произведение строительства собирает свойства окружающей среды. То есть человек «получает» окружающую среду и фокусируется на ней в зданиях и вещах [8].

Архитектура как произведение искусства

Архитектурное сооружение помогает человеку понять окружающий мир, в котором он живёт, и своё место в нём. В эссе «Исток художественного творения» М. Хайдеггер приводит пример с греческим храмом: «Стоя на своем месте, храм впервые придает вещам их вид, а людям впервые дарует взгляд на самих себя» [12].

Архитектура, согласно М. Хайдеггеру, может являться произведением искусства. Будучи таковой она «производит» истину в действительность: «открывает мир и в то же время ставит этот мир назад на землю» [8]. В примере М. Хайдеггера греческий храм, во-первых, раскрывает скрытое значение места; во-вторых, определяет судьбу народа, так как она тесно связана с местом; в-третьих, заботится о зрительном образе земли [8].

Как вещь архитектура собирает мир, раскрывает его (делает видимым) и позволяет человеку пребывать в нём, т. е. служит связующим звеном между человеком и окружающим пространством. В качестве произведения искусства архитектура является символом, отображающим истину бытия, отвечая на философский вопрос о смысле мироздания и месте человека в нём.

Ю. Палласмаа считает, что феноменологическая архитектура способна дать обитателю ощущение смысла человеческого мира или существования. «Здание ... есть символ переживания другой реальности, которая лежит за этим символом», – пишет он [7].

Понятие четверицы мира

В своих работах М. Хайдеггер называет то, что собирает вещь, Четверицей мира – земли, неба, смертных и божественных. А. Шарр интерпретирует Четверицу как обстоятельства существования, неизбежную предпосылку мира, в который люди «брошены» без согласия [2, с. 32]. Ночь и день, смена сезонов, ветер, дождь, снег и солнце определяют потребности для обитания [2, с. 41]. Земля и небо представляют собой природные предпосылки существования, смертные и божественные – культурные.

Божественное для М. Хайдеггера заключается в мистическом измерении жизни, которое не может быть рациональным [2, с. 45]. В анализе поэмы Г. Тракля М. Хайдеггер отмечает: «звон вечернего колокола приводит людей, как смертных, к божественному» [13]. Божественное – то, что символизирует общие ценности, лежащие в основе общественной тотальности [8].

Ю. Палласмаа считает, что архитектура представляет собой метафизический инструмент, с помощью которого человек пытается внести отблеск вечности в своё бренное существование [14]. К. Эллард, специалист по психогеографии, отмечает, что человек справляется с осознанием собственной смертности через личное убеждение, что он является частью чего-то большего, чем то, что заключено в нашей физической оболочке. Осознание себя как части культуры, которая существовала до нас и будет существовать после, помогает человеку справиться с неминуемостью конца. «Мы справляемся с пониманием собственной смертности посредством строительства: оставляем наследство, которое будет жить после нашего ухода», – пишет К. Эллард [15].

Пространство и границы

М. Хайдеггер понимает пространство как контекст, в котором мы можем идентифицировать границы вокруг мест. Пространство возникает только потому, что мы можем идентифицировать места [2, с. 56]. Норберт-Шульц, интерпретируя М. Хайдеггера, пишет, что место определяется его границей, а архитектура происходит на границе как воплощение мира. Граница архитектуры образует гештальт или образ [3]. Поселение и ландшафт имеет связь «фигура-фон». А укрытие проявляется как фигура по отношению к протяженности ландшафта [8].

К. Линч, исследовавший город таким, каким его воспринимают обитатели, описывает понятие «средовых образов» – обобщённых мысленных картин окружающего материального мира в сознании человека. Эти образы

являются результатом непосредственных ощущений и памяти о прошлом опыте и обладают практической, эмоциональной и социальной важностью. «Добротный образ окружения ... помогает установить гармоничные отношения между личностью и внешним миром», – считает К. Линч [16].

А. Шарр в книге «Хайдеггер для архитекторов» делает вывод из модели М. Хайдеггера: «хорошо, если границы места совпадают с физическими границами, например, дорогой, рекой, зданием, карстовым камнем... Будет легко идентифицировать места в соответствии с этими границами, которые предварительно уже вписаны в мир для нас» [2, с. 56].

С. Холл применяет этот принцип при проектировании кампуса колледжа искусства университета Айовы и основывает архитектуру здания на морфологии ортогональной сетки города и нелинейной структуре лагуны и утёса, где городская сетка нарушается. Холл органично вписывает здание в существующую структуру ландшафта, создавая гармоничную связь здания и места.

Поэтическое обитание

С позиции феноменологии М. Хайдеггера строительство и обитание связаны с попытками понять бытие не через абстрактные идеи, а через экзистенциальный опыт и переживания. М. Хайдеггер в эссе о поэтическом обитании пишет, что человек способен строить, т. е. устраивать своё местопребывание, только когда он способен осмыслить мир поэтически, т. е. через образы [17].

А. Шарр считает, что поэтическое осмысление мира включает в себя индивидуальное измерение самих себя по отношению к своему окружению, чтобы постичь смысл. Оно предполагает создание и творчество. Его инструментами могут служить индивидуальные суждения, интуиция, воображение, чувства и эмоции [2, с. 80]. С. Холл при проектировании рисует акварели, которые являются для него инстинктивным актом творчества. П. Цумтор основывается на личном опыте, он обращается к своим воспоминаниям и ощущениям от пребывания в определенных местах. Анализируя архитектурные ситуации из своего жизненного опыта, П. Цумтор, как по М. Хайдеггеру, измеряет себя по отношению к своему окружению.

Источником поэтических образов является память. Архитектурные образы возникают из памяти и одновременно апеллируют к памяти людей. П. Цумтор при проектировании обращается к личным воспоминаниям о посещаемых местах, при этом пытаясь вызвать в памяти других людей свои воспоминания

и культурные ассоциации из их личного опыта [2, с. 95].

Выводы. 1. Феноменологическое направление помогает понять, что есть «подлинно человеческое» обитание.

2. Феноменологическая архитектура апеллирует к чувственному опыту, памяти, воображению. Феноменологически ориентированный архитектор моделирует не физический объём, а чувства.

3. Экзистенциальной целью строительства и архитектуры является превращение территории в место обитания через раскрытие значений, которыми потенциально обладает окружающая среда.

4. Архитектура как вещь связывает людей с миром в ежедневной жизни, поэтому должна пониматься через тактильный и образный опыт, а не как отдаленный объект. Понятие архитектуры как вещи также раскрывает функцию «собрания» мира – произведение строительства «собирает» свойства окружающей среды.

5. Как произведение искусства архитектура представляет собой символ, отображающий истину бытия.

6. Архитектура «собирает» и «раскрывает» Четверицу мира (земли, неба, смертных и божественных) – природные и культурные обстоятельства существования.

7. Граница архитектуры образует гештальт или образ.

8. Создание архитектуры связано с попытками понять бытие через экзистенциальный опыт и переживания и в этом смысле представляет собой поэтическое (образное) осмысление мира. Его инструментами могут служить воспоминания, индивидуальные суждения, интуиция, воображение, чувства и эмоции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кияненко К.В. Общество. Среда. Архитектура: социальные основы архитектурного формирования жилой среды. Вологда: ВоГУ, 2015. 284 с.
2. Sharr A. Heidegger for Architects (Thinkers for Architects). London: Routledge, 2007. 128 p.
3. Norberg-Schulz C. Heidegger's thinking on architecture // *Perspecta: The Yale Architectural Journal*, No. 20, 1983. pp. 61–68.
4. Кияненко К. О феномене, структуре и духе места у К. Норберг-Шульца. (Выдержки из перевода статьи Christian Norberg-Schulz. Phenomenon of Place // *Architectural Association Quarterly*. 1976. № 4. pp. 3–10 // *Архитектурный вестник*. 2008. № 3. С. 98–101.
5. Nessbit K. Theorizing a new agenda for architecture : an anthology of architectural theory 1965-1995. NY: Princeton Architectural Press, 1996. 384 p.

6. Frampton K. On Reading Heidegger // *Oppositions*, № 4, 1974.
7. Pallasmaa J. The Geometry of Feeling: a Look at the Phenomenology of Architecture // *Sakala: Nordic Journal of Architecture and Art*, № 4, 1986, pp. 22-25
8. Norberg-Schulz C. Phenomenon of Place // *Architectural Association Quarterly*, No. 4, 1976. pp. 3-10.
9. Хайдеггер М. Строить-обитать-мыслить / пер. с нем. С. Ромашко // *Проект International*. 2010. №20. С. 176-189.
10. Norberg-Schulz C. *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*. NY: Rizzoli, 1980. 212 p.
11. Venturi R. *Complexity and Contradiction in Architecture*. NY: The Museum of Modern Art, 1966. 136 p.
12. Хайдеггер М. Исток художественного творчества: избранные работы разных лет / пер. с нем. А.В. Михайлова. М.: Академический Проект, 2008. 527 с.
13. Хайдеггер М. Язык / пер. и прим. Б. В. Маркова. СПб., 1991. 20 с. URL: <http://lib.ru/HEIDEGGER/yazyk.txt>
14. Кияненко К. Юхани Палласмаа о геометрии чувств, чувстве дома и силе «слабой архитектуры» // *Архитектурный вестник*. 2008. №. 84. С. 160-165.
15. Эллard К. Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / пер. А. Васильевой. Альпина Паблишер, 2018. 288 с.
16. Линч К. Образ города / пер. с англ. В.Л. Глазычев. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
17. Хайдеггер М. «...поэтически обитает человек» // *Аспекты: сборник статей по философским проблемам истории и современности*. Т. 7. М.: МАКС Пресс, 2012. С. 232-252.
7. Pallasmaa J. The Geometry of Feeling: a Look at the Phenomenology of Architecture. *Sakala: Nordic Journal of Architecture and Art*, 1986, no. 4, pp. 22-25.
8. Norberg-Schulz C. Phenomenon of Place. *Architectural Association Quarterly*, 1976, no. 4, pp. 3-10.
9. Heidegger M. *Building Dwelling Thinking*. In *Poetry, language, thought*. 1st ed. NY, Harper & Row, 1971, pp. 143-161.
10. Norberg-Schulz C. *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*. NY, Rizzoli, 1980. 212 p.
11. Venturi R. *Complexity and Contradiction in Architecture*. NY, The Museum of Modern Art, 1966. 136 p.
12. Hajdegger M. *Istok hudozhestvennogo tvoreniya: izbrannye raboty raznyh let*. Per. s nem. Mihajlova A.V. [The source of artistic creation: selected works of different years: trans. from German. A.V. Mikhailov]. M, Akademicheskij Proekt, 2008. 527 p.
13. Hajdegger M. *Yazyk. Perevod i primechaniya B. V. Markova*. [Language: trans. and appendix by B. V. Markov]. SPb., 1991. 20 p. Available at: <http://lib.ru/HEIDEGGER/yazyk.txt> (Accessed 12 January 2021).
14. Kiyanenko K. Juhani Pallasmaa on the geometry of the senses, the sense of home and the power of «weak architecture». *Arhitekturnyj vestnik* [Architectural bulletin], 2008, no. 84, pp. 160-165. (in Russian)
15. Ellard C. *Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life*. NY, Bellevue Literary Press, 2010. 256 p.
16. Lynch K. *The Image of the City*. London, M.I.T. Press, 1960. 208 pp.
17. Hajdegger M. «...»... man dwells poetically». *Aspekty. Sbornik statej po filosofskim problemam istorii i sovremennosti* [Aspects: a collection of articles on philosophical problems of history and modernity], Vol. 7. Moscow, MAKS Press Moskva, 2012, pp. 232-252. (in Russian)

REFERENCES

1. Kiyanenko K.V. *Obshchestvo. Sreda. Arhitektura: social'nye osnovy arhitekturnogo formirovaniya zhiloy sredy* [Society. Environment. Architecture: the social foundations of the architectural formation of the living environment]. Vologda, Vo GU, 2015. 284 p.
2. Sharr A. *Heidegger for Architects (Thinkers for Architects)*. London, Routledge, 2007. 128 p.
3. Norberg-Schulz Ch. Heidegger's thinking on architecture. *Perspecta: The Yale Architectural Journal*, 1983, no. 20, pp. 61-68.
4. Kiyanenko K. About the phenomenon, structure and spirit of the place by K. Norberg-Schulz (Excerpts from translation of Christian Norberg-Schulz's article. Phenomenon of Place. *Architectural Association Quarterly*, 1976, no. 4, pp. 3-10. *Arhitekturnyj vestnik* [Architectural bulletin], 2008, no. 3, pp. 98-101. (in Russian)
5. Nessbit K. *Theorizing a new agenda for architecture: an anthology of architectural theory 1965-1995*. NY, Princeton Architectural Press, 1996. 136 p.
6. Frampton K. On Reading Heidegger. *Oppositions* 4 (October 1974).

Об авторах:

БАЗИНА Анна Николаевна

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

BAZINA Anna N.

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

РЕПИНА Евгения Александровна

кандидат архитектуры, профессор кафедры
инновационного проектирования
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: jeniarepina@mail.ru

REPINA Evgeniya A.

PhD in Architecture, Professor of the Innovative Design
Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: jeniarepina@mail.ru

Для цитирования: *Базина А.Н., Репина Е.А.* Понимание архитектуры через феноменологию М. Хайдеггера // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 85–90. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.11.

For citation: *Bazina A.N., Repina E.A.* Understanding Architecture through Heidegger's Phenomenology. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 85–90. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.11.

**НАУЧНО-ПРОЕКТНЫЙ ЦЕНТР
«АРХИГРАД»**

Направления
деятельности



Градостроительство, градостроительная реконструкция, территориальное планирование, архитектурное и ландшафтное проектирование, реконструкция зданий и сооружений, экспертная деятельность, повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

Руководитель



Татьяна Владимировна ВАВИЛОНСКАЯ
доктор архитектуры, профессор

Контакты



443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0102
(846) 242-52-21
baranova1968@mail.ru

Т. В. ВАВИЛОНСКАЯ
Ю. Л. РАЙХЕЛЬ

НОВЫЙ ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ КВАРТАЛОВ

NEW APPROACH TO THE COMPREHENSIVE RECONSTRUCTION OF HISTORICAL QUARTERS

В статье приведён ретроспективный анализ существующих подходов к комплексной реконструкции квартальной застройки, развивавшихся на фоне различных научных парадигм. В рамках парадигмы управления развитием территорий предложен новый инвестиционно-прогностический подход к комплексной реконструкции исторических кварталов на примере г.Самары. Исторический квартал рассматривается как планировочный модуль преобразовательных процессов поселения. Реконструкция исторического квартала представлена в совокупности проблем сохранения и развития его застройки, обеспечения жителей необходимым уровнем инженерной, социальной и транспортной инфраструктур. Предложена методика расчета норм доходности комплексной реконструкции, которая служит апробации режимов предложенного для исторического поселения охранного зонирования. Особое внимание уделено подготовке исходных данных для расчета норм доходности комплексной реконструкции по ряду отобранных в качестве эталонных кварталов.

Ключевые слова: комплексная реконструкция, эталонный квартал, нормы доходности, инвестиционно-прогностический подход

Квартал для регулярного города, каковым с конца XVIII в. являлась Самара, исторически представлял собой планировочный модуль, который лежал в основе его развития, происходившего путем приращения аналогичных модулей к уже существующей городской квартальной системе. Исторические схемы и планы городов задавали лишь общую канву для землемеров, производивших разбивку кварталов на отдельные домовладения, в рамках которых велась застройка, формировалась привычная для горожан форма самарского домовладения [1].

Поиски новых подходов к комплексной реконструкции квартальной застройки на фоне господствовавшей парадигмы средовой охраны наследия в методическом плане начинаются в 1980–1990 гг. на базе ЦНИИП градостроительства и «Росреставрации». Режимы реконструк-

The article provides a retrospective analysis of existing approaches to the complex reconstruction of block buildings, which developed against the background of various scientific paradigms. Within the framework of the paradigm of territorial development management, a new investment and prognostic approach to the complex reconstruction of historical quarters is proposed on the example of Samara. The historic quarter is viewed as a planning module for the transformation processes of a settlement. Reconstruction of the historical quarter is presented in the aggregate of problems of preserving and developing its buildings, providing residents with the necessary level of engineering, social and transport infrastructures. A method for calculating the rates of return for complex reconstruction is proposed, which serves to test the modes of the security zoning proposed for a historical settlement. Particular attention is paid to the preparation of initial data for calculating the rates of return for complex reconstruction for a number of quarters selected as reference.

Keywords: comprehensive reconstruction, reference quarter, rates of return, investment forecasting approach

ции кварталов с морфологией застройки для условий Москвы предлагала увязать Л. Кожаева, результаты исследований которой на какое-то время нашли применение в Московских городских строительных нормах (МГСН) в 2000 г. [2]. В большинстве изданий прорабатываются достаточно прагматичные вопросы допустимых преобразований, разуплотнения и санации застройки, благоустройства территорий. Одна из практико-ориентированных концепций комплексной реконструкции исторического квартала Самары была в 2010-е гг. предложена архитектурным бюро «Остоженка» и получила название «бесконфликтной реновации» [3]. Концепция предполагала использование морфологии исторической застройки как основы нового проектирования в условиях регулярно-исторического самарского квартала, что по-

зволило бы сохранить масштаб застройки и с максимальной плотностью использовать территорию квартала. К сожалению, как бы ни была привлекательной данная концепция с позиций преемственного развития застройки, экономически она оказалась не подкрепленной. Кроме того, наметился разрыв между комплексным развитием территории, за которым обычно стоит крупный заказчик-застройщик, и результатом в виде освоения отдельных домовладений, владельцами которых должен быть частный инвестор, заинтересованный в развитии своей планировочной единицы – домовладения. Концепция казалась утопичной, но была не безосновательной. Так, в перестроечное время обитателями многих исторических кварталов были маргинальные слои населения ввиду дефицита инженерных коммуникаций и прочих удобств, а джентрификация казалась одним из самых разумных выходов из сложившейся ситуации. В современном историческом квартале представлены уже самые разные социальные слои, формируются местные сообщества, заинтересованные в сохранении традиционного уклада жизни и соответствующих ему форм застройки.

Анализ сложившихся подходов

Складывавшиеся в 1980–2000-е гг. современные реконструктивные, прагматические подходы формируются на фоне парадигмы градостроительной охраны наследия [4]. Приоритетное развитие получают планирование, регулирование, регламентация новой застройки. Объекты культурного наследия (далее ОКН) рассматриваются как историко-культурный потенциал, обладающий инвестиционной привлекательностью и одновременно препятствующий развитию территорий. В градостроительной практике конца XX–начала XXI в. квартал сохраняет свой статус планировочного модуля преобразовательных процессов; проекты планировки и проекты межевания территорий исторического центра продолжают разрабатываться в границах исторических кварталов. Несмотря на такой, казалось бы, комплексный подход, городская ткань имеет непоправимые потери, утрачивает целостность и складывавшуюся веками морфологию застройки.

Каждый квартал исторически представлял собой динамично изменяющийся модуль застройки, домовладения делились, объединялись, застройка их уплотнялась, обрастала новыми пристроями, и в этом была диалектика естественного эволюционного процесса саморазвития квартала как градостроительной единицы. Сегодняшние проекты планировки и межевания территорий можно расценивать как искусственное преобразование среды, кото-

рое сродни революционному процессу реконструкции, следствием чего становятся необратимые изменения в морфологии исторической застройки.

Впервые прагматичное отношение к исторической среде на международном уровне было высказано на Венском меморандуме, где историческая и современная архитектура рассматривались как особые статьи дохода (Вена, 12–14 мая, 2005 г.).

В 2014 г. в рамках прагматического подхода появляется методика оценки историко-культурной ценности исторического поселения Э.А. Шевченко, заключающаяся в формализации ценностных критериев, в выражении их с помощью математического аппарата, применяемого в конечном счете для расчета инвестиционной привлекательности территорий [5].

Новая парадигма **управления развитием или «управления реконструкцией жилой застройки»** (по Е.М. Коршуновой) [6] предполагает соучастие, сотрудничество различных деятельности субъектов в достижении общей цели в направлении сохранения наследия. Неслучайно механизмы частно-государственного партнерства становятся нередким явлением при решении вопросов финансирования крупных градостроительных проектов. Деятельностные субъекты оказываются вовлеченными в процессы управления реконструкцией и не воспринимаются более как пассивные потребители историко-культурного ресурса. На этом фоне возникла необходимость в выработке новых подходов, которые выразились в *прогнозировании развития, направленного на достижение устойчивости исторической застройки*.

Новый подход к комплексной реконструкции исторических кварталов был выработан в 2020-х гг. в ходе выполнения научно-проектных работ, направленных на придание городу Самаре статуса исторического поселения (Ахмедова Е.А., Шувалов М.В., Дидковская О.В., Корякин Ю.М., Вавилонская Т.В. – науч. рук.). Новый подход использовал преимущества прагматического, опираясь на исчерпывающий анализ ресурсного потенциала исторической, современной застройки и самой территории квартала в целом. Ключевым результатом стало определение норм доходности комплексной реконструкции квартала, благодаря чему оказалось возможным оценить инвестиционную привлекательность комплексной реконструкции для инвестора и необходимость соучастия в процессе комплексной реконструкции иных деятельности субъектов (властных структур различных уровней, жителей, фондов опеки наследия и др.). С этих позиций подход можно назвать инвестиционно-прогностическим.

Перспектива такого подхода видится в конечном счете в определении, установлении и жестком закреплении баланса софинансирования комплексных реконструкций, направленных на культивирование наследия, а не на радикальное преобразование исторической среды как в большинстве случаев сегодня происходит. Оговоренный баланс софинансирования становится достаточно распространенной практикой в ряде целевых программ, связанных не только со сферой охраны наследия. Такой опыт в сфере охраны наследия за рубежом существует достаточно давно, с 1970-х гг. Например, в Бельгии приняты следующие пропорции софинансирования: 60 % – государственные субсидии, 20 % – региональный бюджет (провинции) и 20 % – бюджет муниципалитетов. В Германии федеральное правительство, земельное управление и местные власти предоставляют субсидии в равных долях. В Нидерландах софинансирование ведётся на следующей основе: 30 % – Министерство строительства; 15 % – Министерство культуры; 5 % – региональные власти (провинция); 15 % – муниципальные власти. Соучастие органов власти различных уровней свидетельствует о взаимоувязанном, комплексном решении проблем сохранения и развития исторической застройки. Вступив на путь рыночных отношений, мы начинаем только сейчас осваивать подобные практики.

В этой связи в Самаре в рамках разработки обосновывающих материалов по историческому поселению возникла потребность в обосновании норм доходности для инвестора комплексного подхода к развитию территорий в условиях культивирования наследия. Первоначально задача была поставлена как апробация предложенных градостроительных регламентов и обоснование доходности реконструкции исторических кварталов в рамках данных регламентов. В случае получения положительного результата, госорган охраны наследия должен был получить аргументированный высотный и плотностной регламент застройки, который бы исключил дискуссию о неэффективности инвестиций и обеспечил бескомпромиссное следование регламенту со стороны инвесторов и заказчиков-застройщиков. Была выполнена подготовительная работа и сделаны соответствующие расчёты, методика которых раскрыта далее.

Новый инвестиционно-прогностический подход

Прежде всего было выполнено зонирование исторического поселения. Принцип зонирования предполагал трассировку границ таким образом, чтобы они нигде не раз-

деляли и не пересекали территорию кварталов. Данный подход, развивающий традиции комплексной поквартальной реконструкции, вызвал определенную критику со стороны органов, регулирующих градостроительную деятельность. Основным аргументом оппонентов было затруднение регулирования ансамбля улиц. Однако, если обратиться к градостроительной истории Самары, то исторические ансамбли улиц и площадей складывались не по воле архитектора, а в ходе естественного развития города. Их волевое развитие происходило по генеральным планам в большей мере как планировочных элементов, не связанных со средовыми характеристиками застройки.

Согласно разработанной методике, каждый из кварталов был включен в границу только одной из зон охраны. Те кварталы, где историческая застройка представляет наибольшую ценность, были отнесены к следующим зонам (рис. 1):

ДМ – достопримечательные места, связанные с деревянной 1586 г. и земляной 1706 г. крепостями;

ЗРЗ-1 – зона археологического культурного слоя дорегулярного города;

ЗРЗ-2 – зона регулирования застройки уездного города преимущественно с образцовой застройкой;

ЗРЗ-3 – зона регулирования застройки губернского города преимущественно с репрезентативной застройкой;

ЦС – буферная зона, которая служила границей целостной исторической среды.

Кварталы остальной территории исторического поселения, отличающиеся неструктурной застройкой и значительным числом ветхих малоценных построек, были отнесены к следующим зонам:

ЗРЗ-4 – зона регулирования застройки ближнего пригорода;

ЗРЗ-5 – зона регулирования застройки дальнего рабочего пригорода.

С учетом целостности и неоднородности исторической среды внутри каждой из перечисленных зон охраны выделены подзоны (А, Б, В, Г). Для каждой из зон и подзон установлены следующие параметры: 1) этажность в метрах по красной линии и внутри квартала; 2) коэффициент плотности застройки, который принят как средний по существующему состоянию в кварталах каждой из объединенных зон охраны.

Кроме данных зон с перечисленной выше маркировкой, на территории исторического поселения Самары были выделены:

А-1 – исторические ансамбли;

А-2 – советские ансамбли;

Л-1 – зона охраняемого природного ландшафта волжского склона;



Рис. 1. Концепция зон охраны исторического поселения с маркировкой зон и подзон

Л-2 – зона охраняемого природного ландшафта самарского склона;

ЗН – зона зеленых насаждений.

Далее была разработана схема, отражающая целостность исторической застройки. В зависимости от того, каков процент включений новой застройки, для каждого из кварталов был определен оптимальный режим реконструкции. К таким режимам отнесены:

- регенерация для кварталов с включениями новой застройки, занимающей от 5 до 25 % его территории;
- ограниченное преобразование для кварталов с включениями новой застройки, занимающей от 5 до 70 % его территории;
- активное преобразование для кварталов с включениями новой застройки, занимающей свыше 70 % его территории (рис. 2);
- ландшафтная реконструкция для зон Л-1, Л-2 и ЗН.

В каждой зоне было отобрано несколько кварталов с различными режимами реконструкции. В конечном счете для расчётов норм доходности комплексной реконструкции из 140 исто-

рических кварталов Самары было отобрано всего 18. На примере эталонных кварталов необходимо было апробировать разработанные для исторического поселения градостроительные регламенты. Для этого был проведен сбор исходных данных в графической и табличной форме.

Инвентаризация периметральной и внутриквартальной застройки по эталонным кварталам позволила разработать программу реконструкции, представленную в виде схемы, на которой изображены: объекты культурного наследия (федеральные, региональные, выявленные), подлежащие реставрации; новая застройка; подлежащие сносу и отселению жилые и нежилые дома; здания, не требующие реставрации и реконструкции; капитальные здания, не являющиеся памятниками и подлежащие реконструкции; объекты культурного наследия, попавшие в региональные программы капремонта и переселения граждан. Последнее позволяет судить о том, что часть нагрузки по отселению и капитальному ремонту зданий переносится на государственного заказчика. Кроме того, была определена доходная часть для инвестора, состоящая

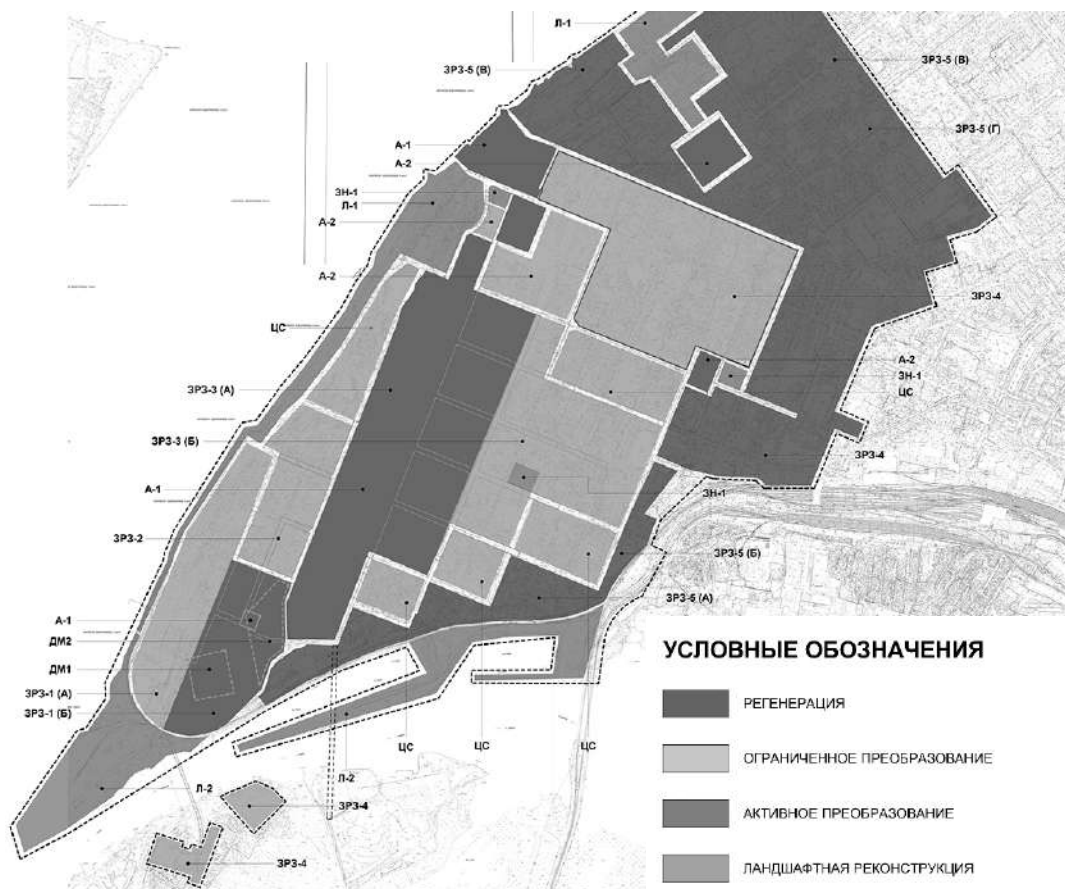


Рис. 2. Режимы реконструкции застройки исторического поселения

из пустующих участков и границ участков под новое строительство, которые были промаркированы и пронумерованы на схеме.

Использованная в работе база ЖКХ позволила формализовать программу реконструкции в табличной форме. Над таблицами была приведена маркировка зоны охраны, регламент по высотности и плотности застройки. В самих таблицах дана детальная характеристика застройки. Отдельные таблицы были составлены для жилой и нежилой застройки. Характеристика застройки включала адрес, наименование, этажность, площадь застройки, общую площадь, общую площадь жилых и нежилых помещений, количество проживающих, количество квартир, год постройки и примечания, в которых указана потребность в реставрации, реконструкции или сносе (табл. 1, 2).

Далее были проанализированы технические условия подключения планируемых к строительству объектов к сетям инженерно-технического обеспечения: водоснабжения, теплоснабжения, водоотведения, электроснабжения, газоснабжения, ливневой канализации

[7]. При расчете норм доходности комплексного развития квартала учитывались показатели, характеризующие наличие и ёмкость инженерной инфраструктуры, была рассчитана ориентировочная протяженность сетей инженерного обеспечения, планируемая к возведению в случае комплексного развития квартала.

Анализ системы культурно-бытового обслуживания населения в границах исторического поселения, а именно местоположение и радиусы доступности объектов социальной инфраструктуры, позволил выявить местоположение недостающих объектов и разместить их в соответствующий квартал. В границах исторического поселения зафиксировано значительное число объектов культуры городского значения, в то время как общеобразовательных учреждений, детских дошкольных учреждений и объектов здравоохранения оказалось недостаточно.

Анализ транспортной, пешеходной и велотранспортной инфраструктур позволил наметить ряд мероприятий, необходимых для полноценной комплексной реконструкции кварталов.

Показатели, характеризующие жилую застройку

Таблица 1

№ п/п	Адрес	Наименование объекта	Этажность	Площадь застройки, м ²	Общая площадь (по внешнему контуру здания), м ²	Общая площадь жилых и нежилых помещений, м ²	Общая площадь жилых помещений (квартир), м ²	Количество проживающих, чел.	Количество квартир	Номер по программе	Год постройки	Примечания (наличие организации в зданиях)
1.1.1	Подлежащая реставрации (ОКН)											
1.1.2	Подлежащая реконструкции (не ОКН, капитальные здания)											
1.1.3	Подлежащая сносу и отселению (не ОКН)											

Показатели, характеризующие нежилую застройку

Таблица 2

№ п/п	Адрес	Наименование объекта	Этажность	Площадь застройки, м ²	Общая площадь, м ²	Год постройки	Примечания (подлежит реставрации)
1.1.1	Подлежащая реставрации (ОКН)						
1.1.3	Подлежащая сносу и отселению (не ОКН)						

Характеристика жилой застройки, подлежащей отселению и сносу

Таблица 3

№ п/п	Адрес	Наименование объекта	Этажность	Площадь застройки, м ²	Общая площадь (по внешнему контуру здания), м ²	Общая площадь жилых и нежилых помещений, м ²	Общая площадь жилых помещений (квартир), м ²	Количество проживающих, чел.	Количество квартир	Номер по программе	Год постройки	Примечания (снос, отселение)
1												

Характеристика нежилой застройки, подлежащей отселению и сносу

Таблица 4

№ п/п	Адрес	Наименование объекта	Этажность	Площадь застройки, м ²	Общая площадь, м ²	Год постройки	Примечания (организации в зданиях)
1							

Итак, методика определения доходности комплексной реконструкции кварталов включала следующие этапы работ:

- инвентаризация объектов существующей застройки с детальной характеристикой жилых и нежилых зданий;
- разработка программы реконструкции квартала в соответствии с режимами объединенной зоны или подзоны, в которую он попадает;
- определение показателей для расчета норм доходности в табличной форме;

– расчет затрат по отселению и сносу ветхой застройки, не имеющей ценности, по реконструкции сетей инженерно-технического обеспечения и транспортно-пешеходной инфраструктуры (затратная часть);

– расчет объемов нового строительства (доходная часть) с учетом имеющихся в квартале территориальных резервов и возможности их освоения исходя из предложенных для исторического поселения градостроительных регламентов (табл. 6).

Таблица 5

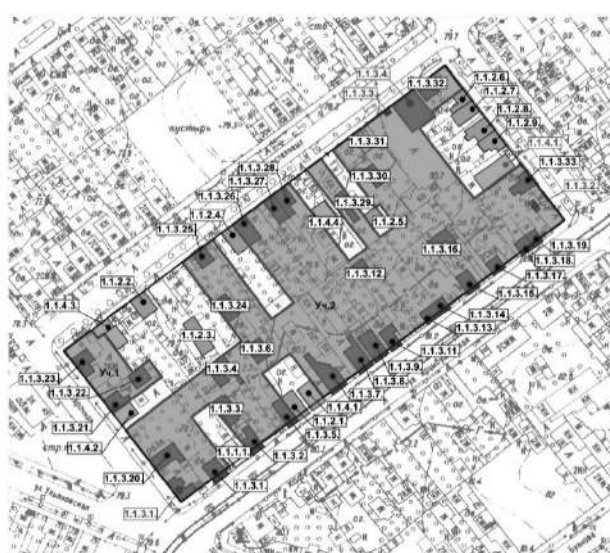
Технические условия подключения планируемых к строительству объектов к сетям инженерно-технического обеспечения

Наименование показателя, ед. изм.	Значение (описание) показателя	Комментарии, дополнительные сведения
Описание технических условий по видам сетей: <ul style="list-style-type: none"> – водоснабжения – теплоснабжения – электроснабжения – канализация бытовая – канализация дождевая – газоснабжения 	Ориентировочная протяженность внешних сетей инженерного обеспечения, м	<i>Вывод:</i> Обеспеченность инженерными сетями высокая/средняя/низкая

Таблица 6

Объемы нового строительства

№ п/п	Наименование участка	Тип застройки (многоквартирный жилой дом)	Этажность	Площадь участка, м ²	Площадь новой застройки, м ²	Общая площадь (по внешнему контуру здания), м ²	Общая площадь жилых и нежилых помещений, м ²	Кол-во человек на отселение	Количество новых жителей, чел.	Примечания (социально-культурная нагрузка, обременения)
1										



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Объекты культурного наследия федерального значения
- Объекты культурного наследия регионального значения
- Выявленные объекты культурного наследия
- Новая застройка
- Подлежащие сносу и отселению жилые и нежилые дома
- Здания, не требующие реставрации/реконструкции
- Подлежащие реконструкции здания (не ОКН, капитальные)
- 1.1.2.4 Номер здания в списке (жилые здания)
- 1.1.2.4 Номер здания в списке (нежилые здания)
- Участок под новое строительство

Рис. 3. Пример графической программы реконструкции застройки эталонного квартала

Выводы. Полученные по данной методике расчеты показали, что инвестиции в исторический центр города оказываются затратными и требуют государственного финансирования. Норма доходности колеблется в пределах от -28 до -89 % (по О.В. Дидковской) [8]. Нормы доходности получились значительно ниже ожидаемых за счет учёта при расчёте потребности в тех инженерных коммуникациях, которые отсутствовали на территории квартала, и необходимости в реконструкции дорог, ограничивающих квартал, и внутриквартальных проездов. Кроме того, обязательства инвестора по полному социальному обеспечению жителей квартала необходимыми объектами социальной инфраструктуры (школы, детские сады, объекты здравоохранения) также существенно снижают доходную часть для инвестора. Таким образом, комплексное развитие территорий исторических кварталов Самары с учетом вложений в реконструкцию инженерной инфраструктуры и системы культурно-бытового обслуживания только за счет частных инвестиций при заданных по условиям охраны культурного наследия градостроительных регламентах является нерентабельным и требует бюджетного финансирования. Как уже выше отмечалось, политика бюджетного финансирования работ, связанных с необходимостью сохранения и культивирования культурного наследия, давно практикуется за рубежом.

Разработанный в рамках парадигмы управления развитием территорий новый инвестиционно-прогностический подход к комплексной реконструкции исторических кварталов обладает определенной долей универсальности и может быть применен для условий иных исторических поселений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вавилонская Т.В. Методологический аспект сохранения и обновления архитектурно-исторической среды крупного города (на примере г.о. Самара) // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. №5. С.44–46.
2. Кожаева Л. Морфотипы застройки – в теории и на практике // *Архитектурный вестник*. 2016. №2 (149). <http://archvestnik.ru/node/3064> (дата обращения: 10.10.2020).
3. Карасельникова И.В., Стадников В.Э. От объекта к среде: поиск новых подходов к устойчивому развитию исторических территорий // *Городские исследования и практики*. 2018. Т. 3. № 4 (13). С. 108–132.
4. Ахмедова Е.А. Урбанистический подход к исследованию и развитию пространственно-планировочной структуры исторического поселения // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*:

сборник статей 77-й Всероссийской научно-технической конференции / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, Е.А. Ахмедовой. Самара, 2020. С. 107–119.

5. Методические рекомендации оценки историко-культурной ценности поселения. Применение критериев историко-культурной ценности поселения в оценке недвижимости, расположенной в границах исторического поселения / под ред. Э.А. Шевченко. СПб.: Зодчий, 2014. 264 с.

6. Коршунова Е.М. Развитие организационно-экономического механизма управления реконструкцией жилой застройки исторических центров городов: автореф. дис. ... д.арх. 2015. 38 с.

7. Шувалов М.В., Комаров Д.С. Первоочередные мероприятия реновации зон исторической застройки городов // *Градостроительство и архитектура*. 2018. Т. 8. № 3 (32). С. 62–67. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.13.

8. Дидковская О.В., Акульшина М.М. Концептуальные вопросы развития историко-культурной среды Самары // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*. Строительство: сб. статей. Самара, 2018. С. 389–393.

REFERENCES

1. Vavilonskaya T. V. Methodological aspect of preserving and updating the architectural and historical environment of a large city (on the example of Samara). *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2011, no 5, pp. 44-46. (in Russian)
2. Kozhaeva L. Building morphotypes - in theory and practice. *Arhitekturnyj vestnik* [Architectural bulletin]. 2016, no 2 (149). Available at: <http://archvestnik.ru/node/3064> (Accessed 10 October 2020). (in Russian)
3. Karasel'nikova I. V., Stadnikov V. E. From object to environment: search for new approaches to sustainable development of historical territories. *Gorodskie issledovaniya i praktiki* [Urban Studies and Practices], vol. 3, 2018, no 4 (13), pp. 108-132. (in Russian)
4. Ahmedova E. A. Urban approach to the study and development of the spatial and planning structure of the historical settlement. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Sbornik statej 77-oy vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii* [Tradition and innovation in construction and architecture. Collection of articles of the 77th All-Russian Scientific and Technical Conference], 2020, pp. 107-119. (in Russian)
5. Shevchenko E.A., Nikiforov A.A., Lukashev A.V., Dobaeva T.P., Nikitina E.A., Pekhter E.E., Chuguevskaya E.S., Viktorov A.P. *Metodicheskie rekomendacii ocenki istoriko-kul'turnoj cennosti poseleniya. Primenenie kriteriev istoriko-kul'turnoj cennosti poseleniya v ocnke nedvizhimosti, raspolozhennoj v granicah istoricheskogo poseleniya* [Methodological recommendations for assessing the historical and cultural value of the settlement. Application of the criteria of the historical and cultural value of a settlement in the assessment of real estate located within the boundaries of a historical settlement], Saint Petersburg, Zodchij Publ., 2014. 264 p.

6. Korshunova E.M. *Razvitie organizacionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya rekonstrukciej zhiloij zastrojki istoricheskikh centrov gorodov*. Doct. Diss. [Development of an organizational and economic mechanism for managing the reconstruction of residential buildings in historical city centers. Doct. Diss.]. Saint Petersburg, 2015. 38 p.

7. SHuvalov M. V., Komarov D. S. Priority measures for the renovation of historic urban areas. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2018, Vol. 8, no. 3 (32), pp. 62-67. (in Russian)

8. Didkovskaya O. V., Akul'shina M. M. Conceptual issues of the development of the historical and cultural environment of Samara. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo. sbornik statej* [Tradition and innovation in construction and architecture. Construction. Digest of articles], Samara, 2018, pp. 389-393. (in Russian)

Об авторах:

ВАВИЛОНСКАЯ Татьяна Владимировна

доктор архитектуры, доцент, заведующая кафедрой реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: baranova1968@mail.ru

VAVILONSKAYA Tatiana V.

Doctor of Architecture, Head of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: baranova1968@mail.ru

РАЙХЕЛЬ Юлия Львовна

ассистент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: demurina@yandex.ru

RAIKHEL Yulia L.

Assistant of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: demurina@yandex.ru

Для цитирования: Вавилонская Т.В., Райхель Ю.Л. Новый подход к комплексной реконструкции исторических кварталов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 91–99. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.12. For citation: Vavilonskaya T.V., Paikhel' Yu.L. New Approach to the Comprehensive Reconstruction of Historical Quarters. *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.

С. А. МАЛАХОВ
МАМО КАЛКИДАН АДДИСУ

ИСТОРИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ КАК КУЛЬТУРНЫЙ РЕСУРС. ИНТЕГРАЦИЯ НОВОГО ОБЪЕКТА В СТРУКТУРУ УНИКАЛЬНОГО АРХИТЕКТУРНОГО КОМПЛЕКСА В ГОРОДЕ LALIBELA, ЭФИОПИЯ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

**HISTORICAL HERITAGE AS A CULTURAL RESOURCE.
 INTEGRATION OF THE NEW OBJECT INTO THE STRUCTURE
 OF A UNIQUE ARCHITECTURAL COMPLEX IN LALIBELA, ETHIOPIA.
 TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS**

Исследование основано на материале эксперимента по реновации комплекса исторического наследия в городе Лалибела, Эфиопия. Уникальные свойства скальной архитектуры церквей, создаваемых в структуре скальных массивов, начиная с X и XI вв. дополняются специфическим характером народного строительства прилегающих поселений, использующих технологию глинобитных (земляных) конструкций. Важным обстоятельством проводимого эксперимента по исследованию комплекса и строительству отеля – объекта развивающейся туристической инфраструктуры является тщательное изучение традиционных технологий и экологических аспектов, включая климатические характеристики местности, источники энергообеспечения и взаимоотношения с местным сообществом.

Ключевые слова: уроки наследия, Лалибела, скальная архитектура, Арт-Отель, целостность среды, туристическая инфраструктура, экологические акценты эксперимента

The study is based on the material from an experiment on the renovation of a historical heritage complex in Lalibela, Ethiopia. The unique properties of rock architecture of churches created in the structure of rocky massifs, starting from the X and XI centuries, are supplemented by the specific character of folk construction of adjacent settlements, using the technology of earthen structures. An important factor in the ongoing experiment to study the complex and (also to) build a hotel, the object of a developing tourist infrastructure, is the careful study of traditional technologies and environmental aspects, including climatic characteristics of the area, sources of energy supply, and relationships with the local community.

Keywords: Heritage Lessons, Lalibela, Rock Architecture, Art Hotel, Environmental Integrity, Tourist Infrastructure, Environmental Emphasis of the Experiment

Introduction

Prerequisites for the study and experiment in Lalibela, Ethiopia. The problem of translating “lessons” of heritage into modern practice of environmental development; tasks of integrating valuable historical environment and modern objects

The objects of historical heritage around the world can be conventionally divided into unique and environmental. An entrenched rule that allows to give a special status to unique objects does not exclude the need to make decisions in favor of environmental integrity. The balance between the environment, unique objects and new constructions - single or complex - is one of the most pressing cultural, economic and organizational problems. The search for such a balance

can be attributed to the area of modern project methodology, the main goal of which is to create a sustainable and harmonious post-industrial environment.

Therefore, the construction of such a post-industrial environment is implemented on the basis of two counter programs: the first program is the study of positive experience of valuable historical environment and unique objects - all what we call “lessons of historical environment” and the second program is a certain planned level of new environment, the needs of which are determined based on the criteria of economy, cultural development, infrastructure and market. Thus, it is at the junction of these programs that the territory of the experiment appears, which resolves the potential conflict and establishes a balance between “new” and “old” [1].

The value (“lessons”) of historical heritage can be determined based on the following characteristics of individual objects and environments:

1. Uniqueness of artistic and stylistic characteristics of historical heritage objects;
 2. Cultural significance of unique and media objects for the place, country, the whole modern civilization.
 3. Contribution to the heritage of handicraft culture of individual monuments of architecture - examples of “expensive construction” (cathedrals, castles, ensembles).
- Effective traditional construction technologies and methods of “modest development” of the territory, inherent to the historical heritage. Use of available materials of natural origin: wood, stone, clay, earth, bamboo; economy and reproducibility of natural material.
4. The desire for “human scale” of the historical environment, largely adapted to the natural and urbanized landscape and due to the small step of constructive spans, the way of life of neighbors, the density of the historical environment, the limited size of homes and the modesty of investment.
 5. Sustainability of the environment based on self-sufficiency, self-governance and self-development of territories.
 6. Environmental balance and devotion of residents to their native place, social responsibility and cultural ritual.

As we can state, these characteristics testify to the unique and positive properties of the environment that preserves its continuity with traditional values, natural environment, “sense of place”, national sanctuaries, and construction methods. The program for the effective use of historical heritage, respectively, should be based on these characteristics.

Key problems of integration of historical environment and modern objects

The counter program, which is based on the needs of modern society, most often reflects the economic and social situation specific to a particular place and country. At the same time, it should be recognized that common aspects of most modern development programs are technocratic trends, market relations, new technologies, burdened with real problems. Such real problems include economic backwardness, social inequality, excessive selfishness of developers, environmental violations and disregard for cultural values. At the same time, the interests of tourist infrastructure increasingly come into conflict with the tasks of preserving historical values and the traditional way of life of the population in historical places. Technocratic models of the future are, most often, in contradictory relations with humanistic mod-

els of the environment. Appropriate intellectual, professional and political initiatives are required to resolve contradictions between “counter programs”.

The architectural process of participation in the dialogue between “old” and “new” is developing in several interesting directions. Interesting results of this process can be observed everywhere in different cities and regions of Europe, Asia and the African continent.

The material of the experiment in the Ethiopian city of Lalibela presented in the article addresses the following issues related to the discourse of dialogue of historical heritage and new infrastructural transformations:

A valuable historical monument - the historical Lalibela churches - is being researched.

The specifics of the traditional type of dwelling houses and neighborhoods are highlighted; emphasizes the “environmental specificity” of traditional Ethiopian settlements (“philosophy of human existence in natural space”).

Data are given on the features of geological factors that influenced the emergence of unique objects.

The task of cultural integration of heritage objects and new objects integrated for the benefit of tourism infrastructure and economy of the region is set.

The main results related to the effectiveness of the Rock Hewn Hotel experiment are defined. The results of the experiment demonstrate the contribution of the research and the project to the development of the theoretical aspects of the balance between historical heritage and innovation.

Experiment in Lalibela

Environmental philosophy of traditional architecture

Sites of historical heritage of Ethiopia have a strong, independent, living culture, reflecting environmental and climatic conditions, which, in turn, are tightly integrated into spiritual and religious beliefs dating back to ancestor worship, customs of social community, rituals and symbols. Due to the visible presence of traditional buildings in everyday life, many identical features and customary practices have been preserved in their original form.

The ecological philosophy, inherent to the heritage of Ethiopian traditional architecture, looks at humanistic conceptions of nature, the value and rights of nature; it explores how we should build relationships with nature and in nature, and the extent to which nature is or is not involved in our own human identity. Such a philosophical tradi-

tion also looks at whether nature and the environment are “useful concepts in general” or simply contribute to perceptions that predetermine our relationship with the world. The philosophy of the environment includes all the basic concepts of philosophy: metaphysics, our ideas about the basis and structure of things; epistemology, how we recognize and understand nature and how different methods of learning reveal different aspects of the natural world; its aesthetics, its specific language, ethics, the morality of our relationship with living beings and systems. In a broad sense, environmental studies also overlap with other disciplines, such as environmental psychology and environmental politics, and is furthermore cross-cultural, since different societies understand and relate to their natural environments in different ways.

For architectural practice, the link with the environmental worldview has always played a huge role. Man imitates nature in order to create his own environment, demonstrating in the form of their structures many structures that symbolize his understanding of natural and sacred principles. Analysis of forms, arrangements, symbols and figures of such structures usually leads to new ideas and typologies.

One of the typologies that emerged on the basis of structures ascending to nature are sacred buildings. All of creation evolves out of a sacred geometric pattern incorporated within the molecular seed structure. When these patterns associated with the seed structure are embedded in the architecture, there is an exchange of vibrations between the building and its inhabitants, just as a dialogue between man and nature leads to a sense of well-being.

Among the many historical holy places known in Ethiopia, one should first of all one should mention the church's erected inside the rocky hills. Rock churches in Lalibela, carved on the rugged mountain slopes below ground level, are ringed with deep voids and inner courtyards and connected to each other by a tangled labyrinth of tunnels and passages. The rock churches built during the Zagve(zagwe) Dynasty are the apotheosis of Ethiopian civilization. The emergence and collapse of great empires and dynasties in this country influenced the evolution and character of Ethiopian architecture [2, 3].

Object of historical heritage - Biet Ghiorgis complex in Lalibela

Contemporary Ethiopian culture was formed on the basis of the values and traditions of a powerful and religious ancient civilization with a rich cultural heritage. According to legend, Emperor Menelik, son of King Solomon and Queen of She-

ba, brought the “Ark of the Covenant” from Jerusalem to Axum, and then founded one of the world's most famous monarchical dynasties. The surviving palaces and cult constructions of Ethiopia testify to the achievements of one of the oldest Christian civilizations in the world. Some historical and archaeological sites, such as Axum, Lalibela, Gondar or Debre Damo, are already well researched and documented, but some, such as the temples in the Geralta Valley and the rock churches in Tigray, are still in oblivion [3].

In Lalibela, one of the most famous of all sacred cities in Ethiopia, there is a complex of monolithic churches (Fig. 1), cut down and built in the rock. The churches were built in the 1100s and are a symbolic image of Jerusalem. A unique feature of these objects is the way they were created: the churches are carved from soft volcanic rock and are isolated structures in deep stone pits with long connecting tunnels or trenches. Most likely, the earliest objects carved in the rocks were residential buildings or fortifications, not churches, but in the X and XI centuries AD churches with architectural features were created, which, according to researchers, originate in ancient Axum, which flourished in an even earlier period. An important feature of this monument, which attracts researchers and tourists from all over the world, is the environmental unity of rock churches, expressive landscape and traditional settlements built on the basis of the use of walls from the earth..

Like other Lalibela churches, the Biet Ghiorgis complex (Fig. 2, 3) is carved from natural rocky relief in the form of monolithic volumes, forming both the general shape of the church and details of doors, windows, etc. The church is connected with the rest of the complex through tunnels and transitions in the form of deep trenches.

Geometric proportions in architectural patterns represent the language of design, as well as words in spoken language. The visual expression of the order of these laws is best expressed through the discipline of geometry. Geometry is a model of creation and generator of all forms. Geometrical ratios and proportions existed and were used in the design and construction of stone churches and ceremonial objects Lalibela. They were invariably constructed with the sizes including mathematical numbers, constants and ratios such as golden section, sacred middle, and also on the basis of proportional circles proportional rectangles and triangles. Sacred geometry is the geometry used in planning and construction of religious buildings such as temples, churches, mosques, religious monuments, altars and tabernacles. Review of the main architectural features of the churches in Lalibela and jewelry carved on their surfaces, allows you to understand how little is known about the Ethiopian art of the XII century!

Top view of the 3D laserscan model of the rock hewn churches in Lalibela



Fig. 1. The complex of rock churches in Lalibela

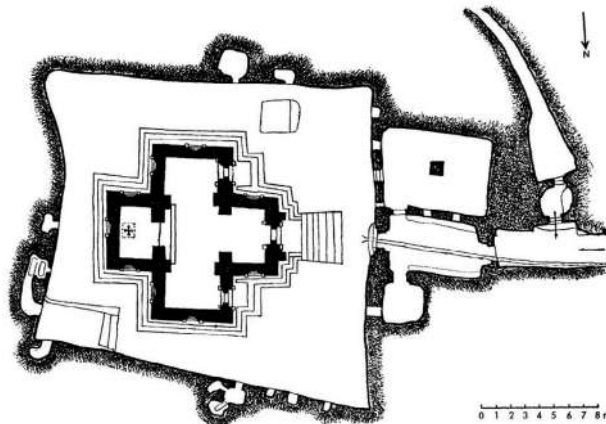


Fig. 2. Rock Church of Biet Ghiorgis in Lalibela. A plan and photographs of the General view

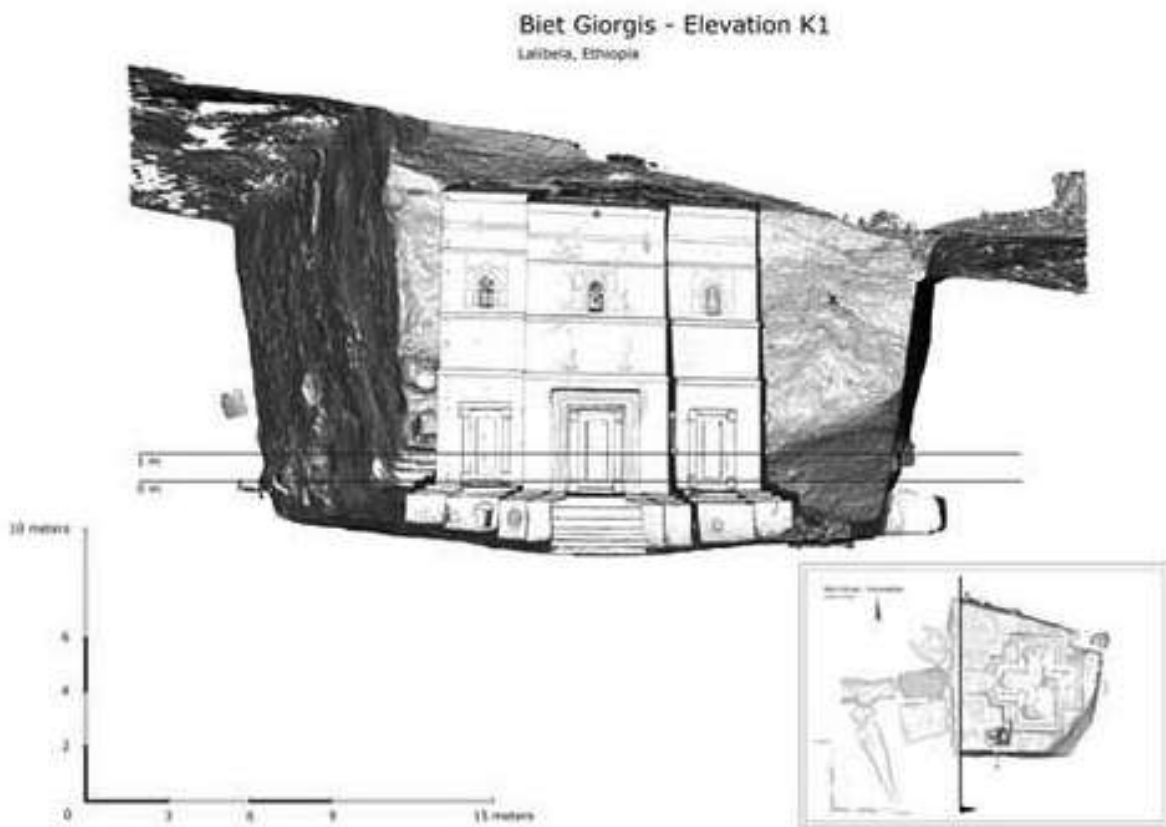


Fig. 3. Biet Ghiorgis Facade of the rock Church Biet Ghiorgis

The tasks of the project experiment in the city of Lalibela:

1. Create a precedent - a sample approach providing the solution of two tasks: 1) preservation in the authentic state of the object representing the valuable cultural heritage and 2) integration of the historical object with the new project.

2. To build an attractive tourist place.

3. Demonstrate the principle of clear distinction between old and new as a way to avoid historical forgery.

4. Balance or harmonize traditional environmental technologies in the new construction system.

5. Justify the protection of two key values: the aesthetic content of the monument and natural resources.

Ratification of the integral environment of the historical complex Lalibela. Rock and earthen architecture. Traditional technologies

- The value of the complex in Lalibela is the synthesis of architectural, historical, environmental and technological aspects. Rock churches, built by the method of sequential cutting of the object from the total massif of land, are supplemented by technologies for the construction of Hadish Adi settlement (Fig. 4), based on clay walls (earthen architecture) [4, 5].

Along with the preservation of unique rock churches, the overall goal of the experiment is to develop a complex project of a tourist zone, including a new hotel and the renovation of a traditional nearby settlement.

To solve this problem, researchers and designers face the problem of research and application of appropriate methods and techniques to improve the preservation of different types of not only rocky but also earthen architecture and the restoration of relevant objects.

The purpose of this cultural mission was to assess the opportunities that earthen architecture offers to improve the overall environment of a World Heritage Site. The objective of the first phase was, inter alia, to examine the potential of earthen architecture for effective conservation and urban management of the Lalibela World Heritage Site as an example. The Lalibela Rock-Hyun (Hewn) ensemble was registered based on the justification of criteria (i), (ii) and (iii). Criterion (iii) particularly refers to the traditional architecture of the site as providing a contextual basis for a World Heritage site. The WHC description and inventory in the nomination dossier clearly includes traditional buildings that are "aesthetically, technically or socially" represent

a valuable quarter for churches". Thus, without these buildings, the object would be incomplete.

Studies confirm that there are a number of problems, including the fact that the greatest threat to traditional architecture is development and demographic pressure. Economic conditions often force people to resort to construction methods other than traditional ones to meet their housing needs. The overpopulation of the Hadish Adi settlement in Lalibela, the emergence of alterations and new buildings make it difficult to assess the beauty of the settlement's holistic historical environment. In general, the study and the project provide sufficient evidence to assert that there is a continuous tradition in the clay architecture of

local buildings, which is constantly evolving in terms of methods and materials. The straw has been replaced by wavy iron sheets, and the stone structure and earth structure is complemented by a wooden supporting structure covered with earth.

Architectural concept of The Art Hotel (Rock Hyun Hotel) in Lalibela city

The project concept of a modern art-rock hotel (Fig. 5) is aimed at creating an environmentally sensitive architecture inspired by the expressive form, material and spatial organization of the historical complex "rock churches" in the city of Lalibela, as well as - the design of a building system



Fig. 4. Urban sprawl of Lalibela, viewed from the Sebat Woyra Hill



Fig. 5. General view of the Art Hotel (Rock Hyun Hotel) in Lalibela city

based on renewable energy sources. This project was thus conceived as an extension of the historical experience, not as a complement to completely new ideas. Most of the decisions made in the project are based on historical experience, including climate comfort issues.

The layout of the hotel maximizes the use of climate for comfort and offers intimacy and breathtaking views of the valley. The rooms are carved at the back of the hill and offer views to the west and north overlooking the road to Secota. The Cascade Trail links the common exterior spaces from which the hotel rooms are accessed. These areas can also be used as fireplace areas, places for communication and a view of the surrounding landscape. A large observation deck and a recreation area is created in the lower part of the site. Natural ventilation of the premises is provided during the day, while at night the thermal inertia of the stone walls radiates in a closed environment, which reduces the effect of chill due to altitude. This balanced state of the microclimate of the hotel premises is a direct borrowing not only from the historic churches of Lalibela, but also from most traditional African houses. The wet rooms of the hotel rooms are located at the corners to provide natural cross ventilation at any time, with bath, shower and toilet windows overlooking the northern and western landscape respectively. There is sufficient distance between hotel rooms to provide an independent view of the landscape, integrate vegetation and maintain privacy. However, the rooms are located close enough to maintain the atmosphere and image of a small traditional village. The internal components of the hotel blocks are arranged according to the topography in order to enhance the connection of each block with the view. This project may be viewed as a potentially developing system (Fig. 6) that can easily grow in the right direction forming an image and structure similar to a traditional village. Such "spontaneous development" honors the architectural solution of the Art Hotel from the generally accepted formal design of modern hotels.

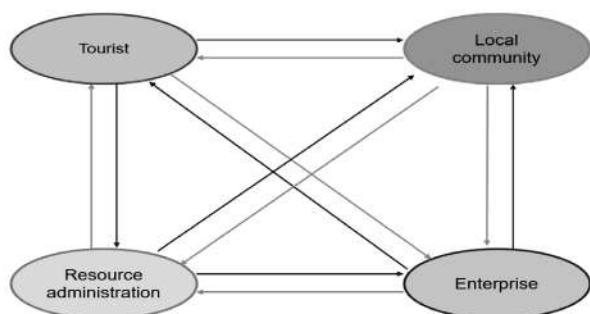


Fig. 6. Technological, environmental and organizational concepts of the project experiment and studies

General strategy of the project. Key findings

1. Rational use of natural material is the way to optimize construction technology at the modern stage of renovation of historical complexes and settlements. Natural stone is a traditional building material. In Ethiopian history, stone has been used as a building material from the earliest stages of civilization. Being a material of natural origin, the stone is available as blocks and can be cut to the required size and shape when used in construction.

2. The experiment of designing a modern art rock hotel is aimed at creating a modern and environmentally sensitive architecture inspired by the power of expression of historical rock churches in the city of Lalibela with the optimal use of renewable energy systems [6–8].

3. The layout maximizes the use of climate for comfort and offers intimacy and breathtaking views of the valley. Natural ventilation of the rooms is encouraged during the day, while the thermal inertia of the stone walls radiates in a closed environment at night to reduce the effect of chill due to altitude. This moderate quality of the room is a direct borrowing not only from the historic churches of Lalibela, but also from most traditional African houses.

4. The Art Hotel project is integrated into the overall world process aimed at finding ways to balance or harmonize environmental technologies.

5. The study and the project must first develop approaches that can demonstrate the relationship in economic, social and environmental dimensions between the four stakeholder groups, namely: - resource management, tourism, local community and businesses.

For this project to be successful, it is necessary to improve cooperation between the administration, local community, tourists and businesses.

Second, it is necessary to offer an optimized method of designing renewable energy technologies in construction, which is based on the traditional architectural design process consisting of architectural circuit design, energy design, construction design and performance evaluation.

Expectation results

1. Tactful and ecologically balanced development of the historical complex in Lalibela will contribute to the development of tourist infrastructure of the region.

2. The tourism successful in creating employment opportunities and brought economic benefits to local community.

3. The enterprise will have apposite effects on local community.

4. Environmentally responsible behavior can lead to the protection of heritage resources.

5. Using Solar reduces carbon emissions and protects the environment while helping the tourism move towards energy independence.

Recommendations

– Study the ecology of the site properly before embarking on building designs.

– Proper legislation that encourages green design methods should be enacted.

– Preserved the natural environmental as much as possible during construction

REFERENCES

1. Malakhov S.A. Repina, E.A. Historical environment experience as a megapolis regeneration strategy. IOP Conference Series: Material Science and Engineering, 2020, Vol. 775, no. 1, 012026.

2. *Vseobshchaya istoriya arhitektury: v 12 t. / pod red. N.V. Baranova* [General history of architecture: in 12 volumes / ed. N.V. Baranova]. Moscow, Literature for Construction Publ., 1966–1977.

3. Arhitektura Efiopii [Architecture of Ethiopia]. Available at: ru.qaz.wiki/wiki/Architecture_of_Ethiopia (Accessed 13 November 2020)

4. Asrata, Ayallewy. Geological and geotechnical proper-ties of the medieval rock hewn churches of Lalibela, NorthernEthiopia. J. Afr. Earth Sci., 2011, 59, pp. 61-73.

5. Delmonacog., Margottinic. Spizzichinod. Slope-Structure Stability Modeling for the Rock Hewn Church of BetAba Libanos in Lalibela (Ethiopia): Preliminary Results, 2005, Chapter 26.

6. Daminabo F F O. Zero Carbon Architecture and Renewable Energy Technologies; A Periscope. International Conference on Sustainable Energy Technologies, 2018.

7. Shmelev S E. Climate Change and Renewable Energy: How to Choose the Optimal Pool of Technologies. Ecological Economics. Springer Netherlands, 2012, pp. 133-153.

8. Chua K J, Yang W M, Wong T Z, et al. Integrating renewable energy technologies to support building trigeneration – A multi-criteria analysis. Renewable Energy, 2012, 41(2), pp. 358-367.

Об авторах:

МАЛАХОВ Сергей Алексеевич

профессор, доктор архитектуры,
заведующий кафедрой инновационного
проектирования
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: s_a_malahov@mail.ru

MALAKHOV Sergey A.

Doctor of Architecture, Professor, Head of the
Innovative Design Chair
Samara State Technical University
Academy of Achitecture and Civil Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: s_a_malahov@mail.ru

Мамо Калкидан Адиссу

магистрант
Эфиопия

MAMO Kalkidan Addisu

Designer, Master's Degree Student
Ethiopia

Для цитирования: Малахов С. А., Мамо Калкидан Аддису Историческое наследие как культурный ресурс. Интеграция нового объекта в структуру уникального архитектурного комплекса в городе Lalibela, Эфиопия. Технологические и экологические аспекты // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 100–107. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.13.

For citation: Mammo Kalkidan Addisu, Malakhov S.A. Historical heritage as a cultural resource. Integration of the new object into the structure of a unique architectural complex in Lalibela, Ethiopia. Technological and environmental aspects. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 100–107. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.13.

Н. А. ОРЛОВА
Д. Н. ОРЛОВ
А. А. ГАРШИНА

РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО КВАРТАЛА. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТЕКСТУАЛЬНОГО ПОДХОДА

REVITALIZATION OF THE HISTORICAL QUARTER.
EXPERIENCE IN APPLYING THE CONTEXTUAL APPROACH

Для самарской архитектуры нашего времени актуальность и приоритетность проблемы сохранения и развития исторического центра очевидны. Настоящее исследование находится на острие актуальной полемики по этому вопросу и дает свою версию решения проблем. Практическим значением исследования является новый артикулированный и визуализированный опыт реконструктивных действий в исторической среде. Предлагается методика градостроительного анализа участка с целью выявления резервов территории. Показаны приемы работы с архитектурной формой, необходимые для сохранения морфотипа старого города в условиях современного девелопмента. Сформулированы выводы и рекомендации на конкретном градостроительном материале.

Ключевые слова: реконструкция, реставрация, ревитализация, контекстуальный подход, историческая среда, морфотип

Исторический центр Самары в настоящее время характеризуется оттоком населения и снижением деловой активности. Значительная часть жилого фонда не приватизирована, земельные участки не размежеваны, не поставлены на кадастр, недвижимость принадлежит городу, население является квартиросъемщиком. В такой ситуации наблюдается затруднение по размещению предприятий малого бизнеса или инвестиции в жилую недвижимость. Эти территории не позволяют собирать достаточные налоговые поступления не только для развития, но и для поддержания минимального уровня благоустройства. Территории деградируют, хотя имеют потенциал туристической привлекательности и престижного района для жилья.

Существует противоречие между сложившимися практиками строительного бизнеса и осознаваемой обществом ценности исторической среды. Самарские девелоперы предпочитают воспроизводить привычный еще с советских времен морфотип спального района, строя в историческом городе точечные высотки.

For the Samara architecture of our time, the urgency and priority of the problem of preserving and developing the historical center is obvious. This study is at the forefront of the current controversy on this issue and gives its own version of the solution to the problems. The practical significance of the research is a new articulated and visualized experience of reconstructive actions in the historical environment. The method of urban planning analysis of the site in order to identify the reserves of the territory is proposed. Methods of working with the architectural form necessary for preserving the morphotype of the old city in the conditions of modern development are shown. Conclusions and recommendations based on specific urban planning material are formulated.

Keywords: reconstruction, restoration, revitalization, contextual approach, historical environment, morphotype

Историческая часть города Самары сформирована в основном во второй половине XIX – начале XX в. Это типичный российский провинциальный город с регулярными кварталами, периметральной или усадебной застройкой. Усадебная застройка представлена в основном деревянными жилыми домами, расположенными по красной линии, с садами и хозяйственными постройками в глубине двора. Периметральные кварталы образованы каменными или деревянно-каменными домами с дворами различной конфигурации – от усадебных до дворов-колодцев. В процессе освоения усадебная парцелляция постепенно уплотнялась, хозяйственные постройки постепенно заменялись капитальными строениями. Процесс уплотнения продолжался вплоть до 1917 г. Первые этажи в значительной степени были заняты общественными функциями. Для такого планировочного морфотипа с целью его сохранения и воспроизводства следует придерживаться застройки зданиями средней и малой этажности. Формируемая таким образом

городская среда стимулирует возникновение большого количества предприятий малого бизнеса, работающих в области торговли, услуг и общественного питания. Низкая стоимость входа в такой бизнес, возможность узкого таргетирования, высокая конкурентность и сменяемость способствуют развитию разнообразного спектра предложений, привлекающих как жителей города, так и туристов. Возникает именно то явление, которое принято называть «центром исторического города».

Тип застройки старой Самары в целом соответствует современным представлениям о постиндустриальном городе, за исключением значительного физического износа и недостаточно развитых инфраструктуры и уровня благоустройства. То есть можно говорить о чрезвычайно высоком потенциале старой Самары, обеспеченном растущим капиталом исторической подлинности. Историческая среда Самары определяет особенность и уникальность нашего города. На этой территории располагается большое количество памятников архитектуры и ценной фоновой застройки. Особой ценностью исторической среды Самары является сохранившаяся квартальная сетка, а также в значительной степени определяемая, несмотря на все перипетии с формами собственности, система парцелляции исторических кварталов. Таким образом, исторический центр Самары ценен не только отдельными памятниками архитектуры, но и сохранившейся целостной средой.

Помимо культурной ценности, исторический центр города – это потенциально самый востребованный район с экономической точки зрения. Ревитализация данных территорий безусловно увеличит привлекательность района как объекта для инвестирования, более эффективного, чем застройка городской периферии.

Определение наиболее эффективных и корректных с точки зрения сохранения и воспроизводства исторической среды методов и приемов ревитализации является чрезвычайно актуальной задачей как для архитектуры и урбанистики, так и в целом для всех институтов управления городом.

К настоящему моменту в мировой практике накопился достаточный опыт проектов, в том числе реализованных, по возвращению к жизни районов исторической застройки. Широко распространена практика продажи или аренды исторических зданий за символическую стоимость. Как пример можно привести томский проект «Дом за рубль» [1]. Другим примером с более комплексным подходом можно считать проект «Иркутская слобода». Несколько городских кварталов были восстановлены

и превращены в активно используемое городское пространство. Но в данном проекте не был соблюден баланс между коммерческой эффективностью и средовой корректностью решений. Была утрачена средовая градостроительная аутентичность застройки [2]. В этом смысле полной противоположностью иркутским кварталам выглядит нереализованный проект реконструкции 79 квартала в Самаре, который был задуман в качестве пилотного применения методики бесконфликтной реновации. Основанием для принятия решений в этом проекте в первую очередь были этические ценности – сохранение сложившихся сообществ, изучение и развитие локальных феноменов, попытка тонкого, легитимного вмешательства в существующую жизнь территории [3]. Другой широко освещавшийся проект развития исторической Самары – «5 Кварталов» [4]. В отличие от проекта 79 квартала он был основан не на этике и феноменологии, а на бизнес-планировании. При сходных целях по сохранению морфотипа старой Самары и его ревитализации эти проекты использовали разные инструментари, разные целеполагания и аксиологию. По стечению обстоятельств, а может быть и закономерно, оба проекта не были реализованы. В настоящее время в Самаре находится в активной стадии следующий проект, в какой-то степени преемник двух предыдущих. Это проект по наделению части города Самары статусом Исторического поселения. Особенностью данного проекта должен стать регламент, регулирующий вероятное развитие исторической застройки, стимулирующий ее к сохранению и воспроизводству морфотипа.

Существенным новшеством в подходах к проектированию городской среды стало активное внедрение опыта зарубежной урбанистики. Благодаря популизаторской деятельности Московского КБ «Стрелка», «Высшей школы урбанистики» и ряда других организаций-культуртрегеров были переведены и изданы работы по архитектуре и урбанистике, включая классические труды Джейн Джекобс, Анри Лефевра, Вукана Вучека, Альдо Росси и других современных авторов. «Новый урбанизм» стал заметным явлением как в российском архитектурном образовании, так и в практике ряда городов, особенно в Москве и Казани. Пока это влияние наиболее очевидно в проектировании общественных пространств и городском благоустройстве. Проекты по реновации существующей застройки пока затронуты этим влиянием только на уровне риторики и концептуального осознания задач и методов их решения.

Специфика нового подхода заключается в переносе акцента с архитектурной формы на

функциональное содержание. Городская среда рассматривается как совокупность пространственно локализованных активностей. Проектирование все чаще трактуется как программирование среды. Значительная часть каждого проекта посвящается социально-экономическому блоку вопросов с акцентом на фиксацию и изучение уже сложившихся социальных связей и их развитие. При этом сохранение исторического наследия перестает быть только эстетической проблемой. Архитектурная форма проходит своего рода «валоризацию» и «капитализацию». Таким образом, ранее не формализуемая и не измеримая категория «историческая ценность», относящаяся к области эстетики и этики, конвертируется в область экономическую, транслируется в язык, понятный управленцам и инвесторам. Гораздо проще объяснить необходимость сохранения покосившихся домиков, указав вероятный экономический эффект от повышения туристической привлекательности и роста арендной платы, чем взывая к совести, патриотизму и чувству прекрасного. Конечно, при этом чрезвычайно важно, чтобы и чувство прекрасного, и совесть сохранялись у проектировщиков, и экономическая обусловленная риторика их не вытеснила.

Необходимо сформулировать основные принципы работы с исторической застройкой. Они могут оказаться взаимно противоречащими и даже, на первый взгляд, взаимоисключающими. Но, по всей видимости, решение задачи находится именно в секторе, который удовлетворяет всем требованиям, каким бы узким ни оказался этот сектор. Перечислим эти требования:

1. Сохранение градостроительного морфотипа застройки – улично-дорожной сети, периметральность квартальной застройки, парцелляция, четкое деление на публичную улицу и приватные дворы.

2. Воспроизведение архитектурного морфотипа, включая масштаб, пропорциональный строй, ритмику, цветовые и фактурные характеристики.

3. Формирование стилистически новой застройки. При соблюдении п. 2 – отказ от цитирования, от имитации исторических стилей. Новая застройка не должна выглядеть исторической.

4. Первые этажи вдоль красных линий должны быть приспособлены для размещения общественных функций.

5. Пространство улицы должно формироваться с приоритетом пешеходного движения, но тем не менее проезжей.

6. Новая застройка должна максимально сохранять историческую. Критерием сохранности исторического здания, кроме статуса объек-

та культурного наследия (ОКН), должна быть степень фактического износа. Любые здания, пригодные для эксплуатации, должны быть сохранены и реконструированы – приспособлены к современному использованию. Сохранение массовой фоновой застройки, не обладающей статусами ОКН, необходимо для сохранения подлинности места.

Для проверки жизнеспособности предложенных параметров нами была проделана экспериментальная проектная работа. Квартал, относящийся по действующим правилам землепользования и застройки в основном к зоне Ж-3, – жилая застройка в зоне исторического центра (рис. 1, а). Мы взяли один из характерных городских кварталов без выдающихся памятников и с большим процентом утраченной исторической среды (рис. 1, б). Следуя заявленным выше принципам, в пределах эскизного архитектурного проекта было сформировано решение по уплотнению исторических кварталов и получены ориентировочные технико-экономические показатели, по которым можно судить о рентабельности такого проекта. Разумеется, пришлось вынести за скобки ключевой момент такого проекта – вопрос межевания и собственности. Мы предлагаем предположить, что в рамках многосторонней договоренности, компромиссов и компенсаций нам удалось согласовать позиции всех стейкхолдеров.

Рассматриваемая территория располагается в историческом центре Самары в Самарском районе и ограничена по периметру улицами Водников, Венцека, Алексея Толстого и Пионерской.

Первая застройка на участке появилась еще в период дорегулярной планировки. Нынешняя улица Водников была дорогой от Спаских ворот Самарской крепости к Волжской пристани. Дорога называлась Большой. С появлением регулярной планировки квартала между Большой дорогой, ставшей улицей Преображенской, и берегом Волги сохранили свою неправильную форму. Таким образом, улица стала началом регулярной сетки квартала. Каменная застройка появилась на рассматриваемой территории в первой четверти XIX в. Значительная часть исторической застройки в 21 квартале была утрачена еще в советское время, а в постсоветское разрушение исторической среды продолжилось (рис. 2).

Рассматриваемый квартал находится в 250 м от берега реки Волги и на перепаде Волжской террасы (рис. 1, в). Перепад по улицам Венцека и Пионерской – 10 и 14 м соответственно. Перепад внутри квартала резкий, оформлен подпорными стенами высотой до 2 м.



Рис. 1. Схема правового зонирования (а). Объекты культурного наследия и ценная фондовая застройка (б). Рельеф (в). Функциональный анализ территории (г)

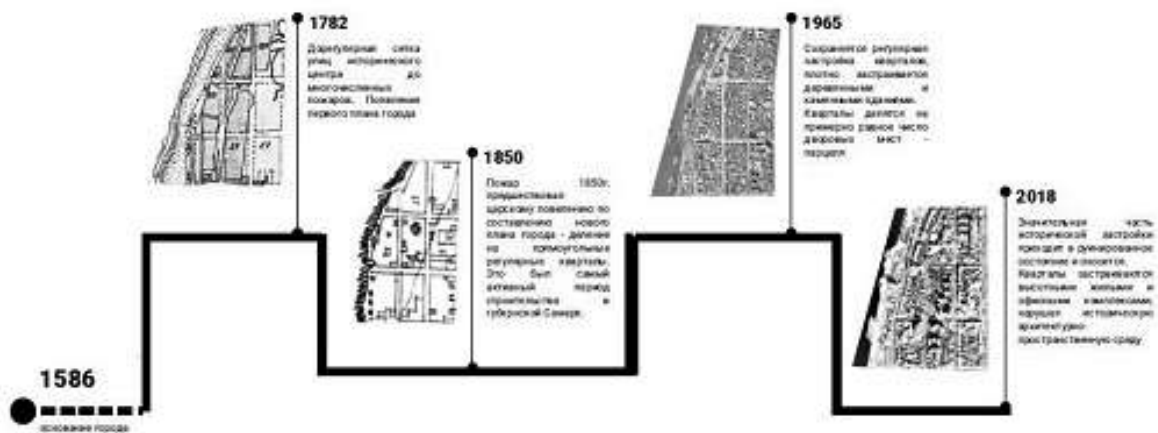


Рис. 2. Хронологическая диаграмма развития застройки квартала

На рассматриваемой территории в настоящее время функционирует 3 бизнес-центра, 3 гостиницы, 10 строительных компаний, 10 продуктовых магазинов, 4 парикмахерских / салонов красоты, 4 ТСЖ, 4 торговые фирмы, 3 стоматологические клиники, центр коррекции зрения, 2 частных детских сада, государственный детский сад, 4 кафе/рестораны, 3 туристических агентства, 3 частных образовательных учреждений (школа иностранных языков, кулинарная академия, школа моряков), 2 юридические компании, 2 частные медицинские клиники/кабинеты, пункт полиции, судоходная компания, прачечная, бизнес-центр, библиотека, транспортная компания, флористическая

мастерская, фотостудия, сырная лавка, танцевально-спортивная студия, квартирное бюро, охранный предприятие, детективное агентство, книжный дом, Речной вокзал г. Самары, культурный центр и медико-санитарная часть, ассоциация саморегулируемых организаций, мукомольный завод ООО «Саммук», производство продуктов мукомольной и крупяной промышленности, детская музыкальная школа №12, средняя общеобразовательная школа № 63, Самарский государственный социально-педагогический университет, Спортивно-образовательный комплекс (студия современного танца, Самарская школа Русской Культуры, центр развития рукопашного боя, Федерация руко-

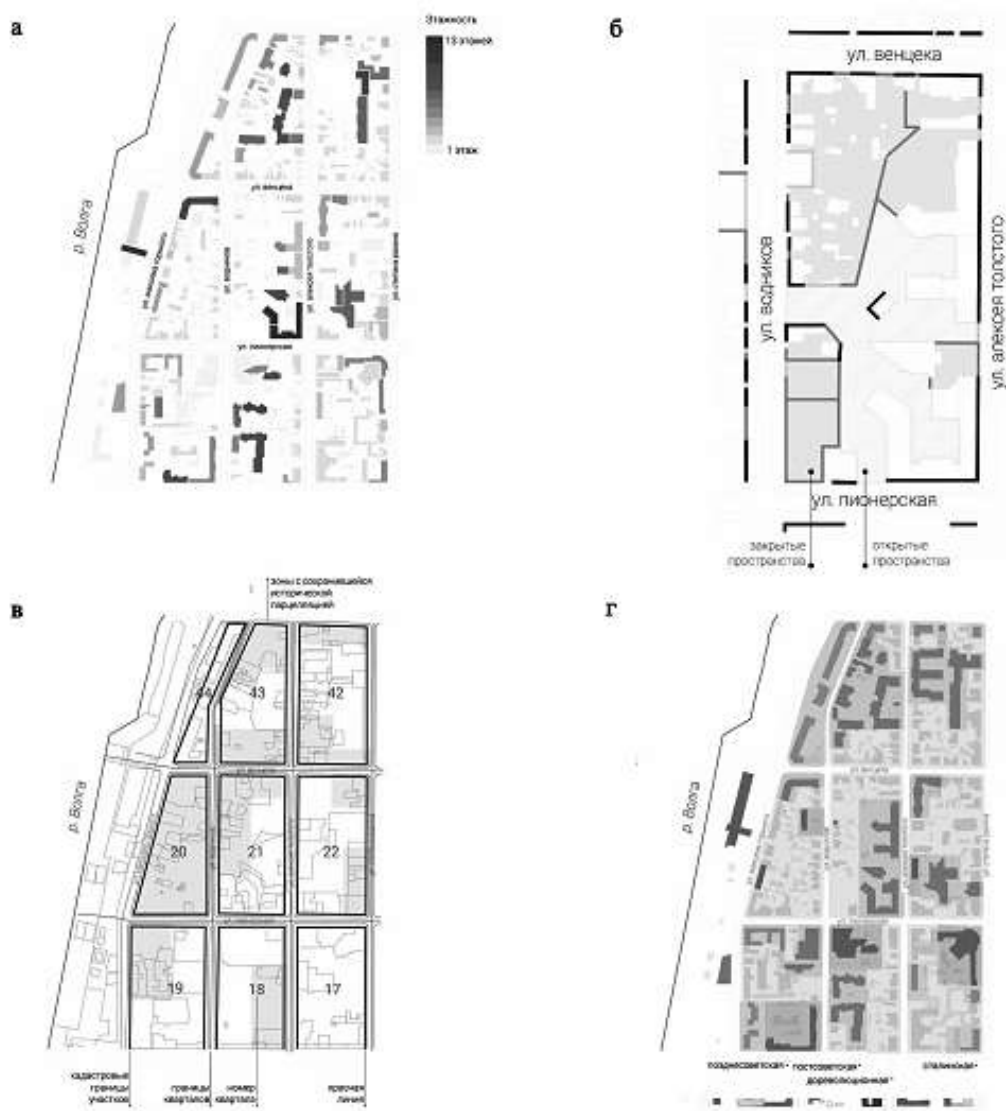


Рис. 3. Этажность (а). Открытость/закрытость дворовых территорий (б). Кадастровые границы участков (в). Периодизация застройки (г)

пашного боя Самарской области, школа боевых искусств, студия восточного танца), Учебно-методический центр по ГО и ЧС Самарской области, Самарское художественное училище им. К.С. Петрова-Водкина, Храм в честь Святого Вознесения Христова, православный храм, Самарская историческая Мечеть, мусульманская религиозная организация, клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Альфа-Вет, ветеринарная клиника, жилье от 1 до 13 этажей (рис. 4).

Предполагается новое строительство на площадке, расположенной на пересечении улиц Венцека и Пионерской, а также по адресу ул. Водников, 99 предполагается строительство

жилых домов. Ведется реставрация трех объектов культурного наследия (рис. 1, г).

Для застройки по улицам Водников и Венцека характерна малоэтажная (один-два этажа) застройка (рис. 3, а), неплотный фронт улицы (рис. 3, б), деление квартала на дворы-парцеллы (рис. 3, в). На этих улицах не наблюдается единой линии карниза в оформлении фасадов зданий. Противоположная сторона квартала по ул. Алексея Толстого характеризуется плотной 6–12-этажной современной жилой застройкой; историческая парцелляция и градостроительный морфотип – квартальная застройка, замкнутые дворы утрачены (рис. 3, г).

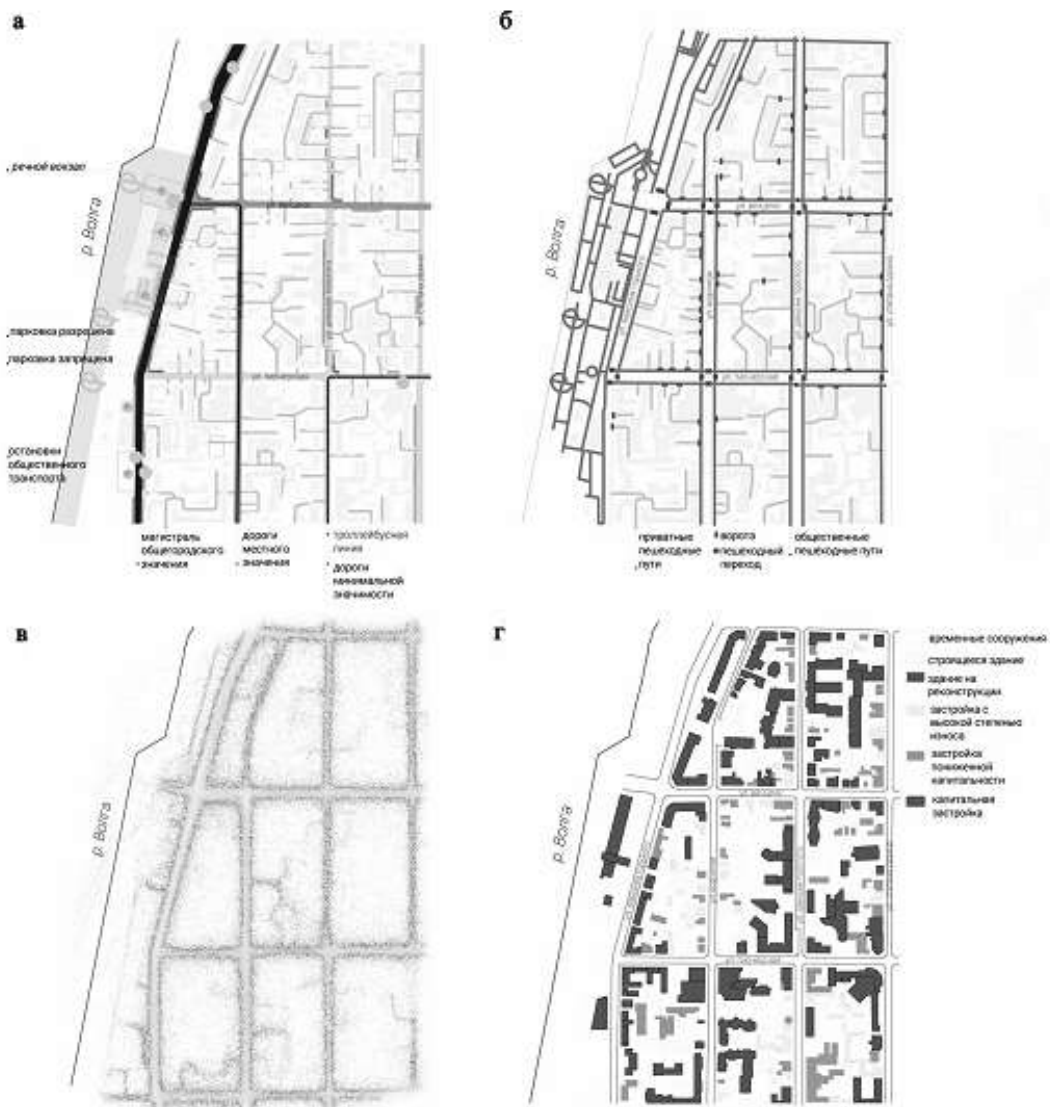


Рис. 4. Транспортная ситуация (а). Пешеходная ситуация (б). Пешеходный трафик (в). Капитальность/некапитальность зданий и степень их износа (г)

В качестве основной предпосылки успешности предпринятого проекта следует выделить географическое расположение 21 квартала. Он находится в непосредственной близости от наиболее насыщенных исторических улиц города, (улицы Ленинградская, Куйбышева, площади Революции и Чапаева, набережная реки Волги и Струковский Сад, Речной вокзал), что дает возможность включать рассматриваемый участок в большинство туристических пеших маршрутов. В то же время близость к р. Волге, разнообразным центрам обслуживания, удобная транспортная и пешеходная доступность (рис. 4, а–в), но при этом отсутствие шумных магистралей делают этот квартал чрезвычайно востребованным в качестве места проживания повышенной комфортности. Как видно, эти два потенциала взаимоисключающие. Размещение на участке большого количества жилья (рис. 5) не позволит использовать туристический потенциал этого места, равно как полная реализация туристического потенциала снизит востребованность жилья на этой территории. Разрешение конфликта стало одним из существенных элементов нашей проектной работы.

Как было сказано выше, в рамках эксперимента мы предположили, что нам удалось, создав гибкую систему взаимных компенсаций, разрешить противоречия между собственниками земельных участков и существующей недвижимостью. Конечно в реальном проектировании такое за скобки не вынесешь, и эта работа была бы основной и самой сложной частью проекта. Также мы не рассматриваем в контексте этой статьи решение по инженерным сетям, кото-

рое будет учтено в качестве условного удорожающего коэффициента при подсчете срока окупаемости проекта.

Сохранившаяся историческая часть квартала обладает пространственными резервами. Это пустующие участки и участки, занятые временными некапитальными сооружениями. Часть квартала, не затронутая современным строительством, составляет 2,33 га (общая площадь квартала 3,85 га).

Определив визуальную степень износа существующей застройки (рис. 4, г) и ее градостроительные ценности, мы сформировали границы потенциальной новой застройки и возможные объекты для расширения и реконструкции (рис. 6). Для определения возможной этажности объектов был применен метод композиционной согласованности [5] или, говоря иначе, контекстуальный подход. Он был применен в максимально жестком режиме, без использования более лояльных ограничений действующего ПЗЗ, т. е. на каждом участке предлагалась застройка, композиционно идеально сочетающаяся с существующими зданиями (рис. 7).

Таким образом, с соблюдением действующих градостроительных нормативов и комплекса композиционно обусловленных самоограничений удалось разместить на рассматриваемом участке следующие объекты недвижимости: объекты нового строительства – 4870 м² жилых площадей, 2380 м² коммерческих площадей, в реконструированном фонде 3660 м² жилья, 2110 м² коммерческих площадей (рис. 8–10).

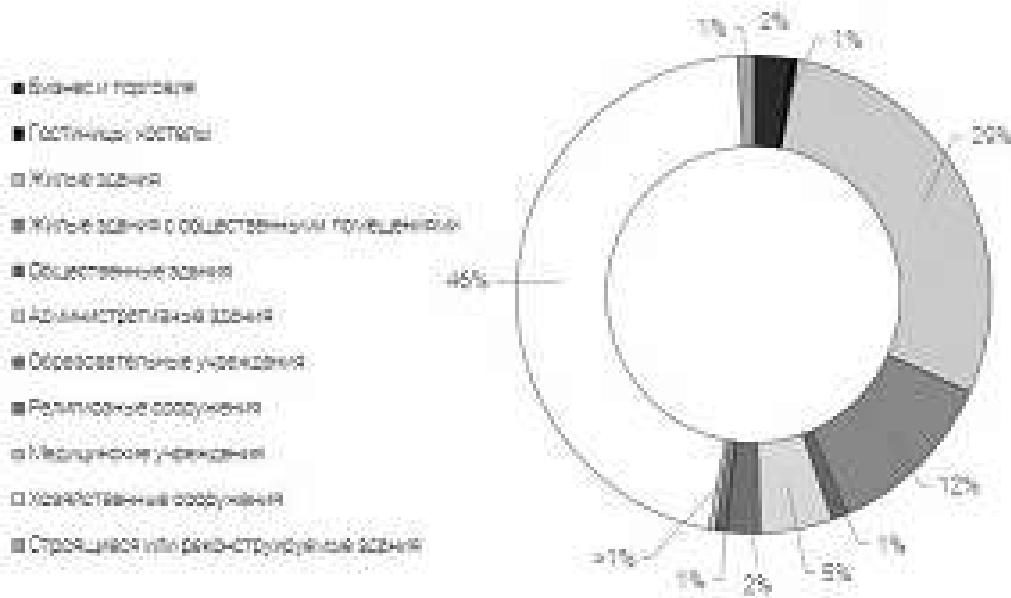


Рис. 5. Процентное соотношение объектов по функциям



Рис. 6. Опорный план

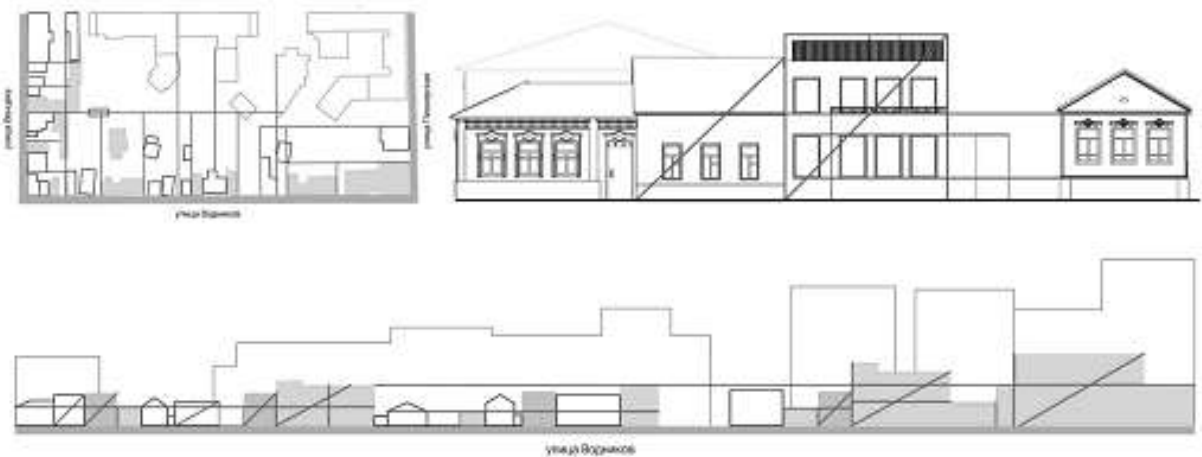


Рис. 7. Композиционный анализ проектируемой территории

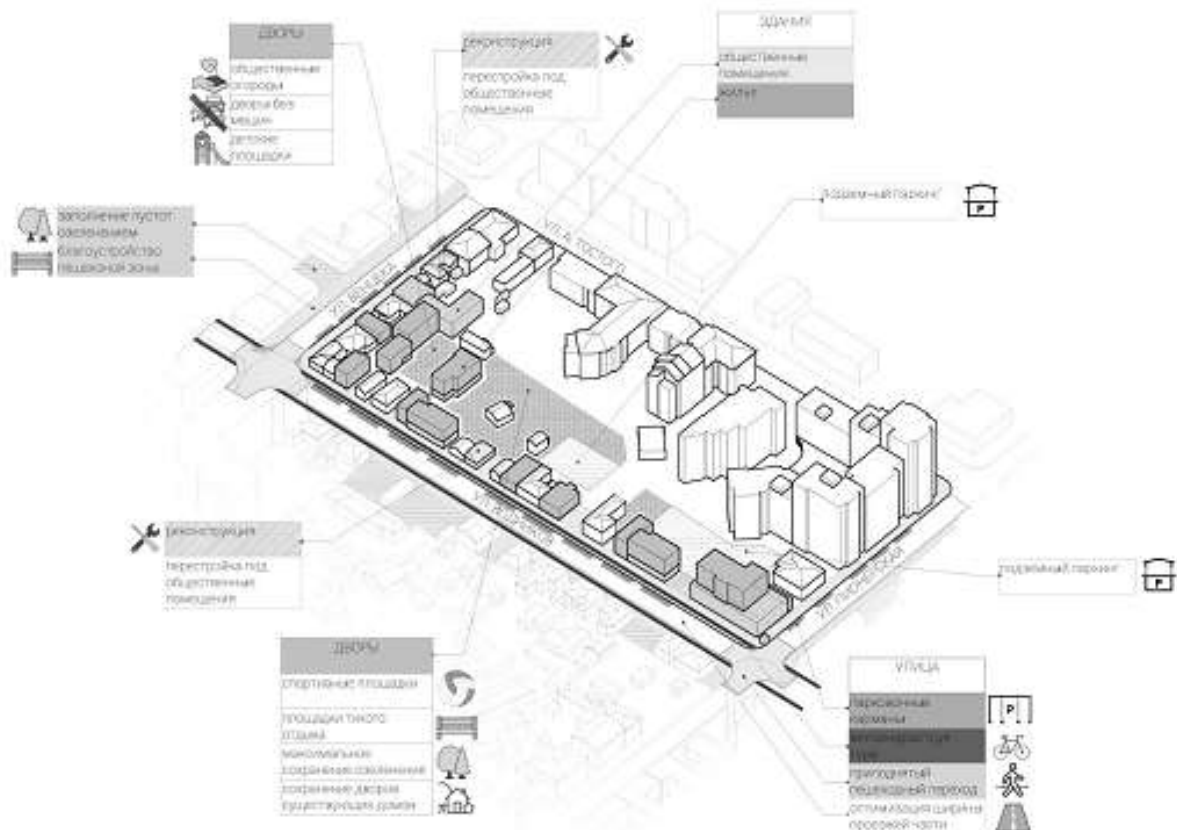


Рис. 8. Программа реновации рассматриваемой территории



Рис. 9. Фрагмент проектных предложений по реконструкции квартала № 21 в Самаре

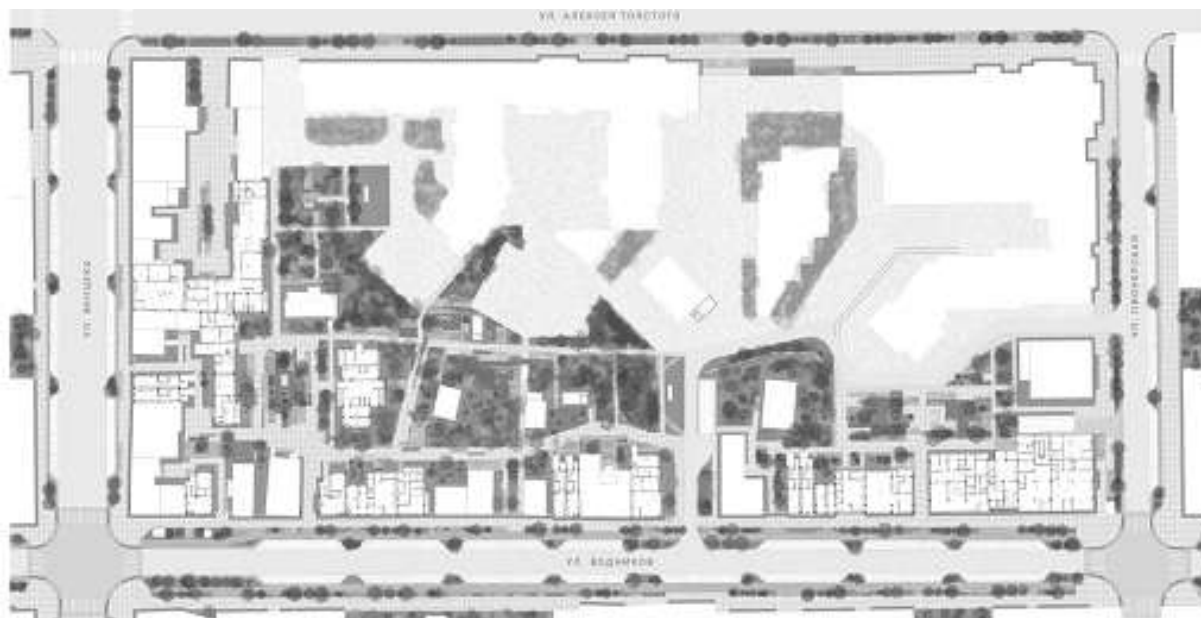


Рис. 10. Генплан в границах ул. Венцека, Пионерской, Водников, А. Толстого в Самаре

Выводы. Исходя из технико-экономических показателей можно заключить, что в коммерческом плане в режиме прямой продажи подобное строительство будет значительно уступать по коммерческой выгоде существующей практике застройки высотными зданиями. В то же время в связи с невысокой степенью затрат проект будет окупаемым. Речь идет об упущенной выгоде, когда мы говорим, что высотное строительство выгоднее. Однако с учетом рынка коммерческих площадей можно говорить о снятии этой проблемы. Ориентировочный срок окупаемости такого проекта в качестве доходной недвижимости, т. е. источника ренты, оценивается нами в диапазоне 10–15 лет. Иными словами, по истечении этого срока данная недвижимость становится прибыльной. Причем такой проект не имеет горизонта завершения. Если при разовой продаже сумма доходов фиксирована и одномоментна, то доходная недвижимость будет приносить прибыль снова и снова. Препятствием для таких проектов безусловно является рискованность долгосрочных вложений в нашей стране. Это заставляет идти большинство девелопментов на модель прямой продажи с коротким сроком окупаемости. В ситуации, когда очевидно, что такого рода проекты могли бы иметь ценность для города в целом, в том числе приносить не прямые доходы для третьих лиц, например туристических компаний, объектов торговли и услуг, возможна специальная договоренность по коопе-

рации выгоды приобретателей в этом проекте. Очевидная направленность такого рода проектов на устойчивое развитие территорий, сохранение и накопление общегородских ценностей и учет интересов будущих поколений говорят о необходимости государственной поддержки таких начинаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Томский муниципальный проект «Дом за рубль» [Электронный ресурс]. Томск: Официальный портал МО «ГОРОД ТОМС». Режим доступа: <https://admin.tomsk.ru/pgs/c2/>, свободный (дата обращения: 10.05.2020).
2. Иркутск: город, спасший деревянную архитектуру [Электронный ресурс]. LIVEJOURNAL. Режим доступа: <https://varlamov.ru/3677834.html>, свободный (дата обращения: 10.05.2020)
3. Проект планировки квартала №79 в Самаре [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.robotarchitects.ru/projects/stadnikov/1312/>, свободный (дата обращения: 10.05.2020)
4. Пять кварталов Самары открыты для инвесторов [Электронный ресурс] – 63.ru Режим доступа: <https://rs63.ru/rs-invest/662257/>, свободный (дата обращения: 10.05.2020)
5. Орлов Д.Н., Орлова Н.А. Введение в контекстуальное проектирование. Метод композиционной согласованности при реконструкции и реставрации архитектурного наследия. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. 140 с.

REFERENCES

1. *Tomskiy munitsipal'nyy proekt «Dom za rubl'»* (Tomsk municipal project «House for a ruble») Available at: <https://admin.tomsk.ru/pgs/c2j> (accessed 10 May 2020).

2. *Irkutsk: gorod, spasshiy derevyannuyu arkhitekturu* (Irkutsk: the city that saved wooden architecture) Available at: <https://varlamov.ru/3677834.html> (accessed 10 May 2020).

3. *Proekt planirovki kvartala №79 v Samare* (Project of planning of the quarter No. 79 in Samara) Available at: <http://www.robotarchitects.ru/projects/stadnikov/1312/> (accessed 10 May 2020).

4. *Pyat' kvartalov Samary otkryty dlya investorov* (Five blocks of Samara are open to investors) Available at: <https://rs63.ru/rs-invest/662257/> (accessed 10 May 2020).

5. Orlova N.A., Orlov D.N. *Vvedenie v kontekstual'noe proektirovanie. Metod kompozitsionnoy soglasovannosti pri rekonstruktsii i restavratsii arkhitekturnogo naslediya* [Introduction to contextual design. Method of compositional consistency in the reconstruction and restoration of architectural heritage]. Samara, Samara state technical University, 2020. 140p.

Об авторах:

ОРЛОВА Наталья Александровна

старший преподаватель кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: pochto@yandex.ru

ORLOVA Natalia A.

Senior lecturer of the Reconstruction and restoration of architectural heritage Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: pochto@yandex.ru

ОРЛОВ Дмитрий Николаевич

старший преподаватель кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: pochto@yandex.ru

ORLOV Dmitry N.

Senior lecturer of the Reconstruction and restoration of architectural heritage Chaire Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: pochto@yandex.ru

ГАРШИНА Анастасия Александровна

бакалавр архитектуры, архитектор E-mail: gars.nastya@ya.ru

GARSHINA Anastasia A.

Bachelor of architecture E-mail: gars.nastya@ya.ru

Для цитирования: Орлова Н.А., Орлов Д.Н., Гаршина А.А. Ревитализация исторического квартала. Опыт применения контекстуального подхода // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 108–118. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.14.

For citation: Orlova N.A., Orlov D.N., Garshina A.A. Revitalization of the Historical Quarter. Experience of the Contextual Approach Application. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 108–118. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.14.

В. Д. ФИЛИППОВ

ИРВИНГ ДЖОН ГИЛЛ: РОЖДЕНИЕ АМЕРИКАНСКОГО МОДЕРНИЗМА

IRVING JOHN GILL: THE BIRTH OF AMERICAN MODERNISM

Изложена история жизни и первых этапов творчества американского архитектора Ирвинга Джона Гилла, приведших к возникновению архитектуры модернизма «на самом краю Америки», в Южной Калифорнии. Подробно описаны влияния, которые в своём творчестве испытал архитектор и которые в своей совокупности привели его к созданию принципов новой архитектуры и нового стиля. Подчёркнуто влияние на их формирование чикагской школы, в частности его работы в мастерской у Адлера и Салливана, и теоретических идей Луиса Салливана. Сравниваются принципы архитектуры Гилла с появившимися десять лет спустя принципами архитектуры европейского модернизма, изложенными Вальтером Гропиусом.

Ключевые слова: ранний модернизм, Южная Калифорния, Ирвинг Джон Гилл, чикагская школа, Луис Салливан, дом Чарнли, дом Аллена, новая архитектура, Вальтер Гропиус

«Я помню Ирвинга Гилла из Калифорнии. ... его индивидуальный характер проявился в хорошей работе, которую он проделал позже в Сан-Диего и Лос-Анджелесе. Его работа была своего рода упрощением, которое в сочетании с тонким чувством меры было бы – я думаю, что так и было – реальным вкладом в наше ... современное движение» [1].

Фрэнк Ллойд Райт

Введение

В каталоге выставки «Современная архитектура: международная выставка», проходившей в Нью-Йорке с 10 февраля по 23 марта 1932 г. и давшей всему миру название «интернациональный стиль», в обзоре современной архитектуры по странам мира её организаторы Генри-Рассел Хичкок младший и Филип Джонсон модернизму США дали такую характеристику: «В Америке есть Фрэнк Ллойд Райт, который стоит особняком. Такие люди, как Барри Бирн, Чейз Макартур и сын Райта Ллойд Райт, которые следуют самым прямым путем по его стопам, являются не более достойными образцами модернизма, чем архитекторы Востока. Последние заимствовали уловки дизайна и орнамента Парижской экспозиции 1925 года, не имея реального

The story of the life and the first stages of the work of the American architect Irving John Gill, which led to the emergence of modernist architecture “on the very edge of America,” in Southern California, is presented. The author describes in detail the influences that the architect experienced in his work and which, in their totality, led him to the creation of the principles of new architecture and new style. The influence on their formation of the Chicago school is emphasized, in particular his work in the workshop with Adler and Sullivan, and the theoretical ideas of Louis Sullivan. The principles of Gill’s architecture are compared with the principles of the architecture of European modernism that appeared ten years later, as set forth by Walter Gropius.

Keywords: early modernism, Southern California, Irving John Gill, Chicago School, Louis Sullivan, Charney House, Allen House, New Architecture, Walter Gropius

представления о том, какой может быть современная архитектура» [2].

Возможно, на то время оценка была справедливой, но за два десятилетия до этой выставки в одном американском штате появились дома, которые уже давали реальное представление о современной архитектуре, которая была на ней представлена (рис. 1). В Калифорнии тогда работал архитектор Ирвинг Джон Гилл. Нельзя сказать, что в России не слышали о нём. Так, в т. 10 Всеобщей истории архитектуры (1972 г.) он упомянут как отражение работ других хрестоматийных архитекторов, т. е. указывая на некую его вторичность: «Деятельность Салливана и Райта нашла отражение в творчестве одного из выдающихся архитекторов Калифорнии, работавшего в течение двух лет у Адлера и Салливана, — Ирвинга Джилла (1870—1936), произведения которого поражают близостью к архитектуре Европы, непосредственно предшествовавшей функционализму 20-х годов» [4]. В чём его вторичность, далее не поясняется, а следует абзац не совсем точных, очень коротких тезисов посвящённой ему главы книги «Пять архитекторов Калифорнии» Эстер Маккой [5], заново открывшей Гилла в 1960 г., и ошибочная подпись к единственной фотографии. Ниже будет показана самобыт-

ность творчества Гилла, её истоки, отсутствие какой-либо связи с творчеством Райта и то, как, опираясь на идеи Салливана, он стал задолго до классиков модернизма первым модернистом в истории мировой архитектуры.

Начало и работа в Чикаго

Ирвинг Джон (друзья его звали Джек (Jack) Гилл (Irving John Gill) родился 26 апреля 1870 г. в маленьком городе Тулли, штат Нью-Йорк, в 20 милях к югу от г. Сиракузы, в семье фермера, а также плотника и строительного подрядчика. Образование получил в Сиракузах в школе на Мэдисон-стрит, но в колледж поступать не стал. В городском справочнике Сиракуз за 1887–1888 гг. указано, что после школы он работал садовником, а в 1889–1890 гг. уже «мастером» в бюро архитектора Эллиса Г. Холла [6]. Холл в 1875–1885 гг. в Сиракузах был партнёром Джозефа Силсби, который в 1886 г. переехал

в Чикаго и открыл там мастерскую. Поэтому, когда Гилл в 1890 г. захотел перебраться на Запад, Холл вероятно, составил ему протекцию. Практику в мастерской Силсби прошли такие архитекторы школы прерий, как Джордж Махер (1887 г.), Фрэнк Ллойд Райт и Джордж Эмсли (оба 1887–1888 гг.). В 1890–1891 гг. эту практику прошёл Гилл и так же, как Райт и Эмсли, но в 1891 г., пришёл после неё работать в мастерскую Данкмара Адлера и Луиса Салливана.

Под непосредственным началом Райта и Эмсли он участвовал в проектировании Транспортного здания Всемирной Колумбийской выставки 1893 г. в Чикаго (рис. 2). Это разноцветное здание противоречило всем строениям экспозиции, спроектированным под общим руководством Даниеля Бёрнема в духе подражания итальянскому возрождению и выкрашенным в белый цвет, отчего вся застройка получила название «Белый город». Это стало примером ре-



Рис. 1. Дом Генри Тимкена м.л., Сан-Диего, Калифорния (арх. Ирвинг Джон Гилл, 1911) [3]



Рис. 2. Транспортное здание Всемирной Колумбийской выставки 1893 г. (арх. Д. Адлер и Л. Салливан)

лизации ставшей затем модной концепции «Города прекрасного» (City Beautiful) с планировкой на манер Парижа времён графа Османа и заслужило такую оценку Салливана: «Ущерб, нанесенный Всемирной выставкой, будет длиться полвека со дня ее проведения, если не дольше. Он глубоко проник в конституцию американского мышления, вызвав там поражения, характерные для слабоумия» [7]. На выставке чикагская школа разошлась в двух разных направлениях: вслед за Бёрнемом к «Городу прекрасному» и вслед за Салливаном к самобытной архитектуре, из которой вскоре возникла «школа прерий».

Транспортное здание, единственное из построек выставки, получило международное признание: Центральный Союз декоративных искусств (Union Centrale des Arts Decoratifs) в Париже в 1894 г. наградил его тремя медалями [7]. Тем не менее 1893 г. сложился для Адлера и Салливана очень тяжело из-за развернувшегося в стране финансового кризиса. В июле за «подпольное» проектирование, ради дополнительного заработка во время работы в мастерской, был уволен Райт – он признался в авторстве 9 зданий. Есть данные о том, что по крайней мере один дом в Чикаго Гилл спроектировал таким же образом [8]. В 1893 г. он ушёл из мастерской. Во многих источниках [5, 6] его уход связывают с болезнью. Причина могла быть и в этом, но также являться следствием конфликта с Райтом: «Я заметил, что он перенял мою привычку к причёске и развешивающемуся черному галстуку, ... история внезапно показалась мне похожей на карикатуру. Я посмотрел на него и сказал: «Ради всего святого, Гилл, постригись». ... Увещевание, которому я сам подвергался почти в каждой провинции Соединенных Штатов, для него было неприятным. Гилл был индивидуалистом, как и я, и он тут же ушел» [1]. В этом же году Гилл покинул не только мастерскую Адлера и Салливана, но и Чикаго – и уехал на окраину страны, в Южную Калифорнию.

Сан-Диего, Калифорния

Население Сан-Диего в 1870 г., когда тут началась «золотая лихорадка», составляло 2300 человек, но к 1876 г. многие шахты закрылись [9], и к 1880 г. оно почти не выросло, составив 2637 человек. Строительство железной дороги и прибывший в 1885 г. в Сан-Диего первый прямой поезд из Чикаго привели к его взрывному росту – в 1887 г. население города составило около 40000 человек. Однако уже в 1888 г. начался его спад, в 1890 г. население Сан-Диего сократилось до 16159 человек [10]. В такой город, к тому же как и вся страна находившийся в финансовом кризисе, в 1893 г. и прибыл Ирвинг Джон Гилл. Впоследствии он так описал здешние методы строительства:

«К сожалению, Запад строил и строит слишком поспешно, небрежно и бездумно. Дома растут быстрее, чем грибы. ... Люди выливаются сюда, как на гребне наводнения, и остаются там, где их осаждает случай, когда стихает вода, создавая временные хижины там, где они живут в течение короткого периода времени, в поисках более постоянной стоянки. Поверхность земли едва вскрывается, в некоторых случаях на несколько дюймов глубиной, достаточно лишь для того, чтобы позволить строителям найти уровень, и дом поднимается с небольшим количеством мыслей о красоте и безмысли о постоянстве, спешка является главной характеристикой. Семья искателей здоровья или удачи, которая приезжает сюда, как правило, ожидает разбить лагерь в этих бедных лачугах в течение краткого времени, планируя сбить нехитрое дело другому нетерпеливому новичку» [11].

В таких условиях среди заказчиков ему приходилось искать ценителей не какой-то прогрессивной архитектуры, а того, что вообще можно было назвать архитектурой. Как вспоминал племянник Ирвинга, Луис Гилл, один из заказчиков, банкир Луис Уайльд, как-то сказал дяде: «Сделай мне это, а я тебе скажу, где мне



Рис. 3. Нормальная школа (1903), арх. Хеббард и Гилл; электрический фонтан (1909), арх. Ирвинг Дж. Гилл

нужны двери и окна» [5]. Так как идеи «Города прекрасного» уже овладели высшим обществом Южной Калифорнии, первое большое здание Гилла (вместе с Уильямом Хеббардом), Нормальная школа, построенное в 1897–1903 гг., было в этом духе, являясь копией Дворца изящных искусств Бёрнема и Этвуда на Колумбийской выставке [12]. Таким же был электрический фонтан, являвшийся подобием монумента Лисикрата и построенный позже, когда Гилл уже начал находить свой стиль – его заказчиком был упомянутый мистер Уайльд (рис. 3). Для него же, любившего проверенные решения, в 1904 г. Гилл построил театр Пиквик – копию входа в Транспортное здание Адлера и Салливана, втиснув её во фронт длиной 40 футов [5] (рис. 4).

В 1894 г. Гилл начал сотрудничество с местным архитектором Джозефом Фалькенханом [12], который до Сан-Диего работал штукатуром в Питтсбурге и плотником в Денвере. Сотрудничество было недолгим, так как Фалькенхан в 1895 г. покинул Сан-Диего, и его результатом стал дом майора Майлза Мойлана (1894 г.) в стиле королевы Анны (рис. 4). До этого, в 1893 г., Гилл построил в таком стиле свой первый в Сан-Диего дом Шайлера, а затем дом

Кендалла в стиле бунгало. Позже, в 1895 г., – дом Гарретсона в гонтовом стиле (Shingle style) и аскетичный снаружи, но с окном в крыше на кухне внутри, дом Хортон. В 1896 г. было построено самое необычное здание – Музыкальный зал Гренжера (Granger Music Hall) для концертов и коллекции редких скрипок, с органом и отменной акустикой [14] (рис. 5).

Хеббард и Гилл

Более плодотворным оказалось партнёрство Гилла с Уильямом Хеббардом (William Sterling Hebbard, 1863–1930), начавшееся в 1896 г. У Хеббарда, в отличие от Гилла, было архитектурное образование, полученное в 1887 г. в Корнельском университете. Он после учёбы отправился в Чикаго, где прошёл чикагскую школу архитектуры в 1887–1888 гг. в мастерской Бёрнема и Рута, которые, пока Джон Рут был жив (умер от пневмонии в 1891 г.), не «осваивали классику», а с Адлером и Салливаном создавали новую архитектуру.

Хеббард участвовал в создании Рукери, здания, которое является одним из шедевров этой мастерской и всей чикагской школы. На Запад, в Лос-Анджелес, он переехал в 1888 г., где работал у Керлетта, Эйзена и Катбертсона, проекти-



Рис. 4. «Золотые двери» Транспортного здания Всемирной Колумбийской выставки 1893 г. (арх. Д. Адлер и Л. Салливан), театр Пиквик, 1904 г. (арх. Ирвинг Дж. Гилл), дом Мойлана, 1894 г. (арх. Фалькенхан и Гилл)



Рис. 5. Дом Гарретсона, дом Хортон (1895 г.) и Музыкальный Зал Гренжера (1896 г.), арх. Ирвинг Дж. Гилл

ровавших здание Верховного суда Лос-Анджелеса в стиле Ричардсона (рис. 6). Катбертсон интересовался миссионерской архитектурой и часто ездил в полуразрушенные миссии, делая там зарисовки. Этот интерес он смог передать Хеббарду [15], который, похоже, передал его Гиллу, и эта архитектура стала одним из источников его вдохновения. В Сан-Диего Хеббард перебрался в 1889 г., так как в это время получил заказ на проект машинной станции канатного трамвая [14], который был введён в эксплуатацию 7 июня 1890 г. По окончании строительства он открыл свою мастерскую. Его работа привлекла внимание и привела к заказам от состоятельных жителей Сан-Диего – построенные им жилые дома, как правило, были в гонтовом стиле.

В марте 1891 г. он стал представителем архитектурной и инженерной компании братьев Рид (Reid & Reid), которая к тому времени уже построила в Сан-Диего гранд-отель «Коронадо» на 399 мест и вела в городе строительство жилых и общественных зданий. В мае, когда компания решила перебраться из Сан-Диего в Сан-Франциско, Хеббард унаследовал все её дела, включая достройку нескольких жилых домов и оперного театра, на которых он сосредоточил внимание. Несмотря на начавшийся

в 1893 г. кризис, он продолжил строить жилые, общественные здания (рис. 7) и церковь, а в 1894 г. были возведены 10 домов для состоятельных горожан и вторая церковь [15], доставшаяся в наследство от братьев Рид. Когда в 1896 г. началось его сотрудничество с Гиллом, он был в Сан-Диего уже признанным мастером и крепко стоял на ногах.

Соединение академической основательности Хеббарда с чутьём и практичностью Гилла дало недостающее им обоим. Первой их работой стали бани неподалёку от машинной станции трамвая – для использования горячей воды от его паровой машины. В построенном в 1897 г. комплексе в испано-мавританском стиле, получившем пафосное название «Los Banos», угадывались черты стиля испанских миссий от Хеббарда и Транспортного здания Адлера и Салливана от Гилла [14] (рис. 8). Во втором совместном проекте, также начатом в 1897 г., упомянутой Нормальной школы (см. рис. 3), влияние Хеббарда было несомненным, ведь был скопирован проект одного из его учителей. Возможно, это было связано с тем, что на здание школы объявили конкурс, в котором участвовали 7 архитектурных мастерских из Сан-Диего, Лос-Анджелеса и даже из Техаса [14], а предложение построить в городе такое



Рис. 6. Уильям Хеббард [15], здание «Рукери», Чикаго, 1888 г. (арх. Д. Бёрнем и Дж. Рут) и Верховный суд Калифорнии, округ Лос-Анджелес, здание № 3, 1891 г. (арх. У. Керлетт, Т. Эйзен и У. Катбертсон)



Рис. 7. Дом Дэвида Дэйра (1890), ратуша г. Рамоны (1893) и здание Гранта (1895), арх. Уильям Хеббард

же здание, как то, что всеми было признано эталоном, гарантировало победу. Может поэтому, к окончанию совместной копии Дворца изящных искусств, Гилл построил копию «Золотых дверей» Транспортного здания (см. рис. 4) – у них были как совместные, так и самостоятельные проекты. В 1900 г. они занимались проектом консервации францисканской миссии Сан-Диего де Алькала, с которой когда-то начинался город Сан-Диего [6]. Видимо, после встреч в отеле «Коронадо» с жителями Новой Англии Гилл в 1902 и 1905 г. построил пять жилых резиденций в штате Род-Айленд и одну в 1905 г. в штате Мэн. Здесь произошло знакомство с семьёй Фредерика Лоу Олмстеда – братом Альбертом, сыновьями Джоном, Фредериком Лоу младшим и дочерью Мэрион.

В 1902 г. он построил в Ньюпорте дом для Альберта и в 1905 г. – на полуострове Чепиваноксет в районе города Уорик дом для Джона, основавшего в 1898 г. с братом фирму «Братья Олмстед», с делом отца в ландшафтной архитектуре и возглавлявшего её до своей смерти в 1920 г. Отсюда началось многолетнее сотрудничество Гилла с братьями Олмстед. Если дом Аль-

берта (рис. 9) и дом Сары Биркхед в Портсмуте (заказ на который Гилл получил, вероятно, уже по прибытии в Род Айленд) были построены в традиционном для Востока гонтовом стиле, то дом в Ньюпорте для Элен Мейсон, познакомившей Гилла с Олмстедами, представлял собой нечто необычное – соединение набиравшего силу стиля прерий и испанского стиля миссий, что уже указывало на стиль, который позже раскроется в зрелых работах Гилла (рис. 10). В самом начале партнёрства Хеббарда и Гилла произошло событие, которое, вероятно, во многом определило успех дальнейшей самостоятельной архитектурной карьеры Гилла в Сан-Диего. В 1897 г. построили первый дом в Ла-Холье для мисс Эллен Браунинг Скриппс (Ellen Browning Scripps) – виллу Саут-Моултон. Не являясь архитектурным откровением, здание «познакомило» Гилла с будущим главным меценатом – благодаря этой женщине он затем реализовал многие из своих лучших проектов.

Одной из лучших работ Хеббарда и Гилла стал дом, который в 1904 г. заказал владелец крупнейшего в Сан-Диего универмага Джордж Марстон. Он был коммерсантом

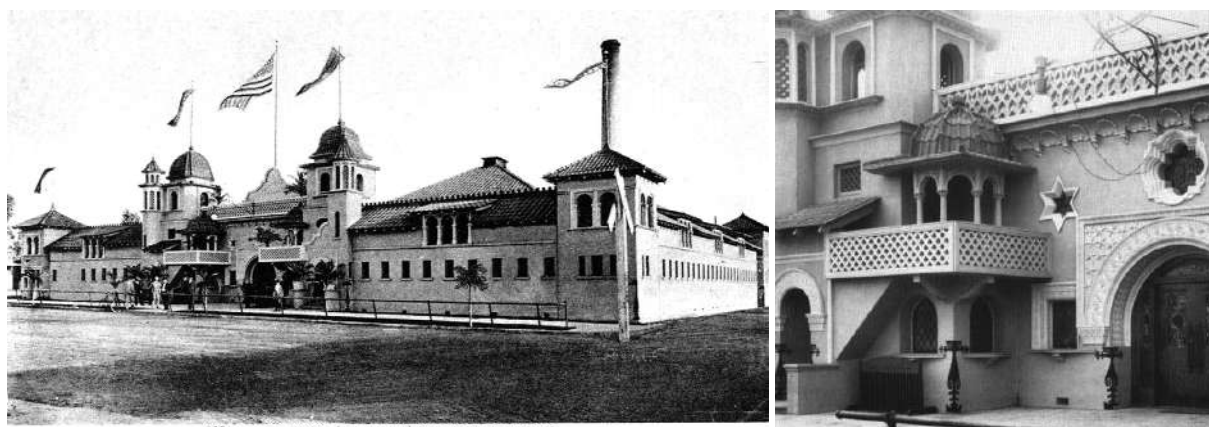


Рис. 8. Банный комплекс «Los Banos» (исп.: ванные комнаты), 1897 г., арх. Хеббард и Гилл [14]



Рис. 9. Джон Олмстед (tclf.org) и дом Альберта Олмстеда (1902), арх. Ирвинг Джон Гилл, фото Richard W. Longstreth (SAH Archipedia)

и сторонником движения Искусств и Ремёсел (Arts & Crafts), продвигая в своём магазине работы его участников. И дом сперва был в «староанглийском» стиле, с кирпичным первым этажом и фахверковым вторым. Строительство начали зимой, в конце 1904 г. и закончили осенью 1905 г. Такой долгий срок, по словам Мэри Марстон, был вызван отъездами Гилла на несколько месяцев для строительства им домов в Новой Англии. Вероятно, в результате общения с Олмстедом, а также, возможно, посещения Чикаго Гилл в одно из возвращений полностью переработал не построенный второй этаж, отказавшись от фахверка и сделав акцент на горизонтальных линиях (рис. 11). Современным у дома был не только внешний

вид – под крышей располагалась система солнечного нагрева воды, а во встроенном шкафу в гостиной (такие шкафы были во всех гостиных) были предусмотрены металлические полки для телефонной станции [16]. Дом Марстона по стилю был переходным к стилю прерий, а в том же году Хеббард и Гилл на этой же улице построили резиденции для Элис Ли, Кэтрин Титс и семьи Коссит – не только с горизонтальным акцентом, но и с низкой крышей. Это, вероятно, были первые здания стиля прерий в Сан-Диего [17] (рис. 12).

О завершении партнёрства Хеббарда и Гилла официально было объявлено 16 июня 1907 г. Возможно, это было следствием скандала в апреле с засорением канали-



Рис. 10. Дом Сары Биркхед (1902) и дом Элен Мейсон (1902), арх. Ирвинг Джон Гилл, фото Richard W. Longstreth (SAH Archipedia)



Рис. 11. Дом Джорджа Марстона, 1905 г., арх. Хеббард и Гилл [17]

зации при попытке слить воду из подвала одного из построенных фирмой домов (за что Гилл взял на себя ответственность), который освещался в местных газетах и навредил её репутации. Но, возможно, разрыв произошёл благодаря появлению в мастерской Хеббарда и Гилла, в 1906 или даже в 1907 г., Фрэнка Миде, который ещё до официального заявления о прекращении партнёрства, 3 мая 1907 г. в чертежах уже был обозначен как партнёр Гилла [14].

Фрэнк Мид и «новый тип архитектуры на юго-западе»

Фрэнк Мид (Frank Mead, 1865-1940) родился в Камдене, штат Нью-Джерси. В 1880 г., по данным переписи, в возрасте 14 лет он считался «учеником архитектора». В 1889–1890 гг. Мид изучал архитектуру в «Музее Пенсильвании и Школе промышленного искусства» (Pennsylvania Museum and School of Industrial Art) в Филадельфии. Затем обучение было продолжено в мастерской видного

филадельфийского архитектора Фрэнка Майлза Дэй. Дэй прошёл обучение архитектуре не только в США, но и в Англии, где включился в движение Искусств и ремёсел, что отразилось в его творчестве – и под это влияние попал Фрэнк Мид и все ученики его мастерской. С 1894 по 1901 г. Мид работал в партнёрстве с Чарльзом Кином, учившимся ранее там же и работавшим перед этим в мастерской у Дэй [18], вместе они строили жилые дома в зарождавшемся тогда стиле прерий (рис. 13) [19]. Дом Джеймса Чарнли (рис. 13) Луиса Салливана (который Райт скромно приписал себе¹ [1]) приведён не случайно. В это время Гилл работал у Адлера и Салливана, в бригаде Райта (и Джорджа Элмсли, делившего с Райтом кабинет) – к этому дому он также имел отношение. В отличие от этих двух молодых людей, их учитель Луис Салливан в 1892 г. опубликовал статью, для которой дом Чарнли являлся не более чем иллюстрацией:

«Я считаю само собой понятным, что здание, совершенно лишённое украшений, может



Рис. 12. Дома Элис Ли и Кэтрин Титс, дом семьи Коссит (1905 г.), арх. Хеббард и Гилл [17]

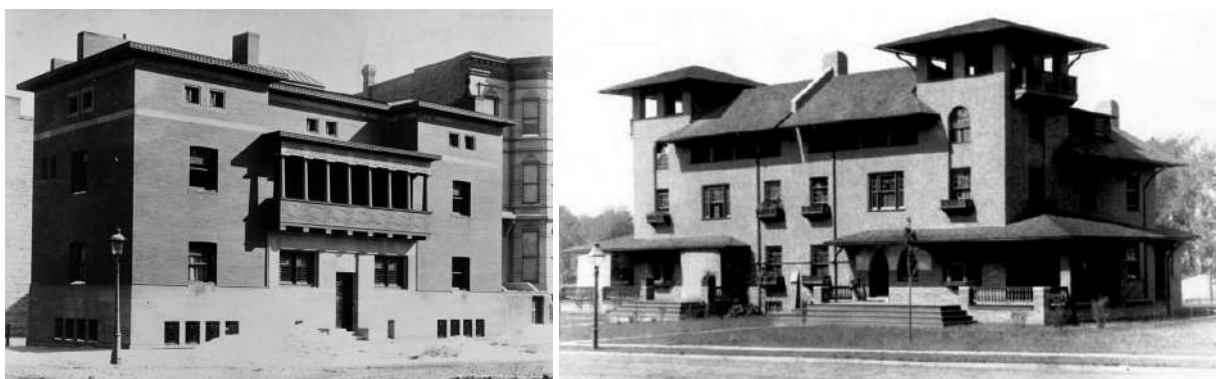


Рис. 13. Дом Чарнли, Чикаго, 1891–1892 (арх. Д. Адлер и Л. Салливан) и дуплекс в испанском стиле, Пелхэм, Нью-Йорк, 1894 (арх. Ч. Кин и Ф. Мид) [19]

¹ После смерти Адлера и Салливана Райт претендовал даже на авторство тех работ, когда его ещё не было в их мастерской (Аудиториум, проект 1886-1888 гг.), и когда его уже там не было (Универмаг Шлезинджера и Майера, который Салливан уже сам, но также с инженерной помощью Адлера, построил в 1899 г.)

передавать благородные и возвышенные чувства благодаря своим массам и пропорциям. Для меня не очевидно, что украшения могут усиливать эти элементарные качества. ... Почему же тогда нам следует использовать украшения? Разве благородного и простого достоинства недостаточно? ... Если я отвечу на этот вопрос со всей прямотой, то скажу, что для нашего эстетического блага было бы очень полезно, если бы мы полностью воздержались от использования украшений в течение нескольких лет, чтобы наши мысли могли сосредоточиться на строительстве зданий, хорошо сложенных и прекрасных в своей наготе. Таким образом, мы должны избегать многих нежелательных вещей, и в сравнении понять, насколько эффективно мыслить естественным, энергичным и здоровым образом. Сделав это, мы могли бы с уверенностью задаться вопросом, в какой степени декоративное применение украшений повысит красоту наших структур – какой новый шарм оно им придаст. Если мы прочно укоренимся в чистых и простых формах, мы вернёмся обратно; мы инстинктивно воздержимся от вандализма; мы не будем делать ничего, что могло бы сделать эти формы менее чистыми и благородными. Мы узнаем, однако, что украшение – это умственная роскошь, а не необходимость, ибо мы увидим ограничения, а также великую ценность неукрашенных масс» [20].

Стиль прерий, которому последовали Кин и Мид, отчасти воспринял эти идеи. По примеру учителя Фрэнка Дэя, который с карандашом в руках объездил Европу и побывал в Марокко, они пошли следом: «Мистер Мид потратил месяцы на изучение и зарисовку архитектуры южной Италии, Испании, Мексики, Северной Африки и Малой Азии. Сделав размерные рисунки Альгамбры, цветка архитектурного гения, ... г-н Мид перебрался в Марокко, чтобы изучить мавританскую архитектуру дома» [21].

В отличие от наставника в путешествии по Марокко в 1896 г. у них уже был фотоаппарат (рис.14).

Путешествие по Марокко оказало очевидное влияние на работы Кина и Мида. Но в 1902 г. по неясным причинам их партнёрство распалось. Возможно оттого, что в конце 1901 г. Мид участвовал в организации Лиги Секвойи, созданного борцом за права американских индейцев и одноклассником Теодора Рузвельта по Гарварду Чарльзом Ламмисом (Charles Fletcher Lummis). Первым успехом Лиги в Южной Калифорнии, которым руководил сам Ламмис, стало переселение индейцев с ранчо Уорнера, откуда они были изгнаны решением Верховного суда в долину Пала, где оказались даже более благоприятные условия, чем в их родных местах. Место выбирала комиссия, назначенная Рузвельтом, после осмотра вместе с представителями индейцев 106 ранчо, объединённых в 28 предложений, и в ней принял участие Рассел Аллен из Сан Диего, также одноклассник президента [22]. Успехом Лиги стало и возвращение индейцев на родину в район Форты Макдауэлла после того, как через 25 лет после изгнания было дано разрешение – это уже сделал Мид. Осенью 1904 г. он стал главным инспектором индейских резерваций Калифорнии, Невады, Юты, Аризоны, Нью-Мексико и Колорадо [19], куда регулярно наведывался. От его взгляда архитектора не могли ускользнуть дома индейцев пуэбло в Аризоне и Нью-Мексико, уже существовавшие сотни лет (рис. 15). Они отложились в его памяти и зарисовках. К тому же, по их образу и подобию, Чарльз Ламмис построил себе из камня резиденцию (рис. 15), где Мид бывал неоднократно. Вероятно, устав от кочевой жизни, он ушёл из инспекции по делам индейцев 1 января 1906 г. [19].



Рис. 14. Ч. Кин и Ф. Мид: фотографии города, двора и сада с перголами в Марокко, 1896 г. [19]



Рис. 15. Таос Пуэбло, штат Нью-Мексико, фото 1890-1900 гг. (The Library of Congress), дом Чарльза Ламмиса, г. Лос-Анжелес, 1897 г. и фрагмент его интерьера [19]

Партнёрство Гилл и Мид

Точно неизвестно, когда началось их сотрудничество. Некоторые авторы его вообще не упоминают [5, 6], другие [18] указывают 1903 г., чего из описанного выше просто быть не могло, а некоторые [19, 23] относят его возможное начало на весну 1906 г. или даже на 1907 г. На возможную работу Мида у Хеббарда и Гилла указывает дизайн дома Гоффа (рис. 17), вызвавшего упомянутый скандал с канализацией. В документах партнёрство впервые встречается в мае 1907 г. в проекте дома вице-президента Национального банка торговли и Торговой палаты Сан-Диего Мелвилла Клаубера. Как и у дома Гоффа, здесь были перголы, которые Мид привёз из Марокко (рис. 14). Кроме этого, при определённом взгляде на дом Клаубера можно было увидеть нечто, напоминавшее жилища индейцев пуэбло (рис. 16).

Следующий проект, резиденция Уиллера Бейли, был начат в июне. В Сан-Диего Бейли был известным производителем и поставщиком стройматериалов. В своем доме он решил собрать коллекцию предметов ремёсел американских индейцев. Из архитекторов Мид, вероятно, был к этому ближе всех, и потому заказ в партнёрство, скорее всего, принёс он. Этот вывод можно сделать из статьи в «Craftsman» Натали Кёртис [21], этнографа и музыковеда, собиравшей и записывавшей песни индейцев, оттого многие годы близко знавшей Мида, непосредственно занимавшегося делами индейцев. В статье Мид назван «одним из архитекторов», а Гилл не упомянут вовсе. Однако в доме видны и формы жилищ пуэбло от Мида, и испанских миссий от Гилла (рис. 17). Элоиза Рурбах так описала впечатления от этого дома:

«Есть прекрасное ощущение пространства. В какой бы комнате вы ни были, перспектива



Рис. 16. Дом Гоффа, 1907 (арх. Хеббард и Гилл) и Дом Мелвилла Клаубера, 1907 (арх. Гилл и Мид) [23]



Рис. 17. Дом Уиллера Бейли (Hilero), 1908, (арх. Гилл и Мид), внешний вид и фрагмент интерьера [21, 24]

раскрывается вниз или вверх в следующую комнату или группу комнат. ... Индейские ковры лежат на полу и свисают с балкона. На стенах индейские корзины с коричневой травой или веселыми цветами. Индейская керамика, украшения для седел, одеяла и т. д. встречаются тут и там. ... Вершиной оригинальности является рояль. Темное красное дерево рояля «Стэйнвей» показалось хозяину резким, совсем не похожим на остальное пространство. С мужеством, свойственным мужчине, он окрасил его сочным индейским красным цветом! ... Поток солнечного света, льющийся в дом, сверканье и блеск океана, варварский колорит, смягченный тенями от высокого потолка, индейско-красный рояль с огромной круглой чашей расползающихся красных брызг герани, пламя открытого огня, вместе создают веселое, гармоничное и оригинальное пространство» [24].

В начале ноября они начали проектировать здание, оказавшее определяющее влияние на все последующие работы Гилла и Мида. А спустя десятилетие идеи, лежавшие в его основе, вновь открытые европейцами, оказали влияние на развитие мировой архитектуры. Это был дом Рассела Аллена, участника упомянутой комиссии по переселению индейцев с ранчо Уорнера. Аллен вместе с инвесторами с Востока в 1890 г. купил ранчо Бонита, где основал компанию фруктовых вод «Sweetwater» и стал её главным менеджером. Жил он в доме прежнего хозяина ранчо, и в 1906 г. этот дом сгорел. Зная Мида по работе в оказании помощи индейцам, Аллен, скорее всего, обратился именно к нему [23]. Пока Гилл и Мид проектировали и строили дом, Аллен с семьёй жил в помещениях своей фирмы, поэтому проект завершили уже 16 ноября. Так как этот дом не был на берегу моря, крыльцо и балкон второго этажа утопили в основную часть здания – для создания в жарком климате Калифорнии затенённых пространств на открытом воздухе (рис. 18, 19).

Этот дом стал первым зданием модернизма не только в США, но и во всём мире. Но за пределами США об этом мало кому известно. В то время американцы были в поисках собственной идентичности и своего стиля, потому появившийся «стиль прерий» им виделся отражением того и другого. Абстрактный кубический объём с плоской крышей, предельно рациональный и без каких-либо украшений – для подавляющего большинства, которое ничего не знало про дома индейцев пуэбло, это не казалось чем-то американским. Рассел Аллен входил в меньшинство, видевшее эти дома, потому смог воспринять их рафинированное подобие, очищенное снаружи от лишнего и укомплектованное внутри всем необходимым, как свой дом. Об отношении американцев к такой архитектуре в то время говорит такой факт: ни в одном архитектурном издании об этом доме ничего опубликовано не было, но о проекте того же года, доме Гомера Лафлина в привычных формах со скатной крышей, в отличие от дома Аллена, из бетона и с новшествами вроде централизованного удаления мусора и пыли, а в гараже автомойки, появился ряд публикаций, первая из которых вышла в 1909 г. [26].

С другой стороны, когда в Европе уже произошёл расцвет модернизма и готовилась теперь всемирно известная выставка 1932 г. в Нью-Йорке, один из её организаторов Льюис Мамфорд в своей книге 1931 г. «Коричневые десятилетия» о Гилле вспоминал, но лишь об одном проекте 1910 г. в контексте города-сада и уже в прошедшем времени, вообще отнеся его к прошлому веку: «Его дома в Сьерра-Мадре ... являются одними из лучших ранних заявлений о сущностном доме, или «sachlich haus» (нем.: объективный дом): в его преднамеренном отсутствии декоративного эффекта, он превосходил как полемичку, так и практику Ле Корбюзье и группы Де Стейл» [27]. То есть в 1908 г. это здание с его автором многими воспринимались как недоразумение, а в 1931 г. (хотя он ещё был жив и ра-



Рис. 18. Дом Рассела Аллена, 1908 г.; Аллен с дочерью, женой и миссис Гомер на автомобиле у своего дома (фото 1908 г.) и фрагмент интерьера со встроенными шкафами [25]

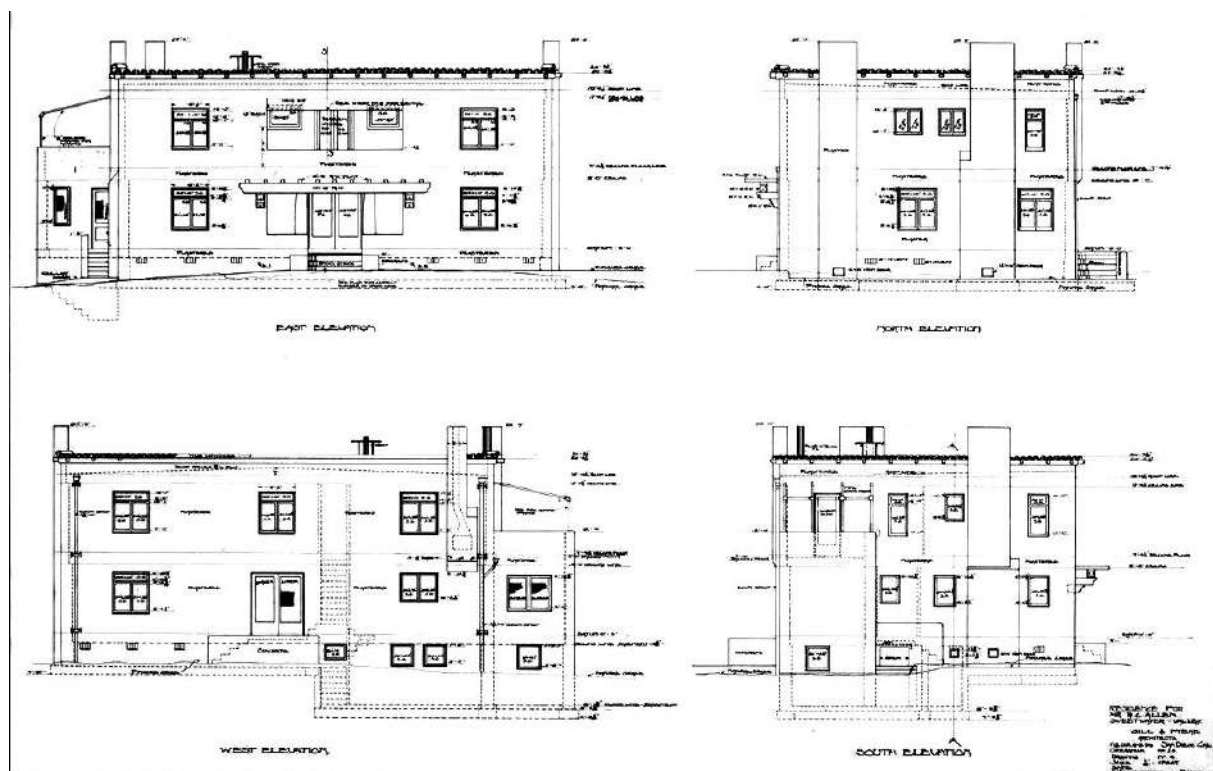


Рис. 20. Проект дома Рассела Аллена, 1907 (UC-Santa Barbara Architecture and Design Collections) [23]

ботал) как, хотя и предвосхитившее, но давно прошедшее историческое явление. Поэтому при подготовке выставки в Нью-Йорке в 1932 г. о нём, как о живом, не вспомнили. В 1934 г., когда выставка прошла, второй её организатор Генри-Рассел Хичкок, который к тому времени что-то знал про Гилла, в своём рассказе о Райте упомянул его (он всё ещё был жив), и также в прошедшем времени: «За исключением Ирвинга Гилла из Калифорнии, радикального упростившего испанский колониальный дизайн, создав современную трактовку бетонных конструкций домов, Райт был единственным современным архитектором первой четверти века в Америке» [28].

При создании дома Аллена существовало партнёрство Гилл и Мид, потому уместно обсудить вопрос авторства. Джон Кросс, проведя своё исследование и найдя множество неизвестных документов, явно намекает, что автором здания был Мид [23]. В пользу этого есть два факта: заказ на проектирование был принесён в содружество им, также Мид непосредственно руководил его строительством и подписал завершающий акт 4 апреля 1908 г. Но этого недостаточно – оба факта связаны только с тем, что Мид и Аллен вместе боролись за облегчение участи индейцев, поэтому и заказ, поэтому

и личный контроль, чтобы не подвести авторитетного соратника. Влияние Мида в формировании определяющим можно считать лишь в доме Клаубера, в доме Бейли определяющим оно было лишь в интерьере, а дом Аллена (рис. 18–19) больше похож не на жилища индейцев, а на полностью «обнажённый» от украшений дом Чарли Луиса Салливана (рис. 14), который Гилл, безусловно, видел. Дом Аллена был прорывом в ранее неизведанное, который неизбежно должен был вызвать прилив вдохновения – поэтому следует обратить внимание на то, как партнёры проявили себя после этого озарения. Гилл продолжил поиски форм, «хорошо сложенных и прекрасных в своей наготе», а Мид во второй раз на несколько лет полностью забросил архитектуру, вначале ради помощи брату Натали Кёртис, Джорджу, в обзаведении ранчо среди индейских земель, а затем для того, чтобы самому поселиться среди индейцев и возвратиться на государственную службу для содействия и помощи в решении их проблем. Единственным, что Гилл воспринял у Мида и использовал в своём дальнейшем творчестве, стали ранее неизвестные ему перголы. Содружество Гилла и Мида закончилось в декабре 1907 г., фактически по причине прекращения Мидом занятий архитектурой

[23], дом Аллена он достраивал только как квалифицированный строитель. В любом случае их встреча и недолгое партнёрство стали для Гилла мощным толчком для освобождения от «универсализма» (а по сути эклектики) Хеббарда и катализатором поисков новой архитектуры, о возможности которой он впервые узнал от своего учителя Луиса Салливана.

Новая архитектура Ирвинга Джона Гилла

Дом Гомера Лафлина младшего (рис. 21) стал последним домом Гилла в более-менее традиционных формах (но без каких-либо украшений) и первым, где полы и стены во всех помещениях были выполнены из бетона [5]. Это не было данью моде, а следовало главной функции дома для Гилла – максимальное удобство для жизни при минимальных затратах рутинного труда:

«В Калифорнии мы давно экспериментировали с идеей совершенного санитарного, трудосберегающего дома, в котором максимум комфорта можно было бы достичь с минимумом тяжелой работы. В недавних домах, которые я построил, стены отделаны заодно с облицовкой, а линия, где они соединяются с полом, чуть закруглена, так что образует единый непрерывный элемент, в котором нет места для проникновения пыли, её оседания, или существования трещин для паразитов любого вида. ... Двери представляют собой сплошные плиты из полированного вручную красного дерева, которые вращаются на невидимых петлях или сделаны так, чтобы они скользили по стене. В некоторых домах все окна и дверные коробки сделаны из стали. Они не изнашиваются, не деформируются и не сгорают, что является важным фактором в огнестойкости дома. Дренажные плиты утопле-

ны в магнезит, который сделан одним целым со стенами и закруглены все карнизы, так что ни одна частица жира, или грязи, или сырости не может оседать, накапливаться и становиться вредной. ... При таком способе строительства нигде в доме нет никакой возможности скопления пыли. Это сводит к минимуму труд по поддержанию дома в чистоте и придает комнатам приятный, чистый, простой и достойный вид. Деньги, растрачиваемые впустую на бессмысленные фронтоны, показуху, лепнину и «пышность», идут на трудосберегающие устройства или на материалы более высокого качества» [11].

Возможно, бескомпромиссный функционализм Гилла также стал причиной разрыва с Мидом – дом Лафлина начинали вместе, но ещё до прекращения партнёрства он взял всю ответственность за здание на себя [23]. Для Гилла 1908-й стал годом активных поисков новой изобразительности в «обнажённом» стиле: как с использованием прямоугольных, так и арочных миссионерских форм (рис. 22). Но в это время можно было встретить здания и совсем без кривых линий (рис. 23).

В результате поисков комбинация прямоугольника и арки в их разных сочетаниях стала основой архитектурного стиля Гилла (рис. 24). Понимая некоторую опасность такого совмещения («Арка является одной из наших самых впечатляющих, самых живописных и изящных архитектурных особенностей. Её способность создавать красоту неоспорима, но, как и любая другая великая сила, неправильно используемая, она в равной степени разрушительна» [11]), он в дальнейшем использовал его очень часто.

В статье 1916 г. «Дом будущего», которую можно считать его манифестом, Гилл так сформулировал своё понимание современной архитектуры:

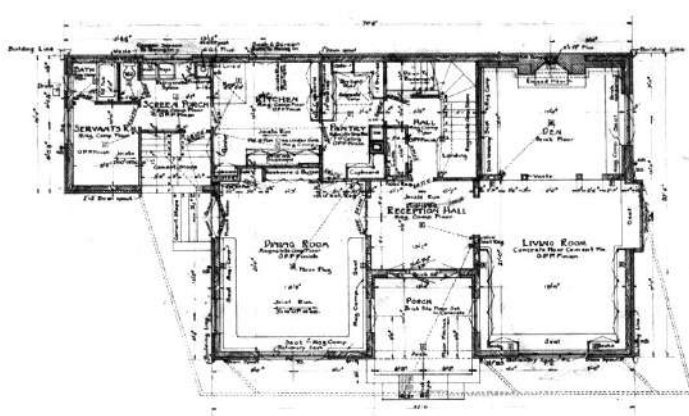


Рис. 21. Дом Гомера Лафлина младшего, 1908: общий вид и план первого этажа, арх. Ирвинг Джон Гилл



Рис. 22. Дом Хьюго Клаубера и дом Питера Прайса (1908, арх. Ирвинг Джон Гилл)



Рис. 23. Детская больница имени Холли Сефтон, общежитие мальчиков (за ним – здание больницы), 1909 г.; Морская биологическая станция им. Джорджа Скриппса, 1909 г. (арх. Ирвинг Джон Гилл)



Рис. 24. Ирвинг Джон Гилл, около 1910 г. (Save Our Heritage Organisation); резиденция Томаса Гамильтона / Мэри Фулфорд, 1908 г. (арх. Ирвинг Джон Гилл) [29]

«В силу обычаев и образования, мы, в чьи руки вверена большая часть красоты страны и города, были вынуждены изучать стиль других людей, в результате чего большинство наших современных работ представляет собой открытую имитацию или скрытый плагиат чужих идей. Чтобы покончить с этой деградацией, мы должны смело отбросить в сторону все принятые структурные убеждения и стандарты красоты, и вернуться к источнику всей архитектурной силы – прямой линии, арке, квадрату и кругу – и пить из этих родников искусства, что дали жизнь великим мастерам прошлого.

Каждый художник должен рано или поздно считаться непосредственно с этими четырьмя элементами – самыми могущественными из линий. Прямая линия заимствована у горизонта как символ величия, великолепия и благородства; арка, сделанная по образцу небесного купола, символизирует восторг, почтение, стремление; окружность – это знак завершенности, движения и прогресса, который можно увидеть, когда камень касается воды; квадрат является символом силы, справедливости, честности и твердости. Это основы, единицы архитектурного языка, и без них не может быть прямой или вдохновен-

ной архитектурной речи. Мы не должны ослаблять наше послание красоты и силы заиканием и бормотанием бесполезных украшений. Если нам нечего сказать нашим зданием, мы должны молчать. Зачем нам праздно и бессмысленно болтать глупыми украшениями и бесполезными линиями?

Любое отклонение от простоты приводит к потере достоинства. Украшения имеют тенденцию дешеветь, а не обогащаться, они подтверждают неэффективность и слабость. Дом, загромождённый сложными украшениями, означает, что автору было известно, что его работе не хватало чистоты линий и совершенства пропорций, поэтому он старался скрыть её несовершенство, добавляя детали, надеясь таким образом отвлечь внимание наблюдателя от фундаментальной слабости его дизайна. Если мы опустим все бесполезное со структурной точки зрения, мы увидим великую красоту прямых линий, чтобы уловить очарование, которое лежит в перспективе, силе света и тени, сбалансированных масс, очаровании цвета, который играет на гладкой стене, оставленной свободной, чтобы сообщать о прохождении облака или близости цветка, яростных порывах штормов и жгучей неподвижности летних солнц. Мы также увидели бы явные недостатки своей собственной работы, если бы они были допущены так дерзко, без всяких украшений, и поэтому могли бы быстро их исправить.

Я верю, что, если мы будем постоянно больше думать о линии, пропорциях, свете и тени, мы достигнем большего мастерства в обращении с ними, станем больше ценить и понимать их силу и красоту. Мы должны построить наш дом простым, чистым и солидным, как валун, а затем оставить его украшение для Природы, которая будет тонировать его лишайниками, обтёсывать его штормами, лозами и цветочными тенями делать его грациозным и дружеским, как Природа украшает камень на поляне» [11].

Можно сравнить текст Гилла с манифестом новой архитектуры Вальтера Гропиуса, провозглашённым им десять лет спустя в полемике с Шульце-Наумбургом:

«Таким образом новая архитектура оглашает свой настоящий утвердительный манифест: «Органическое формирование вещей, основанное на их собственном законе, ограниченном настоящим, без романтических приукрашиваний и изгибов. Ограничение типичными базовыми формами и цветами, понятными каждому. Простота во многих отношениях, экономное использование пространства, материалов, времени и денег. Утверждение среды обитания машин и транспорта, их скорости и ритма. Освоение все более смелого дизайна значит преодоление земной инерции в строительстве, в действии и внешнем виде» [30].

Кроме по-немецки предельно сжатого стиля изложения Гропиуса, принципиальных отличий не видно. «Утверждение среды обитания машин и транспорта» всего-навсего отражает изменения в мире за прошедшее десятилетие. Так, никому тогда не известный, на самом краю Америки (для американцев в то время – на краю земли), в Южной Калифорнии родился модернизм Ирвинга Джона Гилла. Затем был короткий, до начала Первой мировой войны, период его локального расцвета, а потом, после недолгого возрождения в конце 1920-х гг., были десятилетия почти полного забвения, которое стало заканчиваться лишь с выходом в 1960 г. книги Эстер Маккой «Пять калифорнийских архитекторов» [5]. Об этом, а также о причинах, которые привели к такому результату, речь пойдёт в следующей статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wright Frank Lloyd, *Genius and the Mobocracy*, New York: Duell, Sloan and Pearce, 1949, 113 p., p. 52
2. Barr Alfred H. Jr.; Hitchcock Henry-Russell; Johnson Philip; Mumford Lewis; *Modern architecture: international exhibition*, New York, Feb.10 - March 23, 1932, New York: Museum of Modern Art, 1932, 199 p.
3. Roorbach Eloise, "Outdoor" life in California houses, as expressed in the new architecture of Irving J. Gill // *The Craftsman*, Vol. XXIV, Number 4 (July 1913), pp. 435–439
4. Всеобщая история архитектуры: в 12 т. Л.; М.: Изд-во литературы по строительству, 1966–1977. Т. 10: Архитектура XIX – нач. XX вв. / под ред. С.О. Хан-Магомедова (отв. редактор), П.Н. Максимова, Ю.Ю. Савицкого. М., 1972. 592 с.
5. McCoy Esther, *Five California Architects* (1960; New York: Praeger Publishers, 1975), 200 p.
6. Schaffer Sarah J., A Significant Sentence Upon the Earth: Irving J. Gill, Progressive Architect, Part I. // *The Journal of San Diego History*, Fall 1997, Vol. 43, No.4, pp. 218–239.
7. Sullivan Louis H. *The Autobiography of an Idea* (1924; New York: Dover Publications, Inc., 1956), 329 p.
8. Crosse John, Irving Gill, Homer Laughlin and the Beginnings of Modern Architecture in Los Angeles, Part I: 1893–1911. URL: <https://socialarchhistory.blogspot.com/2015/09/irving-gill-homer-laughlin-and.html>
9. Timeline of San Diego History: 1800–1879. San Diego History Center, Smithsonian Affiliate. URL: <https://sandiegohistory.org/archives/biographysubject/timeline/1800-1879/>
10. Timeline of San Diego History: 1880–1899. San Diego History Center, Smithsonian Affiliate. URL: <https://sandiegohistory.org/archives/biographysubject/timeline/1880-1899/>
11. Gill Irving J., *The Home of the Future: The New Architecture of the West: Small Homes for a Great*

Country // *The Craftsman*, Vol. XXX, Number 2, May 1916, pp. 140–151, 220.

12. Kamerling Bruce, Irving Gill: The Artist as Architect // *The Journal of San Diego History*, Spring 1979, Vol. 25, Number 2, pp. 151–188.

13. Joseph Falkenhan (Architect). PCAD. URL: <http://pcad.lib.washington.edu/person/6317/>

14. Kamerling Bruce, Hebbard & Gill, Architects // *The Journal of San Diego History*, Spring-Summer 1990, Vol. 36, Number 2-3. pp. 107–129.

15. Flanigan Kathleen, William Sterling Hebbard: Consummate San Diego Architect // *The Journal of San Diego History*, Winter 1987, Volume 33, Number 1.

16. Kamerling Bruce, The George White and Anna Gunn Marston House // *The Journal of San Diego History*, Spring-Summer 1990, Vol. 36, Number 2-3. pp. 130–143.

17. Kamerling Bruce, Self-Guided Walking Tour of Seventh Avenue // *The Journal of San Diego History*, Spring-Summer 1990, Vol. 36, Number 2-3, pp. 144–160.

18. Whitaker William, Tatman Sandra L. Mead, Frank E. (1865–1940), Architect. Philadelphia Architects and Buildings. URL: https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ar_display.cfm/27108

19. Crosse John, Frank Mead: 'A New Type of Architecture in the Southwest,' Part I, 1890–1906. URL: <https://socialarchhistory.blogspot.com/2016/05/frank-mead-new-kind-of-architecture-in.html>

20. Sullivan Louis H., Ornament in Architecture // *Engineering Magazine*, Aug. 1892, Vol.3, No.5 pp. 633–644.

21. Curtis Natalie, A New Type of Architecture in the Southwest // *The Craftsman*, January 1914, Vol. 25, No.4, pp. 330–335.

22. Watkins Frances E., Charles F. Lummis and the Sequoia League // *The Quarterly: Historical Society of Southern California*, Vol. 26, No. 2/3 (June-September, 1944), pp. 99–114. DOI: 10.2307/41168959.

23. Crosse John, Frank Mead: 'A New Type of Architecture in the Southwest,' Part II, 1907–1920. URL: <https://socialarchhistory.blogspot.com/2016/05/frank-mead-new-type-of-architecture-in.html>

24. Roorbach Eloise, A Seaside House that Fits Its Site // *House and Garden*, Vol.25, June 1914, 453–455, 485–486.

25. Schoenherr Steven, Oswell Mary E., Bonita (Images of America) - Arcadia Publishing, 2009 – 127 p.

26. Gill Irving J., Concrete in residence design // *The Western Architect*, August 1909, Vol.14, No.2, pp. 17–18.

27. Mumford Lewis, The brown decades. A study of the arts in America, 1865-1895. New York: Harcourt, Brace and Company, 1931, 266 p.

28. Hitchcock Henry-Russell Jr., Wright and the International Style, In: *Art in America in Modern Times*, ed. Holger Cahill and Alfred H. Barr, Jr., New York, 1934, p. 71.

29. Roorbach Eloise, Celebrating simplicity in architecture // *Western Architect*, Vol.19 (April 1913), pp. 35–38.

30. Gropius Walter, Schultze-Naumburg Paul. Wer hat Recht? Traditionelle Baukunst oder Bauen in neuen Formen // *Uhu* (April 1926), H. 7, S. 30–40.

REFERENCES

1. Wright Frank Lloyd, *Genius and the Mobocracy*, New York: Duell, Sloan and Pearce, 1949, p. 52.

2. Barr Alfred H. Jr.; Hitchcock Henry-Russell; Johnson Philip; Mumford Lewis; *Modern architecture: international exhibition*, New York, Feb.10 - March 23, 1932, New York, Museum of Modern Art, 1932, 199 p.

3. Roorbach Eloise, "Outdoor" life in California houses, as expressed in the new architecture of Irving J. Gill. *The Craftsman*, Vol. XXIV, no. 4 (July 1913), pp. 435–439.

4. *Vseobshaya istoriya arhitektury v 12 tomah. Arhitektura USA / B.B. Keller, E.K. Ivanova* [General history of architecture in 12 volumes. USA architecture / B.B. Keller, E.K. Ivanova]. Moscow, 1972. 592 p.

5. McCoy Esther. *Five California Architects*. New York, Praeger Publishers, 1975). 200 p.

6. Schaffer Sarah J. A Significant Sentence Upon the Earth: Irving J. Gill, Progressive Architect, Part I. *The Journal of San Diego History*, Fall 1997, Vol. 43, no.4, pp. 218–239.

7. Sullivan Louis H. *The Autobiography of an Idea*. New York, Dover Publications, Inc., 1956. 329 p.

8. Crosse John, Irving Gill, Homer Laughlin and the Beginnings of Modern Architecture in Los Angeles, Part I: 1893–1911. Available at: <https://socialarchhistory.blogspot.com/2015/09/irving-gill-homer-laughlin-and.html>

9. Timeline of San Diego History: 1800–1879. San Diego History Center, Smithsonian Affiliate. Available at: <https://sandiegohistory.org/archives/biographysubject/timeline/1800-1879/>

10. Timeline of San Diego History: 1880–1899. San Diego History Center, Smithsonian Affiliate. Available at: <https://sandiegohistory.org/archives/biographysubject/timeline/1880-1899/>

11. Gill Irving J., The Home of the Future: The New Architecture of the West: Small Homes for a Great Country. *The Craftsman*, Vol. XXX, no. 2, May 1916, pp. 140–151, 220

12. Kamerling Bruce, Irving Gill: The Artist as Architect. *The Journal of San Diego History*, Spring 1979, Vol. 25, no. 2, pp. 151–188

13. Joseph Falkenhan (Architect). PCAD. Available at: <http://pcad.lib.washington.edu/person/6317/>

14. Kamerling Bruce, Hebbard & Gill, Architects. *The Journal of San Diego History*, Spring-Summer 1990, Vol. 36, no. 2-3. pp. 107–129.

15. Flanigan Kathleen, William Sterling Hebbard: Consummate San Diego Architect. *The Journal of San Diego History*, Winter 1987, Volume 33, no. 1.

16. Kamerling Bruce, The George White and Anna Gunn Marston House. *The Journal of San Diego History*, Spring-Summer 1990, Vol. 36, no. 2-3. pp. 130–143.

17. Kamerling Bruce, Self-Guided Walking Tour of Seventh Avenue. *The Journal of San Diego History*, Spring-Summer 1990, Vol. 36, no. 2-3, pp. 144–160.

18. Whitaker William, Tatman Sandra L., Mead, Frank E. (1865-1940), Architect. Philadelphia Architects and Buildings. Available at: https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ar_display.cfm/27108

19. Crosse John, Frank Mead: 'A New Type of Architecture in the Southwest,' Part I, 1890-1906. Available at: <https://socialarchhistory.blogspot.com/2016/05/frank-mead-new-kind-of-architecture-in.html>

20. Sullivan Louis H., Ornament in Architecture. Engineering Magazine, Aug. 1892, Vol.3, no.5 pp. 633-644.

21. Curtis Natalie, A New Type of Architecture in the Southwest. The Craftsman, January 1914, Vol. 25, no.4, pp. 330-335.

22. Watkins Frances E., Charles F. Lummis and the Sequoia League. The Quarterly: Historical Society of Southern California, Vol. 26, no. 2/3 (June-September, 1944), pp. 99-114. DOI: 10.2307/41168959

23. Crosse John, Frank Mead: 'A New Type of Architecture in the Southwest,' Part II, 1907-1920. Available at: <https://socialarchhistory.blogspot.com/2016/05/frank-mead-new-type-of-architecture-in.html>

24. Roorbach Eloise, A Seaside House that Fits Its Site. House and Garden, Vol.25, June 1914, pp. 453-455, 485-486.

25. Schoenherr Steven, Oswell Mary E., Bonita (Images of America) - Arcadia Publishing, 2009. 127 p.

26. Gill Irving J., Concrete in residence design. The Western Architect, August 1909, Vol.14, no.2, pp. 17-18.

27. Mumford Lewis, The brown decades. A study of the arts in America, 1865-1895. New York, Harcourt, Brace and Company, 1931, 266 p.

28. Hitchcock Henry-Russell Jr., Wright and the International Style, In: Art in America in Modern Times, ed. Holger Cahill and Alfred H. Barr, Jr., New York, 1934, p. 71.

29. Roorbach Eloise, Celebrating simplicity in architecture. Western Architect, Vol.19 (April 1913), pp. 35-38

30. Gropius Walter, Schultze-Naumburg Paul. Wer hat Recht? Traditionelle Baukunst oder Bauen in neuen Formen. Uhu (April 1926), H. 7, S. 30-40.

Об авторе:

ФИЛИППОВ Василий Дмитриевич

ведущий инженер дирекции АСА СамГТУ
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
тел. (846) 339-14-59
E-mail: filippov.vd@samgtu.ru

FILIPPOV Vassily D.

Leading Engineer of the Directorate of ASA SamSTU
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
tel. (846) 339-14-59
E-mail: filippov.vd@samgtu.ru

Для цитирования: Филиппов В.Д. Ирвинг Джон Гилл: рождение американского модернизма // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 119–135. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.15.

For citation: Filippov V.D. Irving John Gill: the Birth of American Modernism. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 119–135. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.15.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.16

А. В. ДАНИЛОВА

ЭВОЛЮЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ПЕРФОРАЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

EVOLUTION OF THE FUNCTIONAL COMPONENT OF ARTISTIC PERFORATION IN THE ARCHITECTURE OF PUBLIC BUILDINGS

Рассматривается эволюция применения перфорации с точки зрения функциональной компоненты в архитектуре общественных зданий: технологической, функциональной, художественно-декоративной, эмерджентной. Сделана попытка выделить этапы эволюции перфорации в формировании архитектурного образа общественного здания. Анализируются объекты архитектуры, дифференцированные по стилистическим характеристикам и особенностям использования приема перфорации как важнейшей составляющей формирования архитектуры объекта. Проанализирована динамика смены доминирующих функций художественной перфорации в контексте эволюции архитектурных стилей.

Ключевые слова: художественная перфорация, архитектура, этап, функция, архитектурный стиль

The evolution of the use of perforation is considered from the point of view of the functional component in the architecture of public buildings: technological, functional, artistic and decorative, emergent. An attempt is made to identify the stages of the evolution of perforation in the formation of the architectural image of a public building. The objects of architecture are analyzed, differentiated by stylistic characteristics and peculiarities of using the perforation technique as the most important component of the formation of the object's architecture. The dynamics of the change in the dominant functions of artistic perforation in the context of the evolution of architectural styles is analyzed.

Keywords: artistic perforation, architecture, stage, function, architectural style

Применение приема перфорации в строительстве началось на заре становления архитектуры и участвовало в поиске нового формообразования на каждом этапе развития архитектуры, усиливая стилевые характеристики, меняя композиционный код архитектуры.

Традиционно, распространенное определение «перфорация» трактуется многими авторами только с технологической точки зрения и рассматривается как «...система отверстий разных размеров, локализуемая в плоскостях и объемах» [1–3]. Между тем анализ эволюционного развития архитектуры общественных зданий демонстрирует массу примеров включения перфорации, выполняющей технологические, декоративные, художественные функции, проявляющиеся в поиске новых образов за счет

игры света, нового прочтения композиционной структуры орнаментальных рисунков, создания аутентичности городских средовых объектов, формирования аттрактивных элементов.

Анализ показал, что архитектурная наука нуждается в совершенствовании и углублении знаний об особенностях использования приема «художественная перфорация» для создания уникальных общественных зданий. Актуальность такого подхода во многом предопределена новыми и новейшими технологиями проектирования и строительства архитектурных объектов: с появлением индустриального домостроения специалисты стали классифицировать оконные и стенные проемы в панелях как перфорации; эра параметрической архитектуры демонстрирует примеры синтезирования

всех компонентов использования художественной перфорации и становится активным средством формообразования и элементом функционально-конструктивной системы.

Период мезолита, первобытного общества, культуры Древнего Египта, Древней Эфиопии, Древней Греции и Древнего Рима демонстрирует характер поэтапного освоения зодчими приема перфорации с целью создания орудий труда, строительных техник и технологий, среди которых: «вкладышевая техника» и техника сверления как протоперфорация в камне, технология создания естественного освещения и вентиляции в погребальных сооружениях посредством устройства наклонных световых каналов [4]. Известны примеры использования перфорации в архитектуре Древней Греции и Рима в атриумах домов знати – мегаронах (Греция) и патрицианских домах (Италия), в крыше которых создавался большой проем для прохождения дневного света, выхода дыма из очага или наполнения водоема дождевой водой, а щелевидные отверстия в стенах служили для вентиляции внутренних помещений (см. таблицу, рис. 1). Показательным примером является и храм «всех богов» в Пантеоне (Рим, 118–128 гг. н.э.), в центре купола было сделано отверстие диаметром 9 м, символизирующее солнце (см. таблицу, рис. 2).

Художественный характер перфорации проявился в качестве традиционного декора в резных дверных наличниках, оконных проемах, ограждениях зданий и объединил специфику архитектуры стран Востока и Азии (Китая, Армении, Вьетнама, Египта, Туниса, Алжира, Турции). Например, в архитектуре Китая III–XVIII вв. яркими примерами являются Храм Юнхэун, Павильон Ваньфугэ, Павильон Фалундянь и павильон храма Ваньфугэ (Пекин, 1723–1744 гг.), Императорский дворец, Библиотека Вэньюаньгэ (Пекин, 1773–1783 гг.), Дворец Пайюаньдянь, Галерея Чанлан (Парк Ихэюань, Пекин, 1750 г.) (см. таблицу, рис. 3) [5]. Архитектура арабских стран внесла особый вклад в историю распространения резного орнамента в камне и перфорации, соединив строительный опыт Востока и Запада, ярким примером чего является мечеть Ибн Тулуна (Фустат, Египет, 876–879 гг.) с резным перфорированным минаретом, отражающим восточные орнаменты, которые представлены в решетках на окнах [5]. Тимпаны арок перфорированы дополнительными арками, между которыми тянется лента резного орнамента, огибающая архивольт (см. таблицу, рис. 4). Анализ показал, что технологическая и художественная функции перфорации в архитектуре становятся ассимилированными, ярко отражающими

при этом региональный контекст стран, знаково-символические, религиозно-культурные традиции, тесно связанные с его функциональной и семантической ролью.

В период развития романской архитектуры крупные архитектурные объекты представляли собой преимущественно оборонительные и культовые сооружения, лишённые декора. Развитие строительной техники и технологии, господство религиозной теологии в создании архитектурных образов в продвижении религиозных культов предопределили активный переход к декорированию фасадов общественных зданий в готический период. Перфорация приобретает художественно-символический характер и транслирует региональную специфику. Внимание архитекторов все больше переключается с функционального аспекта архитектуры на художественный. Богатая пластика перфорированных фасадов витражными окнами, аркадами, вымпергами, каменными рамами, орнаментальной резьбой по гипсу, дереву и камню несла мощный композиционный контекст, отражая знаково-символические и религиозно-культурные особенности зданий, отражая синтез архитектуры, скульптуры, изобразительного и декоративного искусства, в частности живописи по стеклу [6]. В этот период в Европе художественная перфорация становится основой украшения фасадов и деталей зданий. Так, в соборе Парижской Богоматери (Париж, Франция, 1163–1345 гг.) насчитывается до 110 витражных окон с переплетами, а также окна-розы, через которые свет попадает внутрь собора (см. таблицу, рис. 6).

В архитектуре Венеции получили отражение византийские, арабско-мусульманские и готические традиции. В Палаццо Дожей в Венеции (архитекторы Филиппо Календарио, Пьетро Базейо, 1419 г.) орнаментальная перфорированная галерея арок первого этажа, декоративные элементы стрельчатого окна в готическом стиле и балюстрада балкона второго этажа придают фасаду живописность, усиливая художественный образ архитектурного сооружения (см. таблицу, рис. 5).

Доминирование художественной компоненты в использовании перфорации на фасадах архитектурных объектов заметно отличало Европу от стран Востока и Азии, где в условиях жаркого климата перфорация продолжала актуализировать утилитарно-функциональные характеристики.

Анализ последующих этапов развития архитектурных стилей с точки зрения включения художественной перфорации в оформление фасадов общественных зданий показал, что на протяжении длительного периода (с начала

XV до конца XIX в.) в постройках эпохи Ренессанса и постренессанских стилей архитектура становится более декоративной, вычурной, основными элементами декора выступают ордерная система, лепнина, скульптура, зачастую декорирующие конструктивные особенности здания. Классицизм завершил цепь расцвета декоративизма в архитектуре, используя лапидарные формы ордерной системы, барельефы и отдельные включения лепных орнаментов.

Модернизм (1895–1940-е гг.) стал ярким проявлением новых тенденций в архитектуре, демонстрируя отсутствие аутентичности образа и манифест интернациональности. В его недрах проявились следующие стилистические направления: модерн, функционализм, рационализм, формализм, конструктивизм, каждый из которых оказал влияние на форму, функцию, контекст использования художественной перфорации.

На этапе раннего модернизма (1895–1914 гг.) декоративный модерн оказал влияние на форму и рисунок художественной перфорации, что проявилось в активном использовании стеновых проемов на фасадах зданий в форме эллипсов, овалов, трапеций, соответствуя концептуальной основе архитектуры модернизма о взаимопроникновении внутренних и внешних пространств, частично переняв черты эклектики и барокко – плавные пластичные формы, работа со светом, гибкие линии, выходящие орнаменты, цветной витраж, наличники, решетки, дополняющие иллюзию движения. Развитие архитектуры модернизма шло под влиянием многих архитектурных школ: например, в немецкой архитектуре раннего модернизма впервые использовался прием отделения несущей конструкции от наружного ограждения, что впоследствии расширило возможности применения художественной перфорации.

В период развитого модернизма (1914–1940-е гг.) получает становление функционализм [7], проявившийся в отражении функции на фасаде здания: перфорированная плоскость фасада с крупными отверстиями различных геометрических форм несет технологический, функциональный и художественно-декоративный контекст, отражает внутреннюю функцию здания и особенности его конструкции.

Далее в архитектуре происходит переход к рационализму [7], идеологи которого превозносят роль формы и ведут проектирование здания от формы, а не от функции. Прямое подражание формам техники (автомобилям, пароходам, самолетам) предопределило переход рационализма в формализм [7], отдавший предпочтение форме по сравнению с содержа-

нием. В архитектуре этого периода начинают активно использовать изобретенные Ле Корбюзье солнцезащитные решетки [8]. Их конструкция, форма и расположение на фасаде здания создавали оболочку ажурного перфорированного фасада и богатую светотень, выполняя одновременно и функциональную, и декоративную роль. Проявление рационализма нашло отражение в целом ряде архитектурных объектов: Бахметьевский гараж (арх. Константин Мельников и Владимир Шухов, Москва, Россия, 1927 г.), Клуб имени Зуева (арх. И.А. Голосов, Москва, Россия, 1927–1929 гг.) (см. таблицу, рис. 7).

Пришедший на смену вышеназванным направлениям конструктивизм превозносил единство формы, функции и доминирование конструкции (преимущественно стального каркаса). Художественная перфорация на фасадах таких зданий получила рисунок протяженного ленточного оконного проема. Яркими примерами являются Дом-коммуна на Гоголевском бульваре (арх. М.О. Барщ, В.Н. Владимиров, Москва, 1929 г.), Экспериментальный студенческий дом-коммуна на ул. Орджоникидзе (арх. И.С. Николаев, Москва, 1929–1930 гг.), Дом-коммуна Наркомфина на Новинском бульваре (арх. М. Гинзбург, Москва, 1928–1930 гг.) (см. таблицу, рис. 8).

Постмодернизм 70-х гг. XX в. выдвинул новые концепты архитектуры постиндустриальной эпохи (универсальная функционально-планировочная структура здания; запоминающийся, уникальный образ внешней оболочки объекта; принципы двойного кодирования; процесс формообразования объекта как персонифицированного композиционного манифеста; антиконтекстуальность; пренебрежение национальными традициями), направленные на получение системного эффекта от использования целого ряда приемов, значительное место среди которых заняла художественная перфорация. Сформировавшиеся в рамках постмодернизма такие стилистические направления, как хай-тек, конструктивизм и дигитальная архитектура оказали существенное влияние на дальнейшее развитие художественной перфорации и изменение ее роли в архитектуре общественных зданий.

Рассматривая в качестве научной базы дифференциацию архитектурных стилей на три укрупненные группы – рационалистическая, синтетическая и декоративно-художественная линии, следует отметить, что функциональная компонента художественной перфорации кардинально меняет вектор своего развития в XXI в., занимая прочные позиции в архитектуре постиндустриально-

го общества, в котором процессы глобализации ассимилируются с уникальными региональными семантическими особенностями [10]. Следует отметить, что ее современная художественно-декоративная роль противопоставляется стилистике декоративно-художественной линии в архитектуре (эkleктика, ар-деко, неоклассицизм и др.) По оценкам специалистов, смена эстетической парадигмы актуализировала необходимость разработки нового профессионального инструментария формирования уникальных образов в архитектуре общественных зданий, характеризующихся как аттрактивные городские объекты, придающие аутентичность городской среде и привлекающие население.

Зарождение этого процесса можно отнести к периоду раннего постмодернизма (1970–1990-е гг.), когда архитектура начинает играть роль визуально-смысловой коммуникации, в основе восприятия которой лежат коды [7], – архитектура пропагандируется как символический знак декорирования, а элементы форм становятся многозначными и меняют свое конкретное значение в зависимости от контекста [7]. Вышесказанное ярко прослеживается в здании Штаб-квартиры центрального китайского телевидения (CCTV, Пекин, 2012 г. арх. Р. Коолхаас): первый код отражает восприятие здания как движение «живого организма», второй отражается в членении фасада здания черной деформированной перфорированной сеткой, воспроизводящей планировочную структуру города начала XX в. (см. таблицу, рис. 9). В этот период впервые применяется мелкая перфорация оконными проемами всей плоскости стены высотного здания, выражающая доминирование массы над пространством, и надолго входит в язык постмодернизма, становясь активным художественным приемом. Примерами являются: Здание коммунальных служб в Портланде, шт. Орегон (США, 1980–1982 гг.) и Хьюмана-Билдинг в Луинсвилле, шт. Кентукки (США, 1982–1985 гг.) архитектора М. Гейвза (см. таблицу, рис. 10). Также активно применяется использованный ранее прием включения на фасад здания гигантской перфорации, например в гостинице «Атлантик» (Майами, архитекторы группы «Архитектоника», 1982 г.) было сделано огромное отверстие в центре объема здания, внутри которого образовалось общественное пространство для отдыха.

В период постмодернизма получает развитие стилистическое направление хай-тек: архитектура отражает эру технического прогресса, обнажает конструкцию, коммуникационные

и инженерные системы здания, превращая их в элементы эстетической структуры. Перфорация получает новое воплощение – как смешение принципов наложения, смещения, пересечения, сквозных отверстий, в результате которого образуется художественная перфорация в структуре пространственной сетки. Ярким примером является Стадион «Птичье гнездо» (арх. Ай Вэйвэй, Пекин, Китай, 2008 г.), Центр искусств «Готай» (арх. Цзин Цюань Чунцин, 2013 г.) (см. таблицу, рис. 11)

В период развитого постмодернизма (1990–2000-е гг.) в архитектуре происходит отделение дифференциации утилитарной функции и формы здания, его структуры и оболочки. Активное развитие получает деконструктивизм: отсутствие образности, антиконтекстуальность, атектоничность, антигравитационность, многослойность, многозначность, сложные композиционные построения, отсутствие связи с историей. Актуализируется необходимость создания уникального, штучного архитектурного объекта. В этом контексте архитекторы активно применяют прием художественной перфорации.

В период позднего постмодернизма (с 2000-х гг.) получает становление дигитальная архитектура: здания утрачивают привычные формы и коды, принимают нестабильные, многообразные формы, состояния, становятся местом коммуникации. Параметризм предопределил включение перфорированных сеток, перфорация в этот период синтезировала в себе все ранее названные компоненты и функции, стала активным средством формообразования и элементом функционально-конструктивной системы. Современный цифровой орнамент выступает сегодня главным организующим приемом и становится конструктивной составляющей оболочки здания [9]. Известными примерами стали проект здания гражданского суда в ансамбле «Кампус правосудия» (Мадрид, Испания, арх. Заха Хадид, проект 2007 г.), фасад отеля Morpheus (Макао, Китай, арх. Заха Хадид, 2018 г.) (см. таблицу, рис. 12). Все вышеперечисленное выводит нас в сферу новых эмерджентных технологий, когда включение перфорации придает новые качества архитектурным объектам, а сам прием становится инструментом нового формообразования, синергии композиционных, функциональных и технологических компонентов создания инвариантных моделей в процессе проектирования.

Таким образом, проанализированная автором эволюция функциональной компоненты художественной перфорации позволила выделить ее ключевые этапы и доминантные роли в архитектуре общественных зданий.

Эволюция функциональной компоненты художественной перфорации

Хронологические этапы становления функциональной компоненты художественной перфорации

Генерация — зарождение процесса (от 12 тыс. лет до н.э.—V в. н.э.)



Рис. 1. План и реконструкция римского дома с атриумом (II—I вв. до н. э.)



Рис. 2. Храм «всех богов» Пантеон (Рим, 118–128 гг.)

Культура Древнего Египта, Древней Эфиопии, Древней Греции, Древнего Рима

Репликация — усложнение ФКХП (II в. до н.э.—XII в. н.э.)

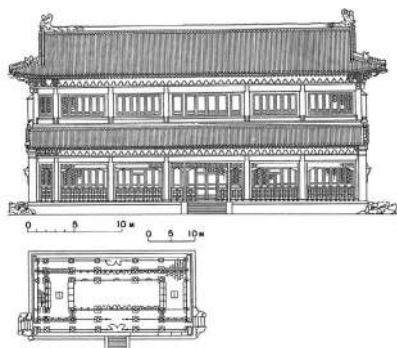


Рис. 3. Императорский дворец, Библиотека Вэньюаньгэ. Южный фасад (Китай, Пекин, 1773–1783 гг.)



Рис. 4. Мечеть Ибн Тулуна (Фустат, Египет, 876–879 гг.)

Страны Востока и Азии: Китай, Армения, Вьетнам, Египет, Тунис, Алжир, Турция

Конвергенция — сближение, объединение (XII—конец XIX вв.)



Рис. 5. Палаццо Дожей (Венеция, Италия, арх. Филиппо Календарио, Пьетро Базейо, 1419 г.)



Рис. 6. Собор Парижской Богоматери (Париж, Франция, (1163–1345 гг.)

Готический период

Окончание таблицы

**Ароморфоз — усложнение, переход на другой уровень
в архитектуре общественных зданий (с 1895 г. — по настоящее время)**



Рис. 7. Бахметьевский гараж (Москва, Россия, арх.: Константин Мельников и Владимир Шухов, 1927 г.)



Рис. 8. Дом-коммуна Наркомфина на Новинском бульваре (Москва, Россия, арх. М. Гинзбург, 1928–1930 гг.)

Модернизм: модерн, функционализм, рационализм, формализм, конструктивизм



Рис. 9. Здание Штаб-квартиры центрального китайского телевидения (ССТV) (Пекин, Китай, арх. Р. Коолхаас, 2012 г.)



Рис. 10. Хьюмана-Билдинг в Луинсвилле, (шт. Кентукки, США, арх. М. Гейвза, 1982–1985 гг.)



Рис. 11. Стадион «Птичье гнездо» (Пекин, Китай, арх. Ай Вэйвэй, 2008 г.)



Рис. 12. Фасад отеля Morpheus (Макао, Китай, арх. Заха Хадид, 2018 г.)

Постмодернизм: хай-тек, конструктивизм, цифровая архитектура

1 этап – Генерация (от 12 тыс. лет до н.э.–V в. н.э.) – первый этап, характеризующий зарождение перфорации в архитектурных объектах и ее применение в функционально-технологическом аспекте, ярко отразивший специфику архитектуры в период мезолита, первобытного общества, культуры Древнего Египта, Древней Эфиопии, Древней Греции и Древнего Рима.

2 этап – Репликация (II в. до н.э.–XII в. н.э.) – второй этап, характеризующий усложнение функциональной компоненты художественной перфорации, когда к технологической функции перфорации добавляется художественная.

3 этап – Конвергенция (XII–XIX вв.) – третий этап, характеризующий сближение, объединение доминирующей художественной компоненты с элементами технологической в палитре функций перфорации в архитектуре.

4 этап – Арморфоз (с 1895 г. – по настоящее время) – усложнение, переход на другой уровень в архитектуре общественных зданий: перфорация приобретает функцию художественно-декоративного, образно-аутентичного и эмерджентного инструментария работы с архитектурой общественных зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толковый словарь русского языка / под ред. Д. Н. Ушакова (1935–1940) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://feb-web.ru/feb/ushakov/ush-abc/16/us323713.htm?cmd=0&istext=1>

2. Медицинская энциклопедия [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://gufo.me/dict/medical_encyclopedia

3. Толковый словарь С.А.Кузнецова [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://gufo.me/dict/kuznetsov>

4. Всеобщая история архитектуры. Архитектура Древнего мира / Издательство литературы по строительству. М., 1970. 532 с.

5. Всеобщая история архитектуры. Архитектура античного мира (Греция и Рим) / Издательство литературы по строительству. М., 1973. 742 с.

6. Всеобщая история архитектуры. Архитектура западной Европы Средние века / Издательство литературы по строительству. М., 1969. 712 с.

7. Вавилонская Т.В. История пространственных искусств. Архитектура XX–XXI вв.: Архитектура модернизма. Архитектура постмодернизма / СГАСУ. Самара, 2016. 359 с.

8. Иконников А.В., Степанов Г.П. Основы архитектурной композиции. М.: Искусство, 1971. 224 с.

9. Добрицына И.А. Новые проблемы архитектуры в эпоху цифровой культуры // Academia. Архитектура и строительство / Российская академия архитектуры и строительных наук. М., 2013. Вып. 4. 12 с.

10. Орельская О.В. Современная зарубежная архитектура. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.

REFERENCES

1. *Tolkovyyj slovar' russkogo yazyka / pod red. D. N. Ushakova (1935–1940)* [Explanatory dictionary of the Russian language edited by D. N. Ushakov (1935–1940)]. Available at: <http://feb-web.ru/feb/ushakov/ush-abc/16/us323713.htm?cmd=0&istext=1> (Accessed 23 December 2020)

2. [Medical encyclopedia]. Available at: https://gufo.me/dict/medical_encyclopedia (Accessed 23 December 2020)

3. *Tolkovyyj slovar' S.A.Kuznecova* [S. A. Kuznetsov's Explanatory dictionary]. Available at: <https://gufo.me/dict/kuznetsov> (Accessed 23 December 2020)

4. *Vseobshchaya istoriya arhitektury. Arhitektura Drevnego mira* [General history of architecture. Architecture of the Ancient world]. Moscow, Publishing house of literature on construction, 1970. 532 p.

5. *Vseobshchaya istoriya arhitektury. Arhitektura antichnogo mira (Greciya i Rim)* [General history of architecture. Architecture of the ancient world (Greece and Rome)]. Moscow, Publishing house of literature on construction, 1973. 742 p.

6. *Vseobshchaya istoriya arhitektury. Arhitektura zapadnoj Evropy Srednie veka* [General history of architecture. Architecture of Western Europe in the Middle ages]. Moscow, Publishing house of literature on construction, 1969. 712 p.

7. Vavilonskaya T. V. *Istoriya prostranstvennyh iskusstv. Arhitektura XX–XXI vv.: Arhitektura modernizma. Arhitektura postmodernizma* [History of spatial arts. Architecture of the XX–XXI centuries: Architecture of modernism. Postmodern architecture]. Samara, SGASU, 2016. 359 p.

8. Ikonnikov A.V., Stepanov G. P. *Osnovy arhitekturnoj kompozicii* [Fundamentals of architectural composition]. Moscow, Iskusstvo, 1971. 224 p.

9. Dobritsyna I. A. New problems of architecture in the era of digital culture. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction]. Moscow, 2013, no.4. 12 p.

10. Orejskaya O. V. *Sovremennaya zarubezhnaya arhitektura* [Modern foreign architecture]. Moscow, Publishing center «Academy», 2006. 272 p.

Об авторе:

ДАНИЛОВА Анастасия Вадимовна
аспирант кафедры дизайна
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: n_Anastasiya163@list.ru

DANILOVA Anastasiya V.
Postgraduate Student of the Design Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: n_Anastasiya163@list.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-312-90005

The research was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 20-312-90005

Для цитирования: Данилова А.В. Эволюция функциональной компоненты художественной перфорации в архитектуре общественных зданий // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 136–143. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.16.

For citation: Danilova A.V. Evolution of the Functional Component of Artistic Perforation in the Architecture of Public Buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 136–143. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.16.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

Направления
деятельности



Научно-технический журнал «Градостроительство и архитектура» приглашает Вас опубликовать статью

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, индексируется в системе РИНЦ, каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России»: И70570

Руководитель



Александр Кузьмич СТРЕЛКОВ
доктор технических наук, главный редактор

Контакты



443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194
(846) 242-36-98
vestniksgasu@yandex.ru

Н. А. КОСЕНКОВА
М. А. ДЕМИРОВА
Е. В. КОСЕНКОВА

АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДУХОВНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ ИСЛАМСКОЙ КУЛЬТУРЫ

**ANALYSIS OF WORLD EXPERIENCE IN DESIGNING
OF ISLAMIC CULTURE SPIRITUAL AND EDUCATIONAL CENTERS**

Анализируется мировой опыт проектирования и строительства религиозных сооружений и духовно-просветительских центров ислама рубежа XX – XXI вв. Приводятся наиболее известные современные примеры культовых объектов ислама. Классифицируются похожие временные, стилевые, конструктивные, планировочные особенности храмов. На основании выполненного анализа предлагаются выводы о преобладающем направлении в проектировании исламских культовых зданий – историзме. Показано, что важной концепцией проектирования становится открытость и толерантность объекта по отношению к городу и создание гармоничной среды вокруг нового сооружения.

Ключевые слова: исламская архитектура, духовно-просветительские центры, гармоничная среда, авторская концепция, объемно-планировочная структура

Религия выполняет многие функции в обществе: она пытается ответить на вопросы мироздания, объяснить необъяснимое, оправдывает само существование человека; религия является ориентирующей силой в критических ситуациях [1].

Религия, таким образом, занимает важное место в обществе наряду с наукой, политикой, искусством. Человек может по-разному относиться к религии, но он обязательно задумывается о смысле жизни, о высших материях. Духовность человека отчасти можно определить той мерой, в какой он задумывается над этими вопросами и стремится получить ответы на них.

Сегодня происходит социально-культурное обновление общества, поэтому существует реально возросшая потребность в культовых объектах. В свою очередь, возрождение культовых традиций позволит повысить уровень знаний, духовности и исторической памяти общества.

Рассмотрим мировой опыт проектирования религиозных сооружений ислама как одной из главных мировых религий. Именно

The article analyzes the world experience in the design and construction of religious buildings and spiritual and educational centers of Islam at the turn of the XX–XXI centuries. The most famous modern examples of religious objects of Islam are given. Similar temporal, stylistic, structural, and planning features of temples are classified. Based on the performed analysis, conclusions are drawn about the prevailing trend in the design of Islamic religious buildings – historicism. It is shown that an important design concept is the openness and tolerance of the object in relation to the city and the creation of a harmonious environment around the new structure

Keywords: Islamic architecture, spiritual and educational centers, harmonious environment, author's concept, space-planning structure

в культовой архитектуре происходит материализация идеальных потребностей человека.

Объемно-планировочная структура **Джумаа мечети «Дом наследия», г. Хартум, Судан** (рис. 1) основана на примере традиционных катарских мечетей и представляет основные принципы ислама – простота, геометрия, чистота. По периметру здания находится крытая галерея с временной или постоянной музейной экспозицией, в центре внутреннего дворика – искусственный водоем, символизирующий жизнь в исламе. Мечеть была разработана в соответствии с золотым стандартом LEED и использует пассивные и активные устойчивые методы, включая фотоэлектрические и солнечные нагреватели [2].

Отличительной чертой **Джумаа мечети, г. Кельна, Германия** (рис. 2) стало то, что она спроектирована в стиле неомодерн с нестандартной объемно-композиционной структурой, это отображает тенденцию развития исламской архитектуры в мировом опыте проектирования. Образовательные функции находятся в стилобатной части, а над ней располо-

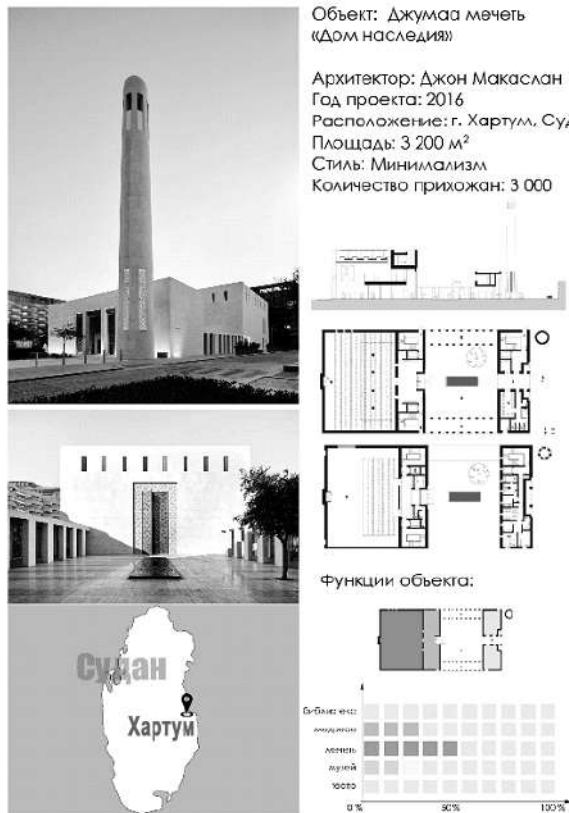


Рис. 1. Характеристики Джумаа мечети «Дом наследия», г. Хартум, Судан

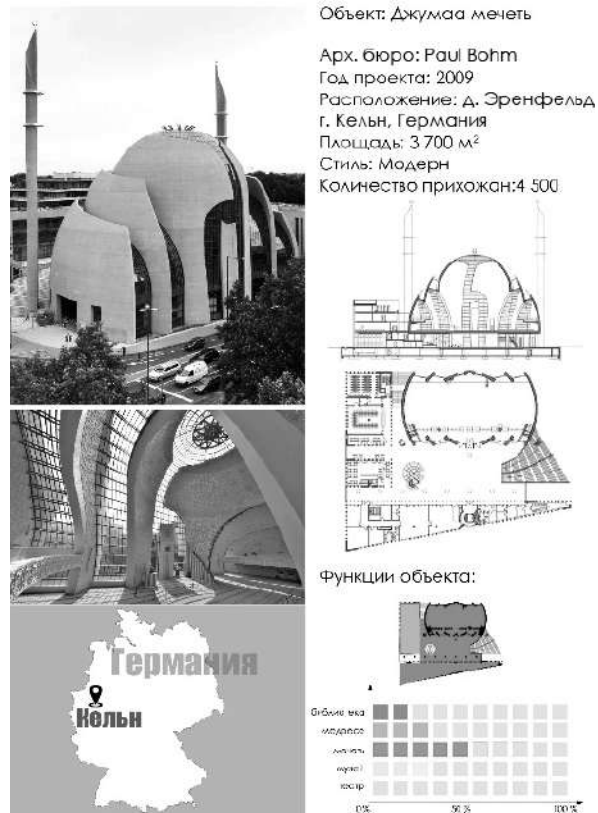


Рис. 2. Характеристики Джумаа мечети, г.Кельн, Германия

жено моельное пространство. Важная задача архитекторов заключалась в создании открытости и доступности объекта жителям и городу. Решением стало создание вертикального остекления, позволяющего наблюдать за происходящим в здании [3].

Известный комплекс мечети «Кул Шариф», г. Казань, Россия, расположен на участке значительного размера с рельефом (рис. 3). Особенности рельефа тонко рассчитаны и использованы архитекторами. Так, верхняя площадка выделена для ритуальных функций (пятничная молитва), нижняя – для музейно-экскурсионных мероприятий. Функциональные пространства объекта разделены на несколько типов – духовная (моельный зал), просветительская (библиотека, выставочные пространства) и образовательная (медресе). В плане мечеть представляет собой пересечение двух квадратов под углом 45 град., что является символическим знаком в исламе, означающим «благословение Аллаха» [4].

Купол мечети г. Базун, Египет (рис. 4) переосмыслен и представлен как самостоятельная единица с инновационными функциями: конструктивно как система крыши, экологически как ветроуловитель и световой люк, а

эстетически как отдельный независимый геометрический объект, оцененный как изнутри, так и снаружи. В функциональной структуре кроме самой мечети находится медресе. Такой прием архитекторов как бы возвращает посетителя к первоначальной всеохватывающей функции мечети – духовного обучения [5].

Основной задачей и ключевой особенностью концепции архитекторов при проектировании мечети «Аль-Ислах», Сингапур (рис. 5) стало создание атмосферы открытости, в то время как функция мечети – уединение. Чтобы добиться желаемого эффекта открытости, архитекторы применили следующий подход, использующий особенности построения объема. Пористость объема мечети создается за счет физической и визуальной доступности объекта. Из-за достаточного процента остекления и применения минимальных ограждающих конструкций границы между помещением мечети и улицей буквально стираются. Огромные площади остекления загорожены защитными экранами с изображением традиционного геометрического узора [6].

Ключевой концепцией проекта мечети «Аль-Варкаа», г. Дубай, ОАЭ (рис. 6) является



Рис. 3. Характеристики мечети «Кул Шариф», г. Казань, Россия

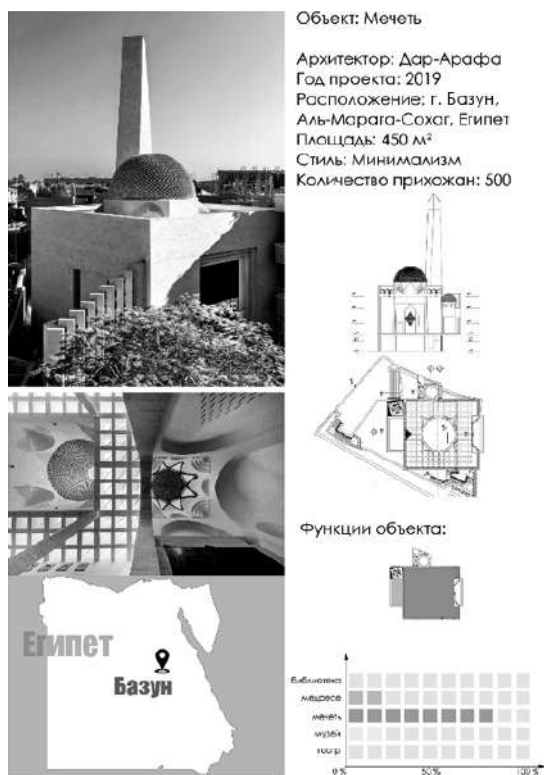


Рис. 4. Характеристики мечети г. Базун, Египет

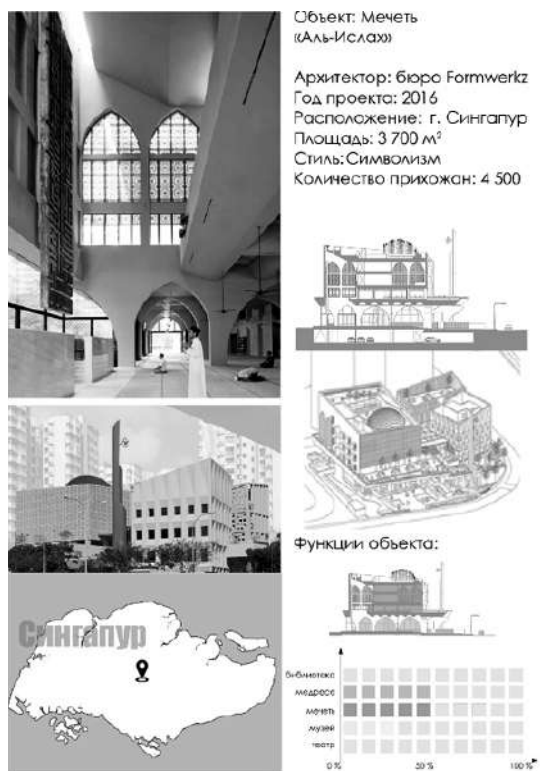


Рис. 5. Характеристики мечети «Аль-Ислах», г. Сингапур

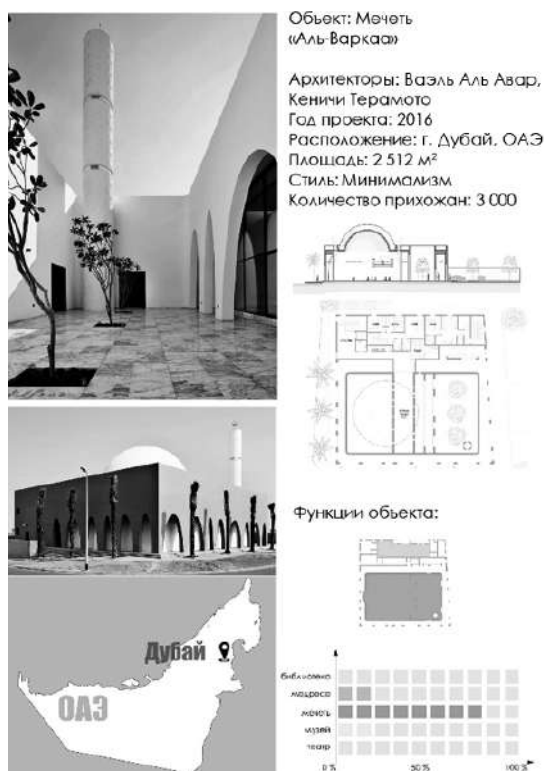


Рис. 6. Характеристики мечети «Аль-Варкаа», г. Дубай, ОАЭ

тема света, как физического аспекта, так и духовного, в образе современной мечети. Акцент создает рассеянный эффект от световых люков в кровле, через которые можно наблюдать движение солнца, а молящимся знать время молитвы. Для полной интеграции в существующую пустынную среду использован саудовский песчаник. Образ мечети образует контраст с белым внутренним убранством объекта, что особенно подчеркивает святость места [7].

Отличительной чертой Мусульманского культурного центра, г. Хэбэй (рис. 7), Китай стало то, архитекторы совместили в данном проекте различные функции – театр, выставочное пространство, библиотеку, медресе, конференц-залы. Таким образом, Мусульманский культурный центр несколько выходит за рамки мечети, позиционируя себя как «Национальный дворец». Авторы учитывали и совмещали множество факторов, таких как особенный этнический состав населения, исторический контекст территории, особые религиозные убеждения, функциональные требования участка для создания нового культурного ориентира. В ходе проектирования основным стало целостное восприятие и концепция устойчивого развития, учитывающая регионализм, культурный и эпохальный характер архитектуры [8].

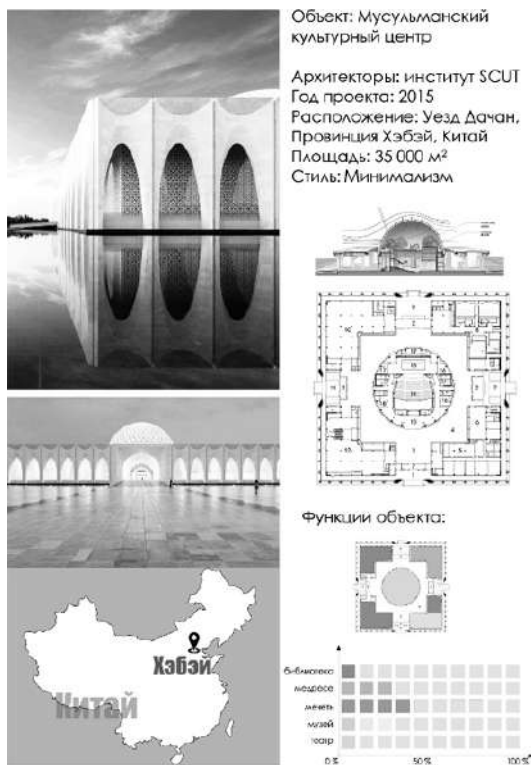


Рис. 7. Характеристики Мусульманского культурного центра, г. Хэбэй, Китай

Религиозно-светский комплекс «Хикма», д. Дандаджи, Нигер (рис. 8) задуман как центр культуры и образования для всего региона Нигера, где спокойно сосуществуют светское и религиозное образование. В главном объеме центра выделяются две основные функциональные доминанты – религиозный (духовный) блок (мечеть) и образовательный блок (библиотека и медресе), они разделены внутренним открытым двориком и минаретом [9].

При разработке **мечети «Пунш-боул», г. Южный Уэльс, Австралия** (рис. 9) архитекторы решали несколько задач. Во-первых, создать современную интерпретацию традиционного внутреннего убранства мечети. Для этого бетонный потолок украсили 102 сферических купола, каждый из них имеет отверстие диаметром 30 см. Солнечные лучи освещают через эти отверстия молитвенный зал с рассвета – начала утренней молитвы и до заката – вечерней молитвы. Второй задачей было разделить потоки верующих – на мужской и на женский. Поэтому было создано два дворика с разделением потоков верующих [10].

Задача архитекторов **Джумаа мечети, г. Москва, Россия** (рис. 10) заключалась в сохранении исторической застройки и ее очертаний, поэтому при реконструкции мечети многие стены сохранены. Градостроительный аспект здесь



Рис. 8. Характеристики религиозно-светского комплекса «Хикма», д. Дандаджи, Нигер

также немаловажен – мечеть буквально стиснута жилыми домами и Олимпийским стадионом. Эстетический облик мечети базируется на исторической Казанской исламской архитектуре. Мечеть насыщена различными функциями – образовательным блоком (медресе, лекции), просветительским блоком (библиотека, выставочные пространства) и духовным (молельные залы, отдельные для мужчин и женщин) [11].

Архитекторы мечети «Ясамкент», г. Анкара, Турция (рис. 11) при проектировании уделяют внимание традиционным и местным ценностям, так как они создают ощущение устойчивой архитектуры объекта. Ключевая тема – это баланс между открытыми, пронизываемыми и закрытыми пространствами, сдержанностью и позиционированием внешнего облика, современностью и традициями [12].

Архитекторы проекта мечети общества г. Гульшан, Бангладеш (рис. 12) переосмыслили типологию мечети ввиду того, что под застройку был выделен небольшой участок, но мечеть необходимо было рассчитать на большое количество прихожан. В результате приняли решение о проектировании многоэтажной, т. е. вытянутой по вертикали мечети. Литой белый бетон представляет собой фасад, который сливается с городской застройкой. В бетоне вырезаны

узоры – для улучшения аэрации и продуваемости внутренних пространств мечети [13].

Уникальность мечети «Аль-Ирсяд», г. Западная Ява, Индонезия (рис. 13) достигается тем, что на основном фасаде использованы крупные квадраты камней для создания тектонического эффекта, которые так же, как и исламский каллиграфический текст на фасаде, напоминают о молитве. При проектировании архитекторы часто используют символические коды. Отсюда – мечеть имеет традиционную форму квадрата, так как мусульмане молятся в прямых рядах, обращенных в определенном направлении к Кибле. Эта форма также намекает на Каабу, самую важную структуру в исламском мире, на которую направлены все молитвы мусульман [14].

Соборная Джумаа мечеть «Джами», г. Нижнекамск, Россия (рис. 14) находится на открытой площади, соседствуя с высотной жилой застройкой. Мечеть представляет собой современную культовую постройку с нетрадиционной объёмно-пространственной композицией. Архитекторы мечети решили воплотить нестандартные, современные формы, так как город молодежный. Кроме основного назначения мечети, существуют дополнительные культурно-просветительские функции [15].



Рис. 9. Характеристики мечети «Пунш-боул», г. Южный Уэльс, Австралия



Рис. 10. Характеристики Джумаа мечети, г. Москва, Россия



Рис. 11. Характеристики мечети «Ясамкент», г. Анкара, Турция



Рис. 12. Характеристики мечети общества г. Гульшан, Бангладеш



Рис. 13. Характеристики мечети «Аль-Ирсяд», г. Западная Ява, Индонезия

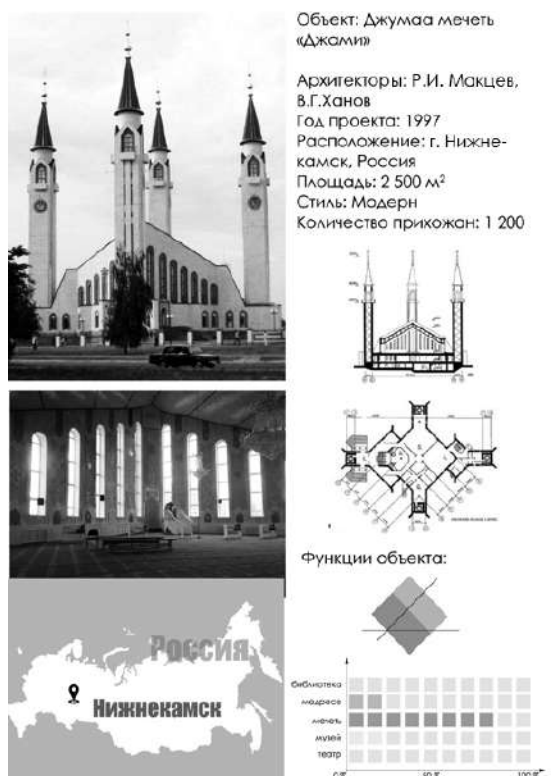


Рис. 14. Характеристики Джумаа мечети «Джами», г. Нижнекамск, Россия

Выводы. В результате рассмотренного мирового опыта проектирования и строительства религиозных сооружений и духовно-просветительских центров ислама рубежа XX – XXI вв., выявляется тенденция проектирования духовно-просветительских функций в одном направлении с православными храмами. В ходе исследования установлено, что в 70 % примеров главным функциональным ядром объекта является религиозный блок – мечеть; второстепенными: образовательный блок – медресе, библиотека; просветительский блок – музей, театр.

Российский опыт проектирования мусульманских духовно-просветительских центров и мечетей уступает зарубежному, но существуют современные российские аналоги, где используются новейшие объемно-планировочные приемы. Для решения фасада и создания его уникальности применяют медиа-фасады, купол заменяется шатром. Также используются современные приемы – метафорический код и интерпретация традиционных элементов с помощью символики и т. д.

Главной концепцией проектирования стала открытость и толерантность культового объекта ислама к горожанам и создание гармоничной городской среды, что достигается за счёт дополнительных культурно – просветительских функций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы религиоведения / под общ. ред. И. Н. Яблокова М.: Высшая школа, 1994. 200 с.
2. John McAslan and Partners' Jumaа Mosque imparts a cultural authenticity [Электронный ресурс] / architectural-review. – URL: <https://www.architectural-review.com/buildings/john-mcaslan-and-partners-jumaа-mosque-imparts-a-cultural-authenticity> / (дата обращения: 15.09.2019).
3. Central mosque cologne [Электронный ресурс] / archello. – URL: <https://archello.com/project/central-mosque-cologne> / (дата обращения: 4.09.2019).
4. Комплекс мечети Кул Шариф [Электронный ресурс] / kazan-kremlin. – URL: <https://kazan-kremlin.ru/muzej-zapovednik/o-kremle/arhitektura/kompleks-mecheti-kul-sharif> / (дата обращения: 5.09.2019).
5. Basuna Mosque (Al-Abu Stait) [Электронный ресурс] / herskhazeen. – URL: <http://www.herskhazeen.com/basuna-mosque-al-abu-stait> / (дата обращения: 15.09.2019).
6. Al-Islah Mosque [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/773123/al-islah-mosque-formwerkz-architects> / (дата обращения: 8.09.2019).
7. Al Warqa'a Mosque [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/787633/al-warqaa-mosque-ibda-design> / (дата обращения: 4.09.2019).

8. Da Chang Muslim Cultural Center [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/799215/da-chang-muslim-cultural-center> / (дата обращения: 4.09.2019).

9. HIKMA - A Religious and Secular Complex [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/920427/hikma-a-religious-and-secular-complex> / (дата обращения: 5.09.2019).

10. Punchbowl Mosque [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/914578/punchbowl-mosque-candalepas-associates> / (дата обращения: 5.09.2019).

11. Московская Соборная мечеть [Электронный ресурс] / turbina. – URL: <https://turbina.ru/guide/Moskva-Rossiya-112312/Otzyvy/Tchto-delat-dostoprimechatelnosti/Arhitektura-Pamyatniki/3/0/Moskovskaya-Cobornaya-metchet> / (дата обращения: 18.09.2019).

12. Yasamkent Mosque [Электронный ресурс] / archello. – URL: <https://archello.com/project/yasamkent-mosque> / (дата обращения: 4.09.2019).

13. Gulshan Society Mosque [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/917210/gulshan-society-mosque> / (дата обращения: 5.09.2019).

14. Al-Irsyad Mosque [Электронный ресурс] / archdaily. – URL: <https://www.archdaily.com/87587/al-irsyad-mosque-urbane> / (дата обращения: 8.09.2019).

15. Нижнекамская соборная мечеть [Электронный ресурс] / advisor.travel. – URL: <https://ru.advisor.travel/poi/Nizhnekamskaya-sobornaya-mechet-19135> / (дата обращения: 11.09.2019).

REFERENCES

1. *Osnovy religiovedeniya* [The basics of religion]. Under the general ed. Yablokova I. N. M., Higher School, 1994.
2. John McAslan and Partners ' Jumaа Mosque imparts a cultural authenticity / architectural-review. Available at: <https://www.architectural-review.com/buildings/john-mcaslan-and-partners-jumaа-mosque-imparts-a-cultural-authenticity> (Accessed 15.09.2019).
3. central mosque cologne / archello. Available at: <https://archello.com/project/central-mosque-cologne> (Accessed 4.09.2019).
4. The complex of the mosque Kul Sharif / the kazan kremlin. Available at: <https://kazan-kremlin.ru/muzej-zapovednik/o-kremle/arhitektura/kompleks-mecheti-kul-sharif> (Accessed: 5.09.2019).
5. Basuna Mosque (Al-Abu Stait) / herskhazeen. Available at: <http://www.herskhazeen.com/basuna-mosque-al-abu-stait> (Accessed: 15.09.2019).
6. Al-Islah Mosque / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/773123/al-islah-mosque-formwerkz-architects> (Accessed 8.09.2019).
7. Al Warqa'a Mosque / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/787633/al-warqaa-mosque-ibda-design> (Accessed 4.09.2019).

8. Da Chang Muslim Cultural Center / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/799215/da-chang-muslim-cultural-center> (Accessed 4.09.2019).

9. HIKMA - A Religious and Secular Complex / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/920427/hikma-a-religious-and-secular-complex> (Accessed 5.09.2019).

10. Punchbowl Mosque / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/914578/punchbowl-mosque-candalepas-associates> (Accessed 5.09.2019).

11. Moscow Cathedral Mosque / turbina. Available at: <https://turbina.ru/guide/Moskva-Rossiya-112312/Otzyvy/Tchto-delat-dostoprimechatelnosti/Arkhitektura-Pamyatniki/3/0/Moskovskaya-Cobornaya-mechet> (Accessed 18.09.2019).

12. yasamkent mosque / archello. Available at: <https://archello.com/project/yasamkent-mosque> (Accessed 4.09.2019).

13. Gulshan Society Mosque / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/917210/gulshan-society-mosque> (Accessed 5.09.2019).

14. Al-Irsyad Mosque / archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/87587/al-irsyad-mosque-urbane> (Accessed 8.09.2019).

15. Nizhnokamsk Cathedral Mosque / advisor.travel. Available at: <https://ru.advisor.travel/poi/Nizhnokamskaya-sobornaya-mechet-19135> (Accessed 11.09.2019).

Об авторах:

КОСЕНКОВА Наталья Алексеевна

кандидат архитектуры, доцент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: kosenkovana@mail.ru

KOSENKOVA Natalya

PhD in Architecture, Associate Professor of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: kosenkovana@mail.ru

ДЕМИРОВА Мадина Алавердиевна

студентка 5 курса архитектурного факультета Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: madinkaa090@gmail.com

DEMIROVA Madina

Student of the Faculty of Architecture Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: madinkaa090@gmail.com

КОСЕНКОВА Елизавета Владимировна

магистрант кафедры архитектуры Московский государственный строительный университет 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26 E-mail: elizavetkos@mail.ru

KOSENKOVA Elizaveta Vladimirovna

Master's degree student of the Architecture Chair Moscow State University of Civil Engineering 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl highway, 26 E-mail: elizavetkos@mail.ru

Для цитирования: 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.

For citation: 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 arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 144–151. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.17.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ



УДК 711.523

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.18

Д. Б. ВЕРЕТЕННИКОВ
С. О. НОВИКОВА

МЕТОДЫ РЕНОВАЦИИ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА САМАРЫ

METHODS OF RENOVATION OF OPEN PUBLIC SPACES
OF THE HISTORICAL CENTER OF SAMARA

Рассматривается необходимость реновации открытых общественных пространств г. Самары, сложившихся в условиях исторической среды. Раскрывается понятие «открытых общественных пространств» и их особенности. Акцентировано внимание на их значимости и влиянии на дальнейшее развитие города в целом. Сформулирована актуальность темы, поставлены цель и задачи научного исследования. Выдвинута исследовательская гипотеза научной работы, предложена методологическая база исследования, основанная на анализе научных трудов в области градостроительства, рассматривающих аспекты организации и формирования открытых общественных пространств.

Ключевые слова: открытые общественные пространства, реновация, пешеходные системы, городская среда, исторический центр, общественные территории, коммуникации людей, реконструкция

Модернизация градообразующей базы наравне с производственной, а также формирование доступной городской среды определяют дальнейшее развитие и прогресс города. Ключевым условием для устойчивого поступательного развития качественной городской среды является наличие развитой транспортной сети и многофункциональных общественных пространств в составе пешеходных систем городов, формирующих единый коммуникационный каркас города [1].

Сложившееся пространство и среда города Самары отражают нехватку участков общественных пространств, адаптированных к современным градостроительным и социаль-

The necessity of renovation of open public spaces in Samara, which has developed in the historical environment, is considered. The concept of "open public spaces" and their features are revealed. Attention is focused on their significance and impact on the further development of the city as a whole. The relevance of the topic is formulated, the goal and objectives of scientific research are set. A research hypothesis of scientific work is put forward, a methodological basis for the study is proposed, based on the analysis of scientific works in the field of urban planning, considering aspects of the organization and formation of open public spaces.

Keywords: open public spaces, renovation, pedestrian systems, urban environment, historical center, public territories, communication of people, reconstruction

но-экономическим процессам жизнедеятельности города. Историческая центральная часть Самары, сформированная как исторической, так и современной застройкой, подчёркивает уникальность города. В то же время данная часть Самары выполняет роль источника и побудителя движения процессов городской активности, являясь местом притяжения социально-деловой, интеллектуальной, финансовой и других видов активности. Одно из первых определённых терминов «общественное пространство» можно встретить в трудах американского философа Ханны Арендт. Она обозначала пространство как частное и публичное, где частное представляет собой быт и домашнее хозяйство,

а общественное – связано с публичной деятельностью человека. Наглядным примером общественного пространства для Х. Арендт являлась древнегреческая агора, центр деловой и общественной деятельности, где проходили общенародные собрания [2]. Открытые общественные пространства – это территории, где регулярно происходит циркуляция различных процессов взаимодействия жителей и гостей города, которые характеризуются большой интенсивностью транспортного и пешеходного движения. К таким пространствам относятся площади, пешеходные улицы, скверы, парки, набережные, бульвары, в ряде случаев и тротуары [3] (рис. 1). Особенностью подобных пространств является их универсальность, характеризующаяся возможностью трансформации к изменяющимся городским процессам. В результате концентрации культурной, административной, образовательной, торговой, развлекательной, деловой и других функций, свойственных городскому центру, создаётся удобство и привлекательность данной пространственной среды [4]. Однако основой притягательности центральной части Самары являются ее исторические составляющие – прямоугольная сетка улиц и сохранившаяся историческая застройка.

Задачей общественных пространств является, в том числе, обеспечение перемещений и коммуникации людей внутри города [5]. Физические элементы зданий и сооружений, факторы природной среды в совокупности составляют неповторимую городскую среду, а общественные пространства в её составе от-

ражают взаимодействие пешеходов с городом и его центральными территориями [1]. С ростом города, на фоне постоянной смены образа жизни и человеческих потребностей, происходят изменения в способах использования открытых общественных пространств [6], основными проблемами которых становятся: перенасыщение среды автотранспортом, небезопасность пешеходного движения и непригодность функциональной и планировочной организации к современным потребностям города. Сложившиеся открытые общественные территории под влиянием смены приоритетов оказываются не в состоянии удовлетворить современные нужды города, нередко происходит частичная потеря ряда функций. На данный момент ряд открытых общественных пространств Самары деградируют или вовсе используются не по назначению. Из этого следует, что особую актуальность приобретает необходимость реновации и реорганизации открытых общественных пространств исторической части Самары. Городу необходимо наличие доступных, современных и комфортных площадок для процессов, связанных с коммуникацией, перемещением и обменом информацией в условиях изменяющейся коммуникационной активности горожан и расширением его территории, делающих историческую часть во многом транзитной территорией [2].

Территории, расположенные в границах исторического центра Самары, сформированы исторической и современной застройкой. В зависимости от ее состояния и градострои-

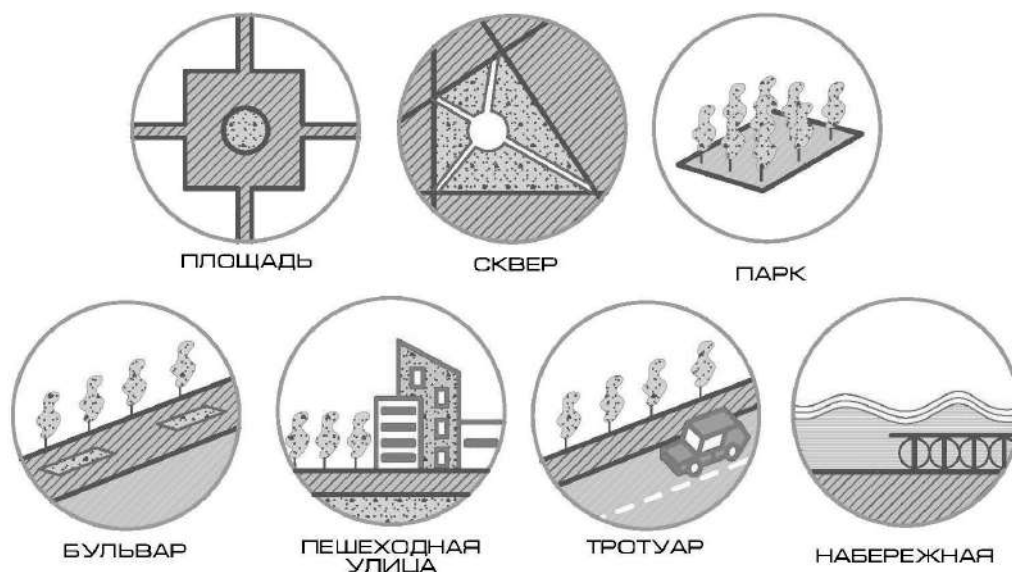


Рис. 1. Типология открытых общественных пространств

тельных условий реновация открытых общественных пространств может сводиться к минимуму или кардинально изменит среду за счёт резервов и утративших первоначальный функционал планировочных элементов открытых общественных пространств [7, 8]. Реновация и реконструкция территорий открытых общественных пространств неотъемлемо связаны с преемственностью развития планировочной структуры города. Сохраняя характерные структурные элементы и части при взаимодействии между хронологическими этапами формирования планировочной структуры города, можно соблюсти принцип преемственности развития территорий [9]. Реновация как способ придания новых функций сложившимся ранее открытым общественным пространствам способствует оптимизации функциональной

и технологической организации транспортно-пешеходного движения.

Предположение, что реновация открытых общественных пространств исторического центра Самары с привнесением новшеств в организацию транспортно-пешеходного движения вокруг них, а также изменение полностью или частично их функционала, позволит создать устойчивую и безопасную городскую среду, способную изменяться в зависимости от меняющихся потребностей города без ущерба для его исторической планировки и застройки, что становится полноценной исследовательской гипотезой (рис. 2).

Цель исследования заключается в изучении функционирования и классификации открытых общественных пространств исторической части Самары и разработке основных



Рис. 2. Территория и границы исторической части Самары (согласно Проекту предмета охраны, границ территории, требований к градостроительным регламентам в указанных границах в целях включения г.о. Самара в перечень исторических поселений [10])

принципов их последующей реорганизации путём реновации данных территорий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- Систематизировать приёмы реноваций и определить характерные особенности в организации открытых общественных пространств, сложившихся в условиях исторической среды в мировой и российской градостроительной практике.

- Выявить и дать характеристику открытым общественным пространствам, сложившимся в условиях исторической среды в центре Самары.

- Провести анализ структурно-функционального формирования выявленных открытых общественных пространств исторического центра Самары.

- Определить факторы, влияющие на функциональное и пространственное формирование открытых общественных пространств исторической части Самары.

- Разработать принципы и способы реновации открытых общественных пространств исторического центра Самары.

Объектом предложенного исследования становится историческая часть города Самары, сформировавшаяся с начала XIX до начала XX в. в границах рек Волги и Самары, участок Куйбышевской железной дороги на участке «Самара-Звезда», ул. Буянова, ул. Льва Толстого, ул. Спортивная, ул. Красноармейская, ул. Ульяновская, ул. Агибалова, ул. Коммунистическая, ул. Чкалова, ул. Мичурина, ул. Полевая, Волжский проспект.

Предметом исследования в указанных границах являются открытые общественные пространства исторической части Самары.

Границы исследования определяются границами территории исторического центра Самары с учётом возможной границы исторического поселения.

Основной методологии исследования являются научные труды, базирующиеся на:

- изучении комплекса теоретического и практического опыта реновации планировочной организации открытых общественных пространств на примерах российских и зарубежных городов;

- сравнительном анализе и классификации территорий открытых общественных пространств в исторической части городов;

- концептуальном прогнозировании принципов реновации открытых общественных пространств в исторических центрах городов.

Теоретическая концепция исследования основывается на анализе мировой и российской практики реноваций открытых общественных пространств, а также на градостроительных

исследованиях. Основными источниками здесь могут послужить:

- исследования в области территориально-планировочного развития исторически сложившихся городов: Д. Б. Веретенникова, В. А. Лаврова, И. Б. Галахова;

- исследования вопросов реновации и реконструкции открытых территорий исторической части городов: Т. Д. Товсенко, Е. И. Трубецкова, А. В. Иконникова, Е. А. Ахмедовой;

- исследования в области организации транспортно-пешеходного движения в центрах современных городов: П. С. Велева, Ю. С. Ланцберга, П. Г. Буга, Н. В. Бевза и др.

Вывод. Преобразование открытых общественных пространств, улучшение их доступности, оптимизация их функционально-планировочной организации призваны улучшить комфорт городской среды и адаптировать данные территории под меняющиеся социально-экономические условия, что также будет способствовать развитию исторической части города Самары, популяризации туризма и привлечению инвесторов. Научная новизна исследования заключается в том, что при всём многообразии проведённых исследований исторического центра Самары остаются не затронутыми вопросы в области формирования и дальнейшего развития открытых общественных пространств, возможности их последующей реновации с добавлением им новых функций или с полным изменением сложившегося ранее функционала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Велев П. Пешеходные пространства городских центров / пер. с болг. Д. П. Кривошеева; под ред. В. В. Владимирова. М.: Стройиздат, 1983. 192 с.: ил.
2. Артнет Х. Vita Activa, или О деятельной жизни; Ад Маргинем Пресс, 1958. 440 с.
3. Урбах А. И., Лин М. Т. Архитектура городских пешеходных пространств. М.: Стройиздат, 1990. 200 с.
4. Товсенко Т. д. Реконструкция исторической застройки городов. Киев: Будівельник, 1984. 72 с.
5. Буга П. Г., Шелков Ю. Д. Организация пешеходного движения в городах. М.: Высш. школа, 1980. 232 с.
6. Ланцберг Ю. С. Городские площади, улицы и дороги. М.: Стройиздат, 1983. 216 с.: ил.
7. Моисеев Ю. М., Шимко В. Т. Общественные центры (Реконструкция и модернизация зданий и комплексов). М.: Высшая школа, 1988. 100 с.
8. Пруцын О. И., Рымашевский Б., Бурсевич В. Архитектурно-историческая среда / под ред. О. И. Пруцына. М.: Стройиздат, 1990. 100 с.
9. Веретенников Д. Б. Метод изучения и преемственного преобразования планировочных структур

крупнейших городов: монография. Самара: СГАСУ, 2016. 232 с.: ил.

10. Проект предмета охраны, границ территории, требований к градостроительным регламентам в указанных границах в целях включения городского округа Самара в перечень исторических поселений. Самара: СамГТУ, 2018. 20 с.

REFERENCES

1. Velev P. *Peshkhnodnye prostranstva gorodskikh tsentrov* [Pedestrian spaces in urban centers]. Moscow, Stroyizdat, 1983. 192 p.

2. Artnet Kh. *Vita Activa, ili O deyatel'noy zhizni; Ad Marginem Press* [Vita Activa, or About active life; Hell Marginem Press], 1958. 440 p.

3. Urbakh A.I., Lin M.T. *Arkhitektura gorodskikh peshkhnodnykh prostranstv* [Architecture of urban pedestrian spaces]. Moscow, Stroyizdat, 1990. 200 p.

4. Tovsenko T.D. *Rekonstruktsiya istoricheskoy zastroyki gorodov* [Reconstruction of the historical buildings of cities]. Kiev, Budivelnik, 1984. 72 p.

5. Buga P. G., Shelkov Yu. D. *Organizatsiya peshkhnodnogo dvizheniya v gorodakh* [Organization of pedestrian traffic in cities]. Moscow, Vysshaya shkola, 1980. 232 p.

6. Lantsberg Yu.S. *Gorodskie ploshchadi, ulitsy i dorogi* [City squares, streets and roads]. Moscow, Stroyizdat, 1983. 216 p.

7. Moiseev Yu.M., Shimko V.T. *Obshchestvennyye tsentry (Rekonstruktsiya i modernizatsiya zdaniy i kompleksov)* [Community centers (Reconstruction and modernization of buildings and complexes)]. Moscow, Vysshaya shkola, 1988.

8. Prutsyn O.I., Rymashevskiy B., Borusevich V. *Arkhitekturno-istoricheskaya sreda* [Architectural and historical environment]. Moscow, Stroyizdat, 1990. 100 p.

9. Veretennikov D.B. *Metod izucheniya i preemstvennogo preobrazovaniya planirovochnykh struktur krupneyshikh gorodov* [The method of studying and successive transformation of the planning structures of the largest cities]. Samara, SGASU, 2016. 232 p.

10. *Proekt predmeta okhrany, granits territorii, trebovaniy k gradostroitel'nym reglamentam v ukazannykh granitsakh v tselyakh vklucheniya gorodskogo okruga Samara v perechen' istoricheskikh poseleniy* [The draft of the subject of protection, the boundaries of the territory, requirements for urban planning regulations within the specified boundaries in order to include the Samara urban district in the list of historical settlements]. Samara, SGASU, 2018. 20 p.

Об авторах:

ВЕРЕТЕННИКОВ Дмитрий Борисович

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел. (846) 339-14-05
E-mail: dbv3@yandex.ru

VERETENNIKOV Dmitrii B.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Town Planning Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, ul. Molodogvardeyskaya, 244,
tel. (846) 339-14-05
E-mail: dbv3@yandex.ru

НОВИКОВА Софья Олеговна

магистрант кафедры градостроительства
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел. (846) 339-14-05
E-mail: noviikova.sofia@gmail.com

NOVIKOVA Sofia O.

Master's Degree Student
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, ul. Molodogvardeyskaya, 244,
tel. (846) 339-14-05 E-mail: noviikova.sofia@gmail.com

Для цитирования: Веретенников Д.Б., Новикова С.О. Методы реновации открытых общественных пространств исторического центра города Самары // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 152–156. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.18.

For citation: Veretennikov D.B., Novikova S.O. Methods of Renovation of Open Public Spaces of the Historical Center of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 152–156. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.18.

Е. В. МАЛЫШЕВА

АНАЛИЗ КОМФОРТНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА САМАРЫ

STUDY OF COMFORT OF TRANSPORT SYSTEM OF SAMARA CITY

Рассматривается проблема постоянного роста уровня автомобилизации на фоне сокращения использования общественного транспорта. Затрагиваются вопросы функционирования городского устойчивого транспорта в контексте концепции устойчивой мобильности. На примере Самары при помощи социологического опроса проведен анализ комфортности транспортной системы. Приведен анализ транспортной доступности районов Самары относительно исторического центра. Дана оценка готовности городской и, в частности, транспортной инфраструктуры к введению зон платной парковки в центральной части города. Приведены исследования по оценке вероятности отказа от личного автомобиля в пользу общественного транспорта. Выявлены критерии сокращения или полного отказа от использования личного автомобиля в пользу общественного транспорта.

Ключевые слова: устойчивая мобильность, городской пассажирский транспорт, зоны платной парковки, социологический опрос

Общественный транспорт и пешие прогулки становятся все менее привлекательными, что в свою очередь приводит к увеличению спроса на автомобиль. В Российской Федерации уровень автомобилизации продолжает расти. По данным статистического агентства «Автостат», по состоянию на 1 января 2020 г. в России на 1000 человек приходилось 308 легковых автомобилей [1]. Причем в 2019 г. наиболее автомобилизированным городом с населением свыше 1 млн человек был признан город Самара, где на 1000 жителей приходилось 344 автомобиля [2].

Все больше исследователей, занимающихся стратегическим планированием развития городов, приходят к выводу, что необходимо переходить на устойчивые транспортные системы [3, 4]. В глобальном докладе ООН о населенных пунктах «Планирование и обеспечение устойчивого городского движения: устойчивые рекомендации» отмечается, что повышение устойчивости развития транспортной системы города может быть достигнуто за счет изменения способов передвижения: снижения поез-

This article discusses the problem of constant growth in the level of motorization, amid a decrease in the use of public transport. It touches upon the functioning of urban public transport in the context of the concept of sustainable mobility. On the example of the city of Samara, using a sociological survey, an analysis of the comfort of the transport system was carried out. The analysis of the transport accessibility of the districts of the city of Samara relative to the historical center of the city is presented. An assessment is made of the readiness of the city and, in particular, the transport infrastructure for the introduction of paid parking zones in the central part of the city. The studies on the assessment of the probability of abandoning a personal car in favor of public transport are presented. The criteria for reducing or completely abandoning the use of a personal car in favor of public transport have been identified.

Keywords: sustainable urban mobility, public transport, sociological survey

док на личном автотранспорте и повышения доли общественного транспорта и немоторизованного перемещения (пешком и на велосипеде) [5]. Концепция устойчивой мобильности создает альтернативную парадигму развития городов, в которой во главу угла ставится обеспечение доступа к различным точкам, услугам, товарам и видам деятельности для всех слоев населения. Городская мобильность затрагивает пространственные, социальные, экономические, политические и экологические аспекты жизни города, поэтому в концепции предусматривается системный подход. Доступные города подразумевают не только более близкое расположение различных объектов, но и обеспечение безопасных и эффективных коридоров движения пешеходов и велосипедистов, а также наличие доступного (как финансово, так и территориально) общественного транспорта высокого качества. Задача концепции устойчивой мобильности заключается в создании города такого качества и масштаба, в котором минимизируется необходимость использования личного транспорта [6, 7].

В соответствии со Стратегией комплексного развития городского округа Самара на период до 2025 г. одним из ориентиров городского развития выделен: «переход от моноцентрической к полицентрической системе мест приложения труда и параллельному формированию новой дорожной сети в дополнение к существующей; повышение уровня использования общественного транспорта в качестве альтернативы массовому использованию индивидуального транспорта».

В программе транспортно-логистического развития поставлено несколько целей, структурированных по уровням. Сформулированы цели для:

- интеграции городского округа Самара в глобальную транспортную систему;
- повышения эффективности транспортного каркаса города;
- модернизации транспортной системы на основе экопринципов и с учетом перспективных потребностей;
- оптимизации общественного транспорта и повышения комфорта и безопасности граждан;
- организации инновационных систем городского транспорта, включая как системы анализа и оценки работы транспортного каркаса, так и создание производства транспортно-логистической продукции.

Среди подпрограмм по модернизации транспортной системы городского округа Самара важно отметить: «Парковки Самары» – строительство перехватывающих парковок на въездах в город и сети быстровозводимых многоэтажных парковок внутри города; повышение качества покрытия улично-дорожной сети; «Автомобильный каркас Самары» – строительство новых дорог и многоуровневых развязок и модернизация существующих. Также в программе поставлены цели «сформировать транспортную инфраструктуру для низкоскоростных способов передвижения (пешего, велосипедного, роликового и т. п.)» и «оптимизировать работу транспортного комплекса городского округа», для чего предусмотрены подпрограммы по оптимизации систем управления транспортом и оптимизации транспортных потоков в историческом центре города за счет лимитирования числа организованных парковочных мест и создания зон платной парковки в центре города [8]. В целом программа носит комплексный характер и соответствует мировым тенденциям в части устойчивого транспортного планирования.

В последние пять лет, особенно в период подготовки к чемпионату мира по футболу, в Самаре идет масштабный ремонт дорожной

сети, построены новые развязки на основных магистралях, построен Фрунзенский мост. Во время реконструкции дорожной сети производится ремонт покрытия, но проезжая часть не расширяется, поскольку сложившаяся плотная застройка не позволяет этого сделать. Также не появляются перехватывающие парковки, которые, в соответствии с программой «Парковки Самары», предлагалось создавать за счет государственно-частного партнерства, но инвесторов на подобные дорогостоящие проекты так и не нашли, а строить многоуровневые парковки исключительно за счет бюджета отказались.

3 декабря 2019 г. на заседании городской комиссии в МКУ ЦОДД (Центр организации дорожного движения) был актуализирован перечень платных парковок, утверждённый Постановлением городской Администрации в 2014 г. (рис. 1). По мнению комиссии «создание платных парковок позволит снизить нагрузку на дорожную сеть и вместе с тем повысить привлекательность общественного транспорта» [9].

Создание зон платной парковки является ограничительной мерой. Перед тем как осуществлять подобные мероприятия, важно понять при каких условиях население города сможет отказаться от личного автомобиля в пользу других типов передвижения. Для оценки уровня удовлетворенности комфортностью транспортной системы жителей города Самары был проведен социологический опрос. Получение информации производилось путем интервьюирования респондентов. Формой сбора данных являлась анкета. Объем выборки для проводимого исследования составил 150 человек [10, 11].

После проведения опроса выяснилось, что 66,7 % опрошенных владеют (или есть в семье) автомобилями, при этом 42 % используют автомобиль для поездок на работу/учебу и 51,3 % пользуются личным автомобилем для поездок в торгово-развлекательные центры, парки, театры и т. д. (рис. 2)

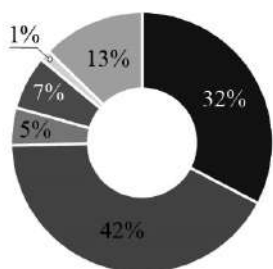
На вопрос о возможности сокращения или полного отказа от использования автомобиля 39,7 % опрошенных допускают ограничение использования автомобиля, 9,5 % – готовы полностью отказаться и 41,3 % – ничего не хотят изменять (рис. 3). Среди возможных причин отказа выделяются следующие критерии:

- более удобный общественный транспорт (44,4 %);
- нехватка парковочных мест (39,7 %);
- увеличение продолжительности поездки, пробки (25,4 %);
- цена на бензин (22,2 %);
- сокращение необходимости в частом использовании автомобиля (22,2 %);
- плохое состояние дорог (20,6 %).

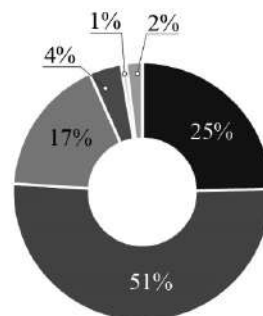


Рис. 1. Схема расположения зон платных парковок в Самаре

Каким видом транспорта вы преимущественно пользуетесь для поездок **на работу/учебу** (один ответ)?



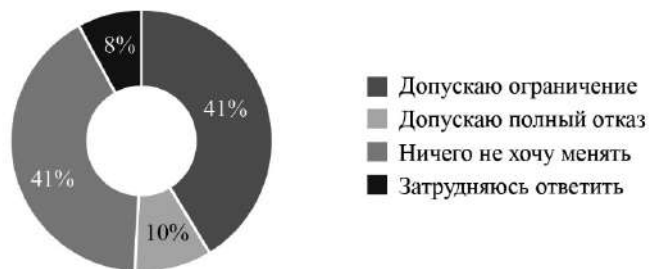
Каким видом транспорта вы преимущественно пользуетесь **иных целей** (поездки в торгово-развлекательный центр, парки, театры и т. д.) (один ответ)?



- | | | | |
|------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|
| ■ Автобус/Троллейбус/Трамвай | ■ Маршрутное такси | ■ Автобус/Троллейбус/Трамвай | ■ Маршрутное такси |
| ■ Личный автомобиль | ■ Велосипед, самокат | ■ Личный автомобиль | ■ Велосипед, самокат |
| ■ Такси | ■ Пешая прогулка | ■ Такси | ■ Метро |

Рис. 2. Диаграммы результатов опроса. Вопрос «Каким видом транспорта вы преимущественно пользуетесь для поездок»

Допускаете ли вы, что будете реже пользоваться или полностью откажетесь от личного автомобиля в ближайшие несколько лет? (один ответ)



Укажите причины возможного отказа от личного автомобиля (не более 3-х ответов):

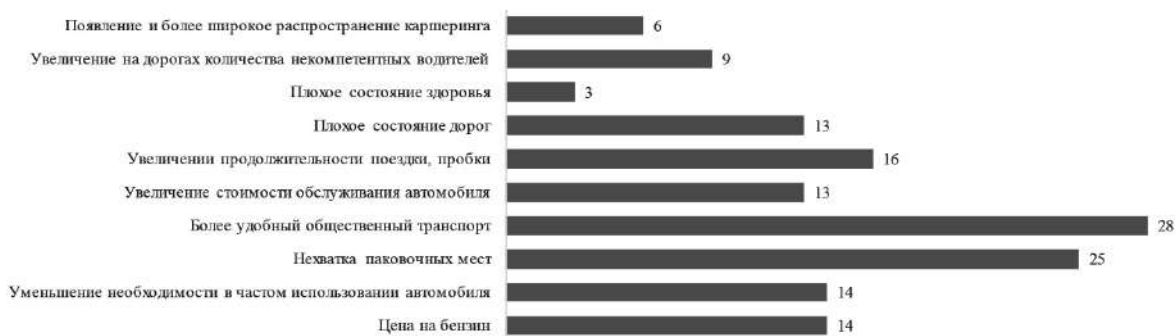


Рис. 3. Диаграммы результатов опроса

При этом, если смотреть на приоритетность выбора между тремя вариантами ответа, в первую очередь респонденты выбирали цену на бензин, нехватку парковочных мест, уменьшение необходимости использования автомобиля. При выборе альтернативного личному автомобилю вида транспорта 34,9 % опрошенных готовы использовать автобус, трамвай или троллейбус; 30,2 % – метро; 31,7 % – такси и 22,2 % – каршеринг. Причем в первую очередь обращают внимание на комфортность, скорость и стоимость поездки. Также опрос показал, что только 10,7 % респондентов довольны развитием транспортной инфраструктуры города, а 19,3 % хорошо оценивают работу общественного транспорта. У тех, кто пользуется для ежедневных поездок личным транспортом, среднее время в пути днем составило 15-30 мин, а ночью 30-60 мин. Для пользователей общественным транспортом время в пути составило 30-60 мин.

По итогам вопросов, касающихся оценки качества работы общественного транспорта, видно, что жителей Самары не устраивает стоимость поездки в соотношении цена/качество, состояние остановок, переполненность

общественного транспорта. При этом 87,2 % опрошенных в целом довольны часами работы общественного транспорта и для 91,5 % время ожидания транспорта не превышает 15 мин. Таким образом, социологический опрос показал, что большая часть опрошенных недовольна развитием транспортной системы и работой общественного транспорта. При этом половина опрошенных, из тех кто для ежедневных поездок использует автомобиль, готовы пересаживаться на общественный транспорт при условии, если сохранится комфорт и скорость поездки.

Ленинский район, в котором предлагается сформировать зоны платной парковки, является историческим и культурно-административным центром Самары. В исследовании Яндекса «Автомобильные пробки в Самаре» был проведен анализ транспортной доступности районов города относительно Ленинского района. В рамках исследования каждому району был присвоен индекс транспортной доступности (рис. 4). Наихудшими показателями обладают периферийные районы города. При поездке в центральную часть города у жителей периферийных районов возникнут дополнительные трудности, связанные с поиском парковочно-

го места на подъезде к зоне платной парковки (для тех кто не сможет полностью отказаться от автомобиля); с дополнительными расходами при пересадке между маршрутами общественного транспорта, с увеличением времени ожидания общественного транспорта и поездки в целом, а также снижением комфортности поездки [12].

Как показывает мировой опыт, решение городских транспортных проблем должно но-

силь комплексный характер, захватывающий как модернизацию транспортной инфраструктуры, так и решение градостроительных задач (формирование многофункциональной застройки – сокращение маятниковой миграции и длины поездки) [13,14]. В исследовании, посвященном анализу спроса на парковочные места в зависимости от их стоимости (Truong Thi My Thanh, Vu Anh Tuan), смоделированы два сценария, при которых рассматривается

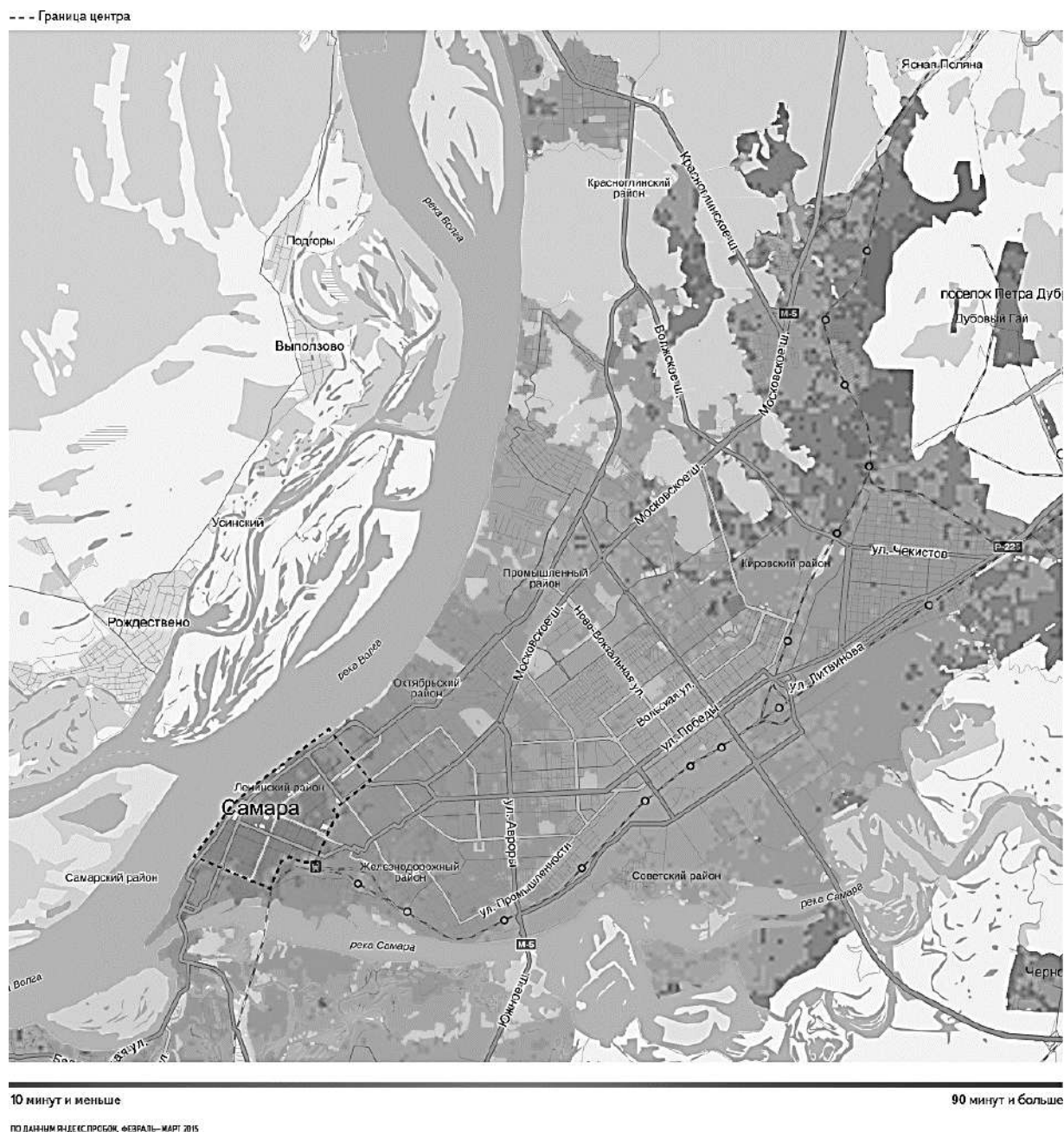


Рис. 4. Карта транспортной доступности районов Самары (утро 8:30-10:30 – центр)

вероятность смены типа передвижения респондентов [15]. В первом сценарии выбор типа передвижения (по-прежнему использовать текущий вариант, перейти на использование общественного транспорта, перейти на пешую прогулку, использовать такси) определялся при тестировании под влиянием одного фактора – стоимости парковочного места. Плата за парковку устанавливалась на трех уровнях: 100 % (текущий тариф), 200 и 300 %. Во втором сценарии вероятность смены типа передвижения рассматривалась под влиянием двух факторов: стоимость парковочного места и улучшение доступности общественного транспорта, которая измерялась радиусом пешеходной доступности: 5, 10, 15 мин ходьбы. Прогноз вероятности в исследовании показал, что автомобилисты готовы пересаживаться на общественный транспорт (30 % опрошенных), только когда плата за парковочное место возрастет в три раза от текущей стоимости. Сочетание двух мер – увеличение платы за парковочные места и улучшение доступности общественного транспорта – дает лучшие результаты. При увеличении стоимости парковочного места на 150 % и при пешеходной доступности 30 мин, всего 1 % автомобилистов готовы пересаживаться на общественный транспорт, а при той же стоимости, но при сокращении времени до 5 мин – 21 % респондентов готовы сменить тип своего передвижения. Таким образом, при решении транспортных проблем, вызванных нехваткой парковочных мест, помимо схем ценообразования, основанных на местоположении и продолжительности парковки, необходимо улучшать доступность и комфорт общественного транспорта [16, 17].

Выводы. Создание зон платных парковок является ограничительной мерой. Перед тем как осуществлять подобные мероприятия, важно понять при каких условиях население города сможет отказаться от личного автомобиля в пользу других типов передвижения. Мероприятия по строительству перехватывающих парковок так и не состоялись, транспортная доступность периферийных районов города снижается, открытие нового инфраструктурного объекта – Фрунзенского моста привело к увеличению трафика через исторический центр города. Таким образом, появление зон платных парковок лишь усугубит ситуацию с транспортной инфраструктурой и нехваткой парковочных мест в «старом городе», что повлечет в свою очередь появление несанкционированных стихийных автостоянок. Формирование устойчивой транспортной мобильности заключается не в том, чтобы запретить использование личного автомобиля, поскольку это восприни-

мается негативно населением и уменьшает свободу выбора в способах передвижения, а в том, чтобы сформировать такую городскую и транспортную инфраструктуру, которая позволит сократить потребность в личном автомобиле. При создании зон платных парковок необходимо выполнить ряд предварительных мероприятий, включающих в себя: создание системы перехватывающих парковок на подъезде к зоне, организацию транспортно-пересадочных узлов с возможностью совершения пересадки без дополнительной платы за проезд, обеспечение приоритета движения общественного транспорта в зоне, соблюдение пешеходной доступности от остановочных пунктов до мест притяжения. Из проведенного социологического опроса видно, что половина опрошенных автомобилистов готова отказаться от использования личного автомобиля в пользу общественного транспорта, если будет соблюден ряд критериев: сохранится комфорт, время в пути и не возрастут затраты на поездку.

При внедрении концепции устойчивой мобильности необходим комплексный подход к решению транспортных проблем города. Выполнение целей, поставленных в Стратегии комплексного развития городского округа Самара на период до 2025 г., необходимо вести планомерно, затрагивая как транспортные, так и градостроительные задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Парк легковых автомобилей по регионам РФ на 01.07.2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/44351/> (дата обращения: 09.11.2020).
2. Автостат: В каких округах РФ высокая обеспеченность автомобилями? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/41941/> (дата обращения: 09.11.2020).
3. Малышева Е. В., Калинин Н. А. Особенности устойчивого развития паркингов // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4 (25). С. 103–106. DOI:10.17673/Vestnik.2016.04.19.
4. Генералова Е.М. Высотные жилые комплексы как форма массового доступного жилья: монография. Самара: СамГТУ, 2019. 272 с.
5. Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013 [Электронный ресурс]. URL: <https://unhabitat.org/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013> (дата обращения: 09.11.2020).
6. Banister D. The sustainable mobility paradigm // Transport Policy, 2008. №15(2). С. 73-80.
7. Knoflacher H. A new way to organize parking: The key to a successful sustainable transport system

for the future // *Environment and Urbanization*, 2006. №18(2). С. 287-400.

8. Администрация городского округа Самара: Стратегия комплексного развития Самары до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: <https://samadm.ru/docs/strategiya-2025/> (дата обращения: 09.11.2020).

9. Администрация городского округа Самара: Перечень будущих платных парковок утвердила профильная межведомственная комиссия [Электронный ресурс]. URL: <https://samadm.ru/media/news/22588/> (дата обращения: 06.06.2020).

10. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии / В.А. Гудков [и др.]. Волгоград: ВолгГТУ, 2008. 163 с.

11. Попова И. М., Шустов Р. А., Попова Е. А. Критерии оценки качества обслуживания городским пассажирским транспортом // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2015. Т. 35. С. 126–130.

12. Яндекс Исследования [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/company/researches/2015/samara/jams> (дата обращения: 06.06.2020).

13. Shoup D.C. The trouble with minimum parking requirements // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1999. №33(7-8). С.549–574.

14. Caicedo F. Charging parking by the minute: What to expect from this parking pricing policy? // *Transport Policy*, 2012. № 19(1). С.63–68.

15. Truong T.T., VU A.T. Analysis of Parking Demand and Impacts of Parking Pricing on Commuter Mode Choice in Hanoi, Vietnam // *The Eastern Asia Society for Transportation Studies*. 2017. №11.

16. Generalova E., Generalov V. Mixed-Use High-Rise Buildings: A Typology of the Future // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 753, 022062. 2020.

17. Malysheva E. Impact of Automated Vehicles on urban form // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 753(2). 2020.

REFERENCES

1. Park of passenger cars by regions of the Russian Federation as of 01.07.2020. Available at: <https://www.autostat.ru/news/44351/> (Accessed 09 November 2020).

2. Avtostat: In which districts of the Russian Federation is the high availability of cars? Available at: <https://www.autostat.ru/news/41941/> (Accessed 09 November 2020).

3. Malysheva E.V., Kalinkina N.A. Features of sustainable development of parking lots. *Gradostroitelstvo i arkhitektura* [Urban planning and architecture], 2016, no. 4 (25), pp. 103-106. (in Russian)

4. Generalova E.M. *Vysotnyye zhilyye kompleksy kak forma massovogo do-stupnogo zhil'ya* [High-rise residential complexes as a form of mass affordable housing]. Samara, Samarskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskii Univ., 2019. 272 p.

5. Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013. Available

at: <https://unhabitat.org/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013> (Accessed 09 November 2020).

6. Banister D. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 2008, №15(2), pp. 73-80.

7. Knoflacher H. A new way to organize parking: The key to a successful sustainable transport system for the future. *Environment and Urbanization*, 2006, no. 18(2), pp. 287-400.

8. Samara City District Administration: Strategy for the Integrated Development of Samara until 2025. Available at: <https://samadm.ru/docs/strategiya-2025/> (Accessed 09 November 2020).

9. Administration of the city district of Samara: The list of future paid parking lots was approved by the profile interdepartmental commission. Available at: <https://samadm.ru/media/news/22588/> (Accessed 09 November 2020).

10. Gudkov V.A. *Kachestvo passazhirskikh perevo-zok: vozmozhnost' issledovaniya metodami sotsiologii* [The quality of passenger transportation: the possibility of research by methods of sociology]. Volgograd, Volgograd State Technical Univ., 2008. 163 p.

11. Popova I.M., Shustov R.A., Popova E.A. Criteria for assessing the quality of service by urban passenger transport. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Konsept»* [Scientific-methodical electronic journal "Concept"], 2015 no. 35, pp. 126–130. (in Russian)

12. Yandex Research. Available at: <https://yandex.ru/company/researches/2015/samara/jams> (Accessed 09 November 2020).

13. Shoup D.C. The trouble with minimum parking requirements. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1999, no. 33(7-8), pp. 549–574.

14. Caicedo F. Charging parking by the minute: What to expect from this parking pricing policy? *Transport Policy*, 2012, no. 19(1), pp. 63–68.

15. Truong T.T., VU A.T. Analysis of Parking Demand and Impacts of Parking Pricing on Commuter Mode Choice in Hanoi, Vietnam. *The Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 2017, no.11.

16. Generalova E., Generalov V. Mixed-Use High-Rise Buildings: A Typology of the Future. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 753, 022062. DOI:10.1088/1757-899X/753/2/022062.

17. Malysheva, E. Impact of Automated Vehicles on urban form. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 753(2).

Об авторе:

МАЛЫШЕВА Евгения Валерьевна
старший преподаватель кафедры архитектуры
жилых и общественных зданий
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: mal-92@yandex.ru

MALYSHEVA Evgeniya V.
Senior Lecturer of the Architecture and Residential and
Public Buildings Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: mal-92@yandex.ru

Для цитирования: *Малышева Е.В.* Анализ комфортности транспортной системы города Самары // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 157–164. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.19.

For citation: *Malysheva E.V.* Study of Comfort of Transport System of Samara City. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 157–164. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.19.

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ



А. ЮНИС
Н. В. БАКАЕВА

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАЗРУШЕНИЯ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ПОСТРАДАВШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

URBAN PLANNING METHODOLOGY FOR ASSESSING
THE DESTRUCTION OF RESIDENTIAL
AREAS AFFECTED BY HOSTILITIES

Рассматривается задача разработки градостроительной методики оценки степени разрушения жилых территорий, пострадавших в ходе военных действий в сирийских городах. Методика явится основой для теоретического обоснования процесса восстановления разрушенных жилых районов городов и их функционально-планировочной организации в условиях продолжающихся военных конфликтов. Исследования основаны на методологии оценки степени разрушения зданий, представленной в ГОСТ Р 42.2.01-2014 «Гражданская оборона. Оценка состояния потенциально опасных объектов, объектов обороны и безопасности в условиях воздействия поражающих факторов обычных средств поражения». Факт разрушения зданий определяется в ходе спутниковой съемки, а также полевых испытаний. Параметры поражающих факторов устанавливаются аналитическим путем. Разработанная методика позволит определить степень разрушения жилых территорий в пределах радиуса очага разрушения, формируемого избыточным давлением взрывной волны и используемых взрывчатых веществ, а также оценить пригодность территории к восстановлению в условиях продолжения боевых действий. На основании установленной степени разрушения жилых территорий построена схема градостроительного зонирования жилого района г. Хомс, Сирия.

Ключевые слова: жилые территории, степень разрушения зданий, боевые действия, восстановление жилых территорий, градостроительная методика

Введение

Важнейшей градостроительной задачей является восстановление территорий жилых районов городов, разрушенных в результате боевых действий, и определение степени разрушения жилых зданий, находящихся на восстанавливаемой территории. Задача восстановления разрушенных территорий характеризуется особыми

This article discusses the task of developing an urban planning methodology for assessing the degree of destruction of residential areas affected by hostilities in Syrian cities. This methodology will be the basis for the theoretical substantiation of the process of restoration of the destroyed residential areas of the cities and their functional planning organization in the context of ongoing military conflicts. The research is based on the methodology for assessing the degree of destruction of buildings presented in GOST R 42.2.01-2014 «Civil defense. Assessment of the state of potentially dangerous facilities, defense and security facilities under the influence of damaging factors of conventional weapons». The state of the buildings destruction is determined using satellite imagery as well as field tests. The parameters of the damaging factors are determined analytically. The developed methodology makes it possible to determine the degree of destruction of residential areas within the radius of destruction formed by the excess pressure of the blast wave and the explosives used and to assess the suitability for recovery in the context of continued hostilities. On the basis of the established degree of destruction of residential areas, a scheme of urban planning zoning of the residential area of Homs was made.

Keywords: residential areas, the degree of destruction of buildings, hostilities, restoration of residential areas, urban planning technique

условиями повреждений зданий и сооружений, зависящими от района и интенсивности боевых действий. Особые условия являются градостроительными ограничениями, накладывающими особенности восстановления в жилых районах, где военные действия закончились и (или) еще продолжаются. Следует отметить, что начало процесса восстановления и реконструкции жилых территорий может занять много време-

ни, в зависимости от военно-полевой ситуации в регионах, и не может начаться, если военные действия не будут полностью завершены. Кроме того, продолжающиеся военные действия, помимо градостроительного аспекта, имеют прежде всего негативные последствия для социально-экономической обстановки, которая является одним из важнейших факторов начала процесса восстановления жизнедеятельности города в целом.

Наиболее важным моментом в процессе восстановления жилых территорий с приданием им новых функций и качества (реконструкции, регенерации), а также воссоздания утраченного наследия является сокращение времени, необходимого для начала данного процесса, поэтому необходимо провести экономический, социальный, архитектурно-планировочный и пространственно-организационный анализы, необходимые для разработки восстановительных мероприятий, осуществляемых после окончания военных действий.

При решении вопросов по восстановлению жилых территорий, разрушенных в результате военных действий, необходим индивидуальный подход, учитывающий городскую идентичность и историческую ценность застройки, социально-экономические факторы и техническое состояние зданий. Поиск решения может быть найден на основе комплексного анализа состояния объектов культурного наследия, исследований ресурсов и ценностей территории, оценки степени разрушения жилых зданий, а также инженерных сооружений, что необходимо для разработки стратегии и плана восстановления территории и последующего градостроительного зонирования [1].

В Западной Европе особое значение придавалось развитию центров городов и реконструкции исторических площадей и памятников архитектуры, разрушенных в годы Второй мировой войны. Одновременно в теорию градостроительства было обоснованно введено понятие о районной планировке [2, 3]. Кроме того, предусматривались различные меры государственного влияния на преодоление жилищного кризиса в городах после войны, например комплексной локальной реконструкции жилых кварталов.

Масштабы изменений и спектр проблем, возникавших в процессе трансформации послевоенной городской среды, во многом схожи с современными проблемами – это сочетание новых и существовавших ранее архитектурных форм в системе исторических городов, изменение планировочной структуры квартальной застройки и её взаимосвязь с новыми градостроительно-архитектурными решениями [4].

Для стран Восточной Европы послевоенных десятилетий можно выделить стратегию восстановления, в которой «целенаправленному разрушению их центров противопоставлялось поэтапное, планомерное, максимально точное восстановление» [5]. Особенно ценным считается тот факт, когда при проведении реконструкции в перечень объектов восстановления заносились не только фрагменты планировки и застройки, но и единая историческая среда города [5].

Современные боевые действия на Ближнем Востоке и в Северной Африке приняли характер, отличный от тех боевых действий, которые были характерны для периода Второй мировой войны [6].

Сирия является одной из этих стран, которая в наибольшей степени пострадала в результате боевых действий, поскольку ее города были сильно разрушены. В связи с этим представляется необходимым быстро перейти к определению стратегии восстановления жилых территорий, несмотря на продолжение военных действий, чтобы сократить время, необходимое для начала процесса восстановления не только после окончания войны.

В Сирийской Арабской Республике следует отметить следующие особенности прошедших боевых действий:

- локальный характер, направленный на разрушение государственных структур и связей;
- возникновение в любом населённом городе или районе при условии доставки оружия, финансирования и возможности получать необходимые ресурсы для длительного противостояния;
- использование современных средств пехоты, которые позволяют при высоком уровне снабжения вести успешные боевые действия против регулярных подразделений, обладая современными видами стрелкового вооружения;
- применение новой тактики ведения боевых действий и скрытых манёвров;
- использование сложившейся современной застройки, имеющей высокую плотность, многоэтажную застройку по всему периметру квартала, общие подвалы для прокладки коммуникаций и узкие улицы [7, 8]. Такая застройка, с одной стороны, существенно затрудняет использование тяжёлой техники для ведения наступательных действий, но с другой – обеспечивает широкую возможность укрытия, манёвра, рытья подземных ходов и возможность организации длительной обороны.

Наиболее важной проблемой восстановительного процесса и задачей настоящего

исследования является определение степени разрушения крупных городов с высокой плотностью населения и жилья, имеющих важнейшее экономическое, социальное и историческое значение при восстановлении жилых территорий.

Обзор литературы

В последнее время выполнен ряд исследований, направленных на получение новых научных результатов анализа традиционной городской формы арабского города и влияния национальной культуры на формирование архитектурной среды (В. М. Шувалов, Халиль Иван). Эти исследования трактуют необходимость учета выявленных архитектурно-планировочных особенностей арабского города при градостроительном проектировании жилых районов и заключаются в определении наиболее актуальных на данный момент принципов архитектурно-строительных решений малоэтажных жилых зданий в Сирии на основе уже существующих аналогов в мировой (в частности – сирийской) практике проектирования и строительства.

В условиях радикальных изменений экономических и социальных условий на Ближнем Востоке особую значимость приобретают исследования, связанные с сохранением объектов исторического наследия городов, пострадавших в результате военных действий (Е.В. Щербина, М.М.Алсус). В исследовании [9] с учетом возникающих конфликтов в провинции Пальмира выявлены противоречия и механизм городского развития в регионе, базирующийся на оценке ресурсного потенциала в регионе и принципов устойчивого развития. Отмечена возможность реконструкции пострадавших городских районов на базе сохранения исторических мест, грамотной реставрации и воссоздания утраченных объектов. Разработана методология проектирования новых городских структур при сохранении городской идентичности района, что совместимо с планами развития региона.

Исследованиям и разработке комплекса мероприятий по реконструкции, реставрации, восстановлению и обновлению арабских городов посвящены работы Е.В. Щербины и А.А. Белала. Содержащиеся в исследовании [1] научные результаты направлены на сохранение исторического наследия, элементов древней планировки города и исторических центров сирийских городов, разрушенных войной.

Проблема определения степени разрушения и восстановления территорий городов, в первую очередь жилых, являлась предметом

внимания отечественных и зарубежных ученых. В России следует выделить работы А.Б. Некрасова [5], Н.П. Былинкина [11], И.В. Сосуновой [12], М.И. Фалеева [13], А.В. Крашениникова, А.С. Щенкова [3], А.Л. Шерешевского [4].

Среди зарубежных ученых в этой области наиболее известные Luis de Garrido, Thomas Herzog, Rolf Disch, Frank Lloyd Wright, Bart Goldhoorn, Абдлмасих Ашша, Джаклин Так-так, Хуайда Хузам, Мухаммад Хакими.

Вместе с тем исследования, направленные на получение новых научных результатов для определения степени разрушения жилых зданий и восстановления жилых районов городов, пострадавших в ходе боевых действий, на сегодняшний день не только актуальны, но и мало представлены в научной литературе.

Материалы и методы исследования

Для визуализации факта разрушения зданий используются методы спутниковой съемки и полевых испытаний. Метод спутниковой съемки позволяет получить высококачественные изображения последствий боевых действий. Данная информация также играет важную роль в реструктуризации и формировании плана города, чтобы преодолеть прошлые ошибки. Но этих результатов бывает недостаточно для определения степени разрушения жилых зданий [9].

Полевая съемка производится для каждого разрушенного или пострадавшего здания в отдельности, что занимает много времени, но результаты экспериментального исследования точны. Ограничениями применения данного метода служат повреждения зданий, скопления остатков разрушенных зданий, а также наличие невзорвавшихся элементов, представляющих опасность для жизни людей, участвующих в полевом обследовании [10].

Полезным в плане методов исследования может оказаться анализ опыта восстановления города Волгограда (Сталинграда) и других российских городов, разрушенных в ходе Второй мировой войны, для которых первоочередными задачами в восстановительный период явились: проведение освидетельствования характера и степени разрушений капитальных строений и коммуникаций, разборка и разминирование завалов улиц, составление визуального опорного плана с нанесением характера разрушений и оценки их по степени дальнейшего использования, проведение инструментального исследования состояния несущих конструкций уцелевшего жилого фонда, борьба с самовольным сооружением временных построек [11].

В международной практике зачастую ориентируются на приблизительные методы оценки с возможной ошибкой, чтобы определить полный ущерб и перейти к поиску стратегий и механизмов восстановления на других уровнях (экономическом и социальном), особенно в случае определения степени разрушения в особых обстоятельствах – ведения боевых действий.

Обобщая опыт СССР и Европейских государств, представляется необходимым использовать прежде всего аналитический метод для проведения необходимых расчетов и теоретического обоснования определения степени разрушения жилых территорий города. Принятый нами в работе аналитический метод исследования базируется на методологии оценки степени разрушения зданий, представленной в ГОСТ Р 42.2.01-2014 «Гражданская оборона. Оценка состояния потенциально опасных объектов, объектов обороны и безопасности в условиях воздействия поражающих факторов обычных средств поражения». Как показывает анализ последствий террористических актов, использующих взрывчатку, большинство таковых сопровождается взрывом в зданиях и в непосредственной близости от зданий и сооружений. В этих случаях степень разрушения зданий целесообразно определять путем сопоставления давлений, характеризующих воздействие взрыва. В зависимости от вида взрывчатых веществ, их эффективной массы, характера подстилающей поверхности и расстояния до центра взрыва определяются параметры разрушения зданий и прилегающей территории. Вначале определяют приведенный радиус R , а затем избыточное давление воздушной взрывной волны [12 – 14]:

$$\bar{R} = \frac{r}{\sqrt[3]{2 \cdot \eta \cdot Q \cdot K_{эфф}}}, \text{ м/кг}^{1/3}, \quad (1)$$

где Q – масса ВВ, кг;

r – расстояние от центра взрыва взрывчатого вещества, м;

$K_{эфф}$ – коэффициент приведения рассматриваемого вида взрывчатого вещества;

η – коэффициент, учитывающий характер подстилающей поверхности, принимаемый равным: для металла 1, для бетона 0,95, для грунта и дерева 0,6 – 0,8;

Затем вычисляют избыточное давление ΔP_ϕ по одной из следующих формул:

$$\Delta P_\phi = \frac{700}{3 \cdot \left(\sqrt{1 + \bar{R}^3} - 1 \right)}, \text{ кПа, при } \bar{R} \leq 6,2, \quad (2)$$

$$\Delta P_\phi = \frac{70}{R \cdot \left(\sqrt{\log R - 0,33} \right)}, \text{ кПа, при } \bar{R} > 6,2. \quad (3)$$

Практическое использование названных методов имело место в случаях отдельно стоящих зданий, тем не менее применение рассмотренного выше метода целесообразно и на уровне жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий.

Градостроительная методика определения степени разрушения жилых зданий и пригодности жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий, к восстановлению

Первым этапом разрабатываемой градостроительной методики является определение степени разрушения жилых зданий в зависимости от установленной величины избыточного давления. С этой целью нами была использована классификация степени разрушения зданий согласно ГОСТ Р 42.2.01-2014: полные ($\Delta P_\phi \geq 50$ кПа); сильные ($30 \leq \Delta P_\phi < 50$ кПа); средние ($20 \leq \Delta P_\phi < 30$ кПа); слабые ($10 \leq \Delta P_\phi < 20$ кПа).

Степень разрушения разных типов конструктивной системы и этажности зданий, как отмечалось выше, определяется путем сопоставления со значениями избыточного давления воздушной взрывной волны. Применительно к жилой застройке разных типов получим следующее соответствие (см. таблицу).

Учитывая типологию территории арабского города, ущерб от разрушения можно разделить на несколько уровней:

- локальные территории (жилые, производственные, общественные и др.);
- государственные территории;
- инфраструктура.

Методика определения степени разрушения зданий и выявления пригодности жилых территорий к восстановлению включает в себя следующие этапы:

1) натурное и аналитическое исследования районов, подверженных разрушению. В ходе исследования выявляется тип зданий (жилые, промышленные, общественные и т. д.); определяется плотность населения и плотность застройки; дается оценка используемых строительных материалов и конструктивных систем;

2) выявление с помощью спутниковых снимков эпицентров взрывов. Эти данные могут быть использованы для определения характера военных действий и характера бомбардировки;

3) определение диаметров разрушения территории в зависимости от используемых взрывчатых элементов и характера взрывов: снаряды прямо на здания; взрывы внутри здания; фрагменты обломков здания разлетелись от здания

**Степени разрушения жилых зданий от избыточного давления
воздушной ударной волны**

Тип застройки	Степень разрушения зданий при избыточных давлениях ΔP_{ϕ} , кПа			
	слабая	средняя	сильная	полная
Кирпичные и каменные				
Малоэтажная (один-два этажа)	10-20	20-35	35-50	50-70
Многоэтажная (три этажа и более)	10-15	15-30	30-45	45-60
Железобетонные крупнопанельные				
Малоэтажная	10-30	30-45	45-70	70-90
Многоэтажная	10-25	25-40	40-60	60-80
Железобетонные монолитные				
Многоэтажная	25-50	50-115	115-180	180-250
Повышенной этажности	25-45	45-105	105-170	170-215

к зданию. Диаметры разрушения определяются путем определения взрывной силы используемых снарядов и бомб и их различного воздействия на здания в зависимости от типа здания, строительных материалов и конструктивной системы здания. Используя математические формулы (1), (2) и (3), можно определить радиус взрывов. Радиусы взрывов целесообразно отразить на полевых архитектурных картах. Рекомендуются на рабочую карту или план территории нанести зоны с установленными радиусами, соответствующими избыточному давлению $\Delta P_{\phi} = 100; 50; 30; 20; 10$ кПа; установление степени разрушения зданий (слабая, средняя, сильная, полная) и пригодности жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий, к восстановлению. После определения степени разрушения жилых зданий решается градостроительная задача – разработка стратегии восстановления жилых территорий. Известными на сегодняшний день являются: ревалоризация (поддержание, воссоздание и повышение ценности пространственных качеств наследия), ревитализация (повышение за счёт увеличения функций качества реконструктивно-восстановительных работ в исторической части города), регенерация (возрождение деятельности в целях ревалоризации и ревитализации путём восстановления утраченных частей) и реновация (деятельность по обновлению, реконструкции и модернизации градостроительных и архитектурных объектов).

Принятие решения зависит от: степени разрушения зданий и возможности восстановления и дальнейшего развития территории [15].

Комплекс мероприятий по реконструкции, реставрации, восстановлению и обновле-

нию жилых территорий города должен быть направлен не только на сохранение исторического наследия, элементов древней планировки города, но и включение планировочных зон для размещения объектов социально-бытового обслуживания населения, а также развития экономической деятельности. Это требует разработки нового генерального плана города с учетом сложившегося градостроительного каркаса и ткани города, а также его исторического потенциала для создания комфортных и безопасных условий проживания населения и социально-экономического развития [16].

Результаты исследования

В качестве объекта исследования был выбран город Хомс – один из сирийских городов, наиболее пострадавший в результате военных действий. Ущерб, нанесенный крупным сирийским городам, например Алеппо, удвоился за последние два года; в Хомсе он увеличился на треть.

Хомс является одним из сирийских городов, географическое положение которого имеет важное экономическое и стратегическое значение. Город Хомс – это также главная ось между севером и югом страны (рис. 1).

В городе обследовался район Баба Амр – один из жилых районов (рис. 2), который был разрушен в результате военных действий. Он характеризуется высокой плотностью застройки мало- и многоэтажными жилыми кирпичными и железобетонными зданиями. Ширина улиц составляет от 3 до 9 м.

На спутниковых снимках было обнаружено, что наиболее подверженные воздействию снарядов жилые кварталы находились в пери-

ферийных и центральных частях района Баба Амр (рис. 2).

Снаряды, использованные в военных действиях, характеризовались разнообразием и весили от 25 до 200 кг, т. е. масса взрывчатого вещества следующая: $Q = 25, 50, 100, 200$ кг.

Расстояние до центра взрыва r составило: 10, 25, 50 и 100 м.

Применяя математические формулы (1), (2) и (3), были определены: приведенный ра-

диус R , избыточное давление ΔP_{ϕ} . Ранее установленным соответствием (см. таблицу) была определена степень разрушения жилого района (рис. 3).

Выполненное обследование и установленные радиусы взрывной волны (рис. 3, б) позволили построить схему, отражающую степень разрушения зданий жилого района Баба Амр г. Хомс.

На схеме можно выделить различный характер разрушения зданий: от слабого до полного.



Рис. 1. Спутниковая карта города Хомс (<https://www.google.com/maps/>)

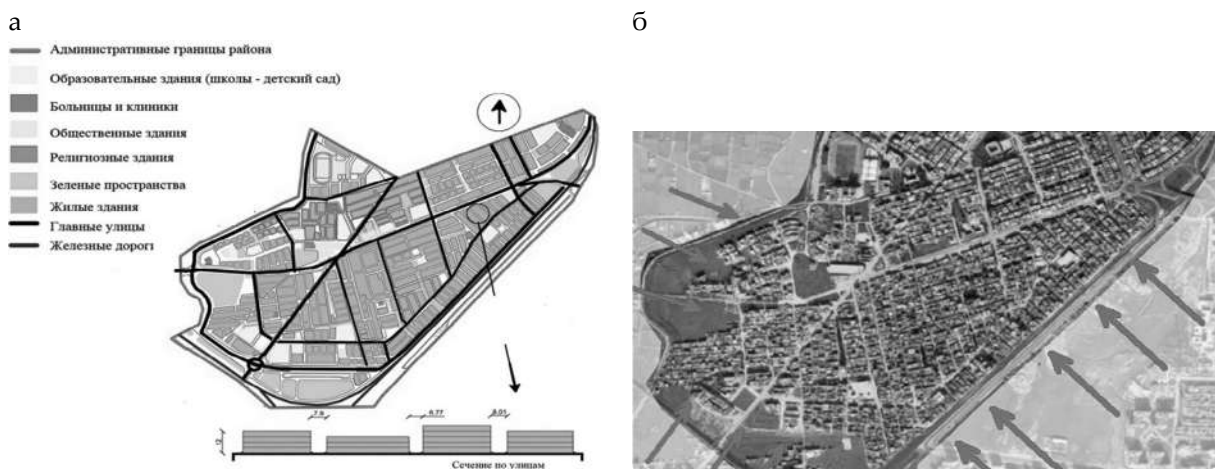


Рис. 2. Район Баба Амр, г. Хомс :

а – схема направления ведения военных действий;
 б – схема функционального зонирования жилого района Баба Амр (рисунок А. Юнис)

В соответствии с предварительно установленной степенью разрушения зданий построена карта зонирования территории жилого района (рис. 3, в).

Полученная в ходе зонирования информация позволит установить функционально-планировочную структуру жилых районов города и параметров их планируемого развития, определенных генеральным планом поселения

и схемой территориального планирования муниципального района, включающих учет градостроительных и природных особенностей территории, взаимоувязанное размещение жилых домов, общественных зданий и сооружений, улично-дорожной сети, озелененных территорий общего пользования и других объектов, выразительность объемно-пространственного решения застройки.

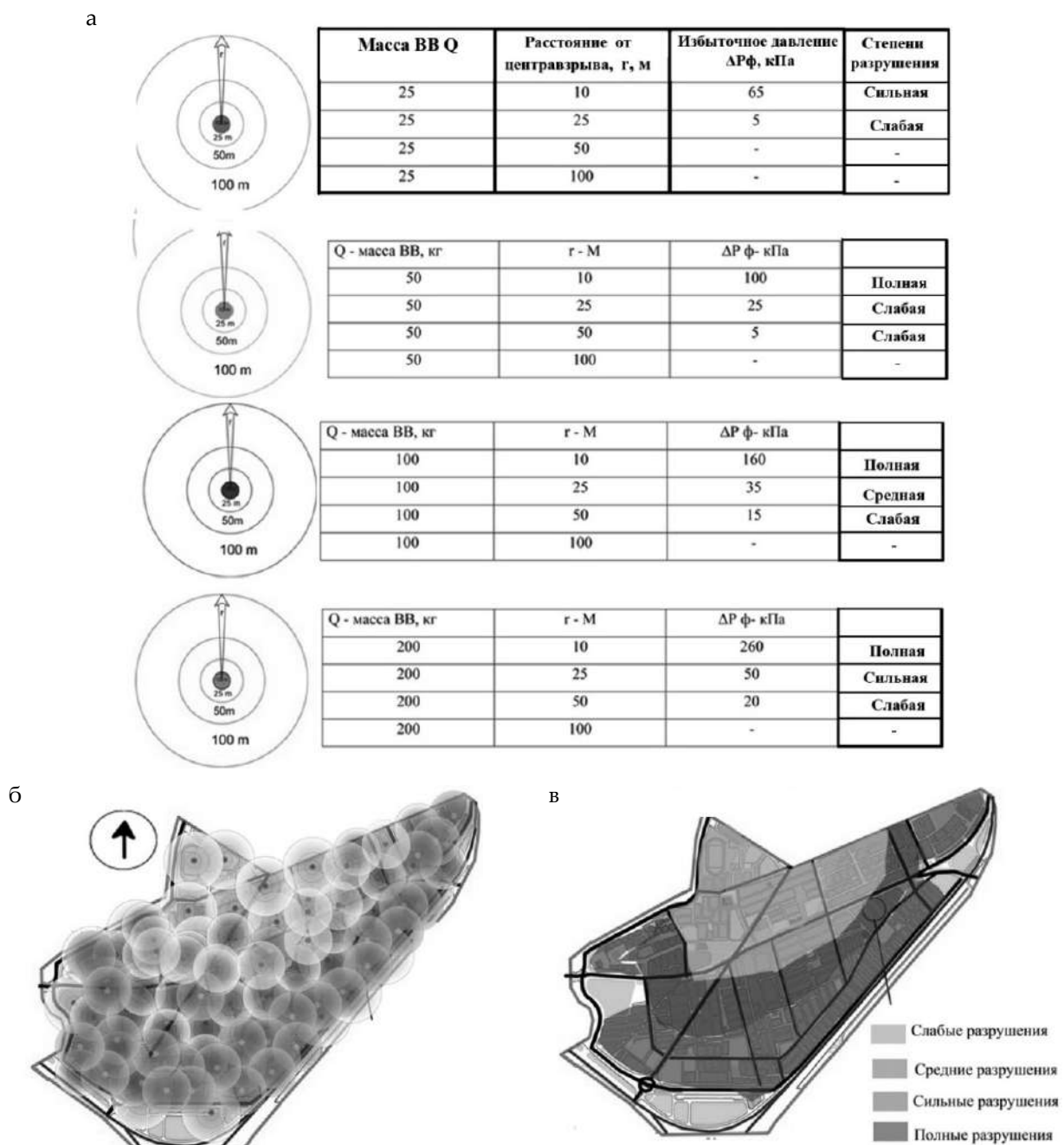


Рис. 3. Степени разрушения Район Баба Амр, г. Хомс: а – степени разрушения жилых зданий от избыточного давления воздушной ударной волны (см. таблицу); б – схема места падения снарядов; в – карта градостроительного зонирования территории жилого района Баба Амр, г. Хомс по степени разрушения (рисунок А. Юнис)

Заключение

Результаты исследовательской работы привели к разработке градостроительной методики, базирующейся на оценке степени разрушения жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий. Использование предлагаемой методики позволит сэкономить время при оценке причиненного вреда объектам капитального строительства, которые формируют основу для начала процесса восстановления городов и обеспечения его базовой основы на всех других уровнях территориального планирования и градостроительного проектирования. Важность использования этого подхода состоит в том, что он дает возможность определить степень разрушения жилых территорий в особых обстоятельствах – ведения боевых действий в городе и возникающей сложности полевой оценки.

Достигнутые результаты могут быть распространены на большинство крупных сирийских городов, поскольку они обладают общим архитектурным, планировочным и социальным характером и подвергаются воздействию однотипных механизмов и оружия уничтожения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербина Е.В., Белал А.А., Салмо А. Градостроительное восстановление исторических центров сирийских городов, разрушенных войной // Вестник МГСУ. Т. 15. Вып. 5. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.5.632-640, 2020. С. 632–640.
2. Гандельсман Б.В. Морфотипы исторической застройки городов Европейской части и востока России: общее и особенное в вопросах сохранения и реконструкции // Материалы научно-практической конференции «Наука, образование и экспериментальное проектирование», 8 – 12 апреля 2013 г. С. 376 – 381.
3. Щенков А.С. Реконструкция исторической застройки в Европе во второй половине XX века: историко-культурные проблемы. М.: Ленанд, 2011. 280 с.
4. Шерешевский А.Л. Подходы к реконструкции архитектурно-градостроительной среды на примере восстановлений исторических городов / СГАСУ. Самара, 2014. С. 511–516.
5. Некрасов А.Б. Воссоздание утраченной исторической застройки (на примере города Калининграда) // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 2. 2019. С. 38–51.
6. Слинкин М. Особенности ведения боевых действий Сирийской вооруженной оппозицией // Россия и мусульманский мир. Конфронтация между Западом и Россией: С кем вы, страны Азии и Африки?. М.: ИВ РАН, 2016. С. 28–34.
7. Арфуш / Хузам / Абдул Хади. Система строительства в Хомсе/ Арабская Городская Организация. Конференция Наследия. Хомс, 2001.

8. Халиль Иван. Типологические особенности объемно-планировочной структуры малоэтажных жилых зданий и сооружений Сирии // Architecture and modern information technologies. AMIT 4(45). 2018. С. 214–224.

9. Scherbina E. V., Alsous M.M. Advanced analysis technology in reshaping post war cities (Palmyra - Syria) // IFAC-Papers OnLine, Volume 52, Issue 25, 2019, Pages 240-245 - 2019.

10. Andreas Braun. Assessment of Building Damage in Raqqa during the Syrian Civil War Using Time-series of Radar Satellite Imagery// Geographic Information Science, 2018, DOI: 10.1553/giscience2018_01_s228.

11. Былинкин Н.П., Калмыкова В.Н., Рябушин А.В., Сергеева Г.В. История советской архитектуры (1917-1954 гг) . М.: Стройиздат, 1985. 256 с.

12. Сосунова И.В. МЧС России. Проблемы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях в условиях современных вызовов и угроз: справочное пособие. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017. 452 с.

13. Фалеев М. И., Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. 480 с.

14. Модуль arcgis «риск чс (оператор)»: нормативные документы, Версия модуля 1.0 (декабрь 2010). 93 с.

15. Бобров Ю.Г. Теория реставрации памятников искусства: закономерности и противоречия. М.: Эдсмит, 2004. 344 с.

16. Алсуз М.М. Историческое развитие Пальмиры в аспекте формирования генерального плана города // Сборник докладов международной научно-практической конференции. М.: НИМ МГСУ, 2018. С 188–192.

REFERENCES

1. Shherbina E.V., Belal A.A., Salmo A. Urban restoration of historical centers of Syrian cities destroyed by the war. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering], 2020, Vol.15, no. 5, pp. 623-640. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2020.5.632-640.
2. Gandel'sman B.V. Morphotypes of the historical buildings of the cities of the European part and the east of Russia: general and specific in matters of preservation and reconstruction. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauka, obrazovanie i jeksperimental'noe proektirovanie»* [Materials of the scientific-practical conference "Science, education and experimental design"]. Moscow, 2013, pp. 376-381. (in Russian).
3. Shhenkov A.S. *Rekonstrukcija istoricheskoy zastrojki v Evrope vo vtoroj polovine HH veka: istoriko- kul'turnye problem* [Reconstruction of historical buildings in Europe in the second half of the twentieth century: historical and cultural problems]. Moscow, Lenand., 2011. 280 p.
4. Shereshevskij A.L. Approaches to the reconstruction of the architectural and urban planning environment on the example of the restoration of historical

cities. *Samarskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet* [Samara State University of Architecture and Civil Engineering], 2014, pp. 511–516. (in Russian).

5. Nekrasov A.B. Reconstruction of the lost historical buildings (on the example of the city of Kaliningrad). *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academy. Architecture and construction], 2019, no. 2, pp. 38-51. (in Russian).

6. Slinkin M. Features of the conduct of hostilities by the Syrian armed opposition. *Rossija i musul'manskij mir. Konfrontacija mezhdru Zapadom i Rossiej: S kem vy, strany Azii i Afriki?* [Russia and the Muslim world. Confrontation between the West and Russia: Who are you with, the countries of Asia and Africa?]. Moscow, 2016, pp. 28-34. (in Russian).

7. Arfush, Khuzam, Abdul Hadi. Homs Building System. *Arabskaja Gorodskaja Organizacija. Konferencija Nasledija* [Arab City Organization. Heritage Conference]. Homs, 2001. (in Arabic).

8. Halil' Ivan. Typological features of the space-planning structure of low-rise residential buildings and structures in Syria. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and modern information technologies], Moscow, 2018, pp. 214–224. (in Russian).

9. Scherbina E. V., Alsous M.M. Advanced analysis technology in reshaping post war cities (Palmyra - Syria). *IFAC-Papers OnLine* [IFAC-Papers OnLine], 2019, Vol.52, no. 25, pp. 240-245.

10. Andreas Braun. Assessment of Building Damage in Raqqa during the Syrian Civil War Using Time-series of Radar Satellite Imagery. *Geograficheskaja informatika* [Geographic Information Science], DOI: 10.1553/giscience2018.

11. Bylinkin N.P., Kalmykova V.N., Rjabushin A.V., Sergeeva G.V. *Istorija sovetskoj arhitektury (1917-1954 gg)* [History of Soviet architecture (1917-1954)]. Moscow, 1985. 256 p. (in Russian).

12. Sosunova I.V., MChS Rossii. Problems of protecting the population and territories in emergency situations in the context of modern challenges and threats, *spravochnoe posobie. M., FGBU VNII GOChS (FC)* [a reference guide. Moscow: FGBU VNII GOChS (FC)]. Moscow, 2017. 452 p. (in Russian).

13. Faleev M. I. *Zashhita naselenija i territorij v chrezvychajnyh situacijah* [Protection of the population and territories in emergency situations]. Kaluga, 2001. 480 p.

14. Arcgis module "emergency risk (operator)": regulatory documents, Module version 1.0 (December 2010). 93 p.

15. Bobrov Ju.G. *Teorija restavracii pamjatnikov iskusstva: zakonomernosti i protivorechija* [The theory of restoration of monuments of art: patterns and contradictions]. Moscow, 2004. 344 p.

16. Alsus M.M. Historical development of Palmyra in the aspect of the formation of the master plan of the city. *Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii* [Collection of reports of the international scientific and practical conference]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering, 2018, pp. 188-192. (in Russian).

Об авторах:

ЮНИС Алмикдад

аспирант кафедры градостроительства
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: almikdadyounis@hotmail.com.

YOUNIS Almiqdad

Postgraduate Student of the of the Urban Planning Chair
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye Shosse str., 26
E-mail: almikdadyounis@hotmail.com

БАКАЕВА Наталья Владимировна

доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры градостроительства
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: natbak@mail.ru

BAKAEVA Natalia V.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Urban Planning Chair
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye Shosse str., 26
E-mail: natbak@mail.ru

Для цитирования: Юнис А., Бакаева Н.В. Градостроительная методика оценки разрушения жилых территорий, пострадавших в результате боевых действий // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 165–173. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.20.

For citation: Younis A., Bakaeva N.V. Urban Planning Methodology for Assessing the Destruction of Residential Areas Affected by Hostilities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 165–173. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.20.



УДК 66.045.1

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.21

**А. С. ГОРШЕНИН
Н. П. КРАСНОВА
Ю. И. РАХИМОВА**

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ ANSYSFLUENT

NUMERICAL SIMULATION OF SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER IN ANSYSFLUENT SOFTWARE

Рассматривается численное моделирование водо-водяного кожухотрубчатого теплообменника с использованием возможностей математического моделирования средствами пакета конечно-элементного анализа. Предложен алгоритм решения задач тепло- и массообмена в программном продукте ANSYSFluent. Отличительной особенностью данного алгоритма является простота и точность производимых расчётов. В ходе исследования получены контуры распределения скорости и температуры в теплообменном аппарате, а также произведена верификация данных, полученных при помощи компьютерного моделирования, с аналитическим решением.

Ключевые слова: кожухотрубчатый теплообменник, теплообменный аппарат, численное моделирование, контур температуры, контур скорости, ANSYSFluent

Для производства тепловой энергии требуется применение современного оборудования: в котельных, тепловых сетях, тепловых пунктах, различных системах теплоснабжения в промышленности. В настоящее время при распределении тепловой энергии для подготовки горячей воды в тепловых сетях применяются кожухотрубчатые теплообменные аппараты. Такая конструкция теплообменного аппарата хорошо зарекомендовала себя при длительной эксплуатации [1].

Numerical modeling of a water-to-water shell-and-tube heat exchanger using the capabilities of mathematical modeling by means of a finite element analysis package is considered. An algorithm for solving problems of heat and mass transfer in the ANSYSFluent software product is proposed. A distinctive feature of this algorithm is the simplicity and accuracy of the calculations. In the course of the study, the contours of the velocity and temperature distribution in the heat exchanger were obtained, and the data obtained using computer modeling were verified with an analytical solution.

Keywords: shell and tube heat exchanger, heat exchanger, numerical simulation, temperature loop, velocity loop, ANSYSFluent

Основной тенденцией производства в настоящее время является увеличение эффективности используемого технологического оборудования [2]. Кожухотрубчатый теплообменный аппарат (КТА) – один из широко распространённых теплообменников не только в энергетике, но и в нефтяной, химической промышленности и др. [3]. Распространение кожухотрубчатого теплообменного аппарата обусловлено надёжностью конструкции и раз-

нообразием типов и вариантов исполнения для эксплуатации в широком диапазоне температуры, давления и коррозионной активности среды.

Исследования КТА ведутся во многих областях: застойные зоны в межтрубном пространстве из-за перегородок [4] со спиральными и полукольцевыми выемками [5], гидрогазодинамика КТА [6], численные модели КТА и проблемы их верификации и валидации [7].

В связи с тем, что испытание новых конструкций с помощью эмпирических методов достаточно дорогостояще и трудоемко, применяются новые методы для определения характеристик теплообменников. Одним из современных методов является компьютерное моделирование, которое позволяет испытывать новые конструкции теплообменников с помощью CFD расчетов [8]. Наиболее эффективным методом исследования процессов гидродинамики и теплопередачи в настоящее время является метод вычислительной гидродинамики, реализованный в программных системах конечно-элементного анализа. Преимуществом вычислительной гидродинамики является высокая скорость расчета, точность и полнота полученных данных, дающая представление о распределении и скорости потоков в аппарате, гидравлическом сопротивлении внутреннего пространства в целом и его отдельных участков.

Цель данной работы – создание компьютерной модели процесса теплообмена и массообмена в пространстве водо-водяного кожухотрубчатого теплообменника для дальнейшего исследования различных конструкций теплообменника при помощи компьютерного моделирования и валидации данной модели при помощи аналитического решения.

Выбор оптимального соотношения геометрических параметров для достижения наибольшей энергетической эффективности теплообменного аппарата должен производиться на основании исследования тепло-гидравлических характеристик потоков.

Описание модели. Оборудование абонентских установок состоит из различного рода теплообменных аппаратов, нагревательных приборов, водо-водяных подогревателей, калориферов и т. п. [9].

Расчет регулирования современных систем централизованного теплоснабжения проводится по уравнениям, описывающим работу различного типа теплообменных аппаратов в нерасчетных условиях. В таких условиях обычно известны только температуры теплоносителей на входе в теплоиспользующие установки и, как правило, не известны температуры теплоносителей на выходе из них.

Для сравнения аналитического и численного решения были заданы следующие условия: температура греющего теплоносителя на входе $63\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура нагреваемого теплоносителя на входе $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также скорость на входе в подающие патрубки 1 м/с как для аналитического, так и для численного решения. Известны габаритные размеры теплообменника: количество и размер трубок, количество ходов, размеры кожуха. По данным параметрам была построена трёхмерная модель подогревателя. Ожидаемые температуры на выходе были вычислены аналитически и сравнены с температурами по результату моделирования. Также по исходным данным была аналитически пересчитана площадь теплообмена.

В рамках исследуемой задачи выбран водо-водяной кожухотрубчатый четырёхходовой противоточный теплообменник с подачей горячей воды в межтрубное пространство. Некоторые из конструктивных и заданных геометрических параметров представлены ниже:

- размер корпуса (кожуха) $D_c - 2\text{ м}$;
- внутренний диаметр трубы $d_o - 0,1\text{ м}$;
- количество труб $H_m - 12$;
- длина теплообменника $l - 5\text{ м}$;
- температура на входе в корпус $T - 285\text{ К}$;
- толщина стенки труб $\delta - 0,5\text{ мм}$;
- входные и выходные патрубки греющего и нагреваемого теплоносителя – $0,5\text{ м}$.

На начальном этапе построена геометрия модели кожухотрубчатого теплообменника во встроенном в ANSYS модуле – DesignModeler, которая состоит из двух тел: пространство нагреваемого теплоносителя (coldwater), греющего теплоносителя (hotwater) (рис.1).

Для выполнения численного эксперимента произведена генерация и адаптация расчётной сетки в модуле ANSYS Meshing. Структура расчётной сетки показана на рис. 2. Общее число элементов сетки: 6265630.

Устанавливались настройки решателя Fluent во встроенном модуле Set Up. Задача решалась в стационарном виде Steady, тип решателя на основе давления Pressure-Based. Подключена гравитация по оси $Y(-9,81\text{ м/с}^2)$, подключено уравнение энергии, для описания движения жидкости в теплообменнике используется k-epsilon модель турбулентности со стандартной пристеночной функцией. Задавались граничные условия: температура и скорость на входе греющего и нагреваемого теплоносителя.

Результаты и обсуждение. По итогам численного эксперимента получены расходы теплоносителя, температуры на входе и выходе, перепады давления. Ниже представлены контуры температур и скорости в сечениях КТА (рис. 3, 4).

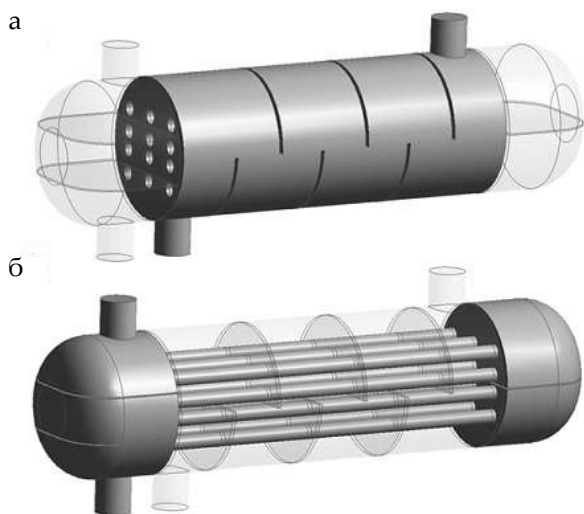


Рис. 1. Геометрия кожухотрубчатого теплообменника:
а – кожух (hot water); б – пучок труб (cold water)



Рис. 2. Расчетная сетка теплообменника

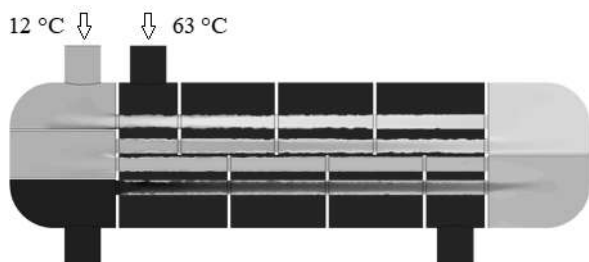


Рис. 3. Контур распределения температуры

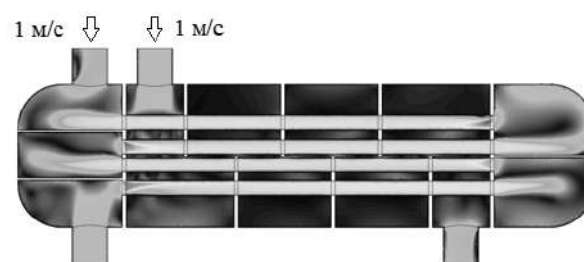


Рис. 4. Контур скорости

Для оценки точности полученных результатов, соответствия расчетной модели реальному теплообменному аппарату проведена верификация результатов теплового расчёта с аналитическим решением методом сравнения площади теплообмена [10].

Из основного уравнения теплопередачи выражаем расчётное значение F . Для расчёта температурного напора принимаем температуры теплоносителей на выходе по результатам решения численной модели.

$$Q = \int_F k \cdot \Delta t \cdot dF. \quad (1)$$

Загрязнения на стенках трубы не учитываются. Тепловую мощность теплообменного аппарата находим по формуле

$$Q = G \cdot C \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \quad (2)$$

где G – расход теплоносителя; C – теплоёмкость воды; $t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}$ – температуры теплоносителя на входе и на выходе в теплообменник соответственно.

Расход греющего и нагреваемого теплоносителей определяется по формуле

$$G = W \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3)$$

где W – скорость подачи воды в патрубок; d – диаметр входного патрубка.

Задаёмся температурой греющего теплоносителя на выходе, подбирая подходящую методом последовательных приближений.

$$t_1^{\text{вых}} = t_1^{\text{вх}} - \frac{Q}{G_1 C_{p1}}, \quad (4)$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2}. \quad (5)$$

Так как $\Delta t_6 / \Delta t_m \leq 2$, то с достаточной точностью можно принимать средний температурный напор:

Скорость потока:

$$w_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{тр}}}{\rho_{\text{тр}} \cdot f_{\text{тр}}}, \quad (6)$$

где f – проходное сечение.

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \tag{7}$$

Число Рейнольдса определялось по формуле $Re_{тр} > 10000$, $Re_{мтр} > 10000$, движение в обоих случаях турбулентное.

В случае развитого турбулентного режима движения жидкости в прямых трубах и каналах, т. е. в трубном пространстве, критерий Нуссельта определяется по уравнению

$$Nu_{тр} = 0,021 \cdot \varepsilon_1 \cdot Re_{тр}^{0,8} \cdot Pr_{тр}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{тр}}{Pr_{1ст}}\right)^{0,25} \tag{8}$$

Коэффициенты теплоотдачи от потока в трубах к внутренней поверхности трубок и от наружной поверхности трубок к потоку в межтрубном пространстве определим по формулам:

$$\alpha_{тр} = \frac{Nu_{тр} \cdot \lambda_{тр}}{d_{вн}} \tag{9}$$

$$\alpha_{мтр} = \frac{Nu_{мтр} \cdot \lambda_{мтр}}{d_{н}} \tag{10}$$

Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки равен

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \tag{11}$$

Площадь теплообмена на основе геометрической модели в DesignModeler определяется по формуле

$$F_M = n l 2\pi R \tag{12}$$

Площадь, полученная в результате аналитического решения, определяется из уравнения теплопередачи

$$F_a = \frac{Q}{\Delta t \cdot k} \tag{13}$$

Значение площади теплообмена модели сравниваем с аналитическим решением (см. таблицу).

Сравнительный анализ аналитической и численной модели

Показатель	Аналитическое решение	Компьютерное моделирование
Греющий теплоноситель (вода)		
Температура на входе, °С	63	63
Температура на выходе, °С	59	59
Нагреваемый теплоноситель (вода)		
Температура на входе, °С	12	12
Температура на выходе, °С	15,990	15,998
Расход теплоносителя, кг/с	195	195
Число ходов	4	4
Трубки теплообменника		
Диаметр наружный, мм	100	100
Толщина стенки, мм	0,5	0,5
Площадь теплообмена, м	23,5	18,85

Погрешность в расчёте площади теплообмена может быть вызвана наличием в модели поперечных перегородок. В представленном контуре распределения температур видно, что перепад температуры в трубном пучке составляет 3 °С. Это вызвано высокой скоростью движения теплоносителя, а также малым количеством труб в одном ходу. Аналитически полученная скорость в межтрубном пространстве составила 2,1 м/с, что также отражено на полученном в результате моделирования контуре скоростей (рис. 4).

Вывод. В данной работе для оптимизации конструкции трубчатого теплообменника применена методика, которую можно считать типовой для решения задач оптимизации с использованием моделей компьютерной динамики жидкости. Методика включает следующие основные этапы: создание параметризованной геометрической модели, построение сеточной модели на основе автоматического генератора расчетной сетки, формирование расчетной CFD модели (выбор уравнений, выбор модели турбулентности, постановка граничных

условий, верификация и идентификация), создание параметризованного расчетного блока с выводом в качестве параметров критериев оптимизации, задание области оптимизационного поиска, построение поверхности отклика, нелинейная оптимизация по поверхности отклика. Эта методика достаточно универсальна и может применяться во многих других случаях, так как при проектировании зачастую приходится решать задачи оптимизации. С учётом допустимой погрешности, описанной в данной работе, алгоритм решения можно считать оптимальным для сокращения времени и мощности для вычисления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Krasnova N.P., Gorshenin A.S., Rakhimova J.I. Increasing the energy efficiency of the cycle of heat treatment of aluminum ingots // Proceedings of 10th International Scientific and Practical Conference on Water Power. Russian Federation, Kazan, 2018.
2. Krasnova N.P., Gorshenin A.S., Rakhimova J.I. Gas-filled thermal insulation use in heat supply // Proceedings of 10th International Scientific and Practical Conference on Water Power. Russian Federation, Kazan, 2018.
3. Krasnova N.P., Gorshenin A.S., Rakhimova J.I. Constructive factors optimization of the heat exchange model in the cooling chamber // Proceedings of International Workshop on Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering. Russian Federation, Krasnoyarsk, 2019.
4. Четверткова О.В., Ризванов Р.Г., Чернятьева Р.Р. Влияние расстояния между поперечными перегородками и высоты выреза перегородки на тепловую эффективность кожухотрубчатого теплообменника // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. №6. С. 452–465.
5. Повышение эффективности кожухотрубных теплообменных аппаратов с применением дуночных и полукольцевых выемок / Гуреев В. М. [и др.] // Энергетика Татарстана. 2014. №. 3–4. С. 61–64.
6. Кретинин А.В., Куликова Е.Е., Булыгин К.Д. Оптимизация конструкции теплообменного аппарата методами вычислительной гидромеханики // Вестник ВГТУ. 2015. №5. С. 89–95.
7. Сысоев И.А., Зими́на Т.И., Колмогоро́вцев И.В. Моделирование распределения температур на поверхности теплообменника в пакете прикладной программы ANSYS // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. №2 (54). С. 54–59.
8. ANSYS CFX. Introduction to CFX. Turbulence. Chapter 9. ANSYS. Inc, 2009, Vol. 7.
9. Шишкин Б.В. Конструирование и эксплуатация теплообменных аппаратов. Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2011. 128 с.
10. Савельев Н. И., Лукин П. М. Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 2010. 292 с.

REFERENCES

1. Krasnova, N.P., Gorshenin, A.S., Rakhimova, J.I. Increasing the energy efficiency of the cycle of heat treatment of aluminum ingots. Proceedings of 10th International Scientific and Practical Conference on Water Power. Kazan, 2018 (in Russian).
2. Krasnova, N.P., Gorshenin, A.S., Rakhimova, J.I. Gas-filled thermal insulation use in heat supply. Proceedings of 10th International Scientific and Practical Conference on Water Power. Kazan, 2018 (in Russian).
3. Krasnova, N.P., Gorshenin, A.S., Rakhimova, J.I. Constructive factors optimization of the heat exchange model in the cooling chamber. Proceedings of International Workshop on Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering. Krasnoyarsk, 2019 (in Russian).
4. Четверткова О.В., Ризванов Р.Г., Чернятьева Р.Р. The effect of the distance between the transverse partitions and the height of the cutout of the partition on the thermal efficiency of the shell-and-tube heat exchanger. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo»* [Electronic scientific journal "Oil and Gas Business"], 2015, no.6, pp. 452-465. (in Russian)
5. Gureev V. M. Improving the efficiency of shell-and-tube heat exchangers using hole and half-ring recesses. *Energetika Tatarstana* [Energy of Tatarstan], 2014, no.3-4, pp.61-64. (in Russian)
6. Kretinin A.V., Kulikova E.E., Bulygin K.D. Optimization of the design of the heat exchanger by methods of computational hydromechanics. *Vestnik VGTU* [Voronezh State Technical University Bulletin], 2015, no.5, pp.89-95. (in Russian)
7. Sysoev I.A., Zimina T.I., Kolmogortsev I.V. Modeling the temperature distribution on the surface of a heat exchanger in the ANSYS application package. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyy analiz. Modelirovaniye* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2017, no.2 (54), pp.54-59. (in Russian)
8. ANSYS CFX. Introduction to CFX. Turbulence. Chapter 9. ANSYS. Inc, 2009, Vol. 7.
9. Shishkin B.V. *Konstruirovaniye i ekspluatatsiyateploobmennyyhapparatorov: ucheb.posobie* [Design and operation of heat exchangers]. Komsomolsk-na-Amure, GOUVPO «KnAGTU», 2011. 128p.
10. Savel'ev N. I., Lukin P. M. *Raschet i proektirovaniye kozhukhotrubchatykh teploobmennyykh apparatorov* [Calculation and design of shell-and-tube heat exchangers] Cheboksary, Izd-vo Chuvash.un-ta, 2010. 292 p.

Об авторах:

ГОРШЕНИН Андрей Сергеевич

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

GORSHENIN Andrey S.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Industrial Heat Power Engineering Chair State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya str., 244

КРАСНОВА Наталья Петровна

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

KRASNOVA Natalya Petrovna

Senior Lecturer of the Industrial Heat Power Engineering Chair State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya str., 244 Email: krasnova-pt@yandex.ru

РАХИМОВА Юлия Игоревна

кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: juliyrakhimova@yandex.ru

RAKHIMOVA Julia Igorevna

PhD in Pedagogics, Associate Professor of the Industrial Heat Power Engineering Chair State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeiskaya str., 244 Email: juliyrakhimova@yandex.ru

Для цитирования: Горшенин А.С., Краснова Н.П., Рахимова Ю.И. Численное моделирование кожухотрубчатого теплообменника в программном продукте Ansysfluent // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 174–179. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.21.

For citation: Gorshenin A.S., Krasnova N.P., Rakhimova Yu.I. Numerical Simulation of Shell and Tube Heat Exchanger in Ansysfluent Software. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 174–179. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.21.

**ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР
«КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭНЕРГОАУДИТ»**

Направления
деятельности



Внедрение компьютерных моделей энергетических процессов и систем, позволяющих с высокой достоверностью моделировать температурные и гидравлические режимы работы энергетических объектов, определять оптимальные направления их реконструкции, проектировать новые сложные энергетические системы (тепловые пункты крупных городов, водопроводные сети, системы нефти и газопроводов, циркуляционные системы тепловых электрических станций), проведение качественного и эффективного энергоаудита

Руководитель



Василий Александрович КУДИНОВ
доктор физико-математических наук, профессор

Контакты



443010, Самара, ул. Галактионовская, 141
(846) 332-42-35, 332-42-44
totig@yandex.ru

Е. А. КРЕСТИН
Г. В. СЕРЕБРЯКОВ

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КАНАЛА, ДАВЛЕНИЯ, ТЕМПЕРАТУРЫ, ОСЦИЛЛЯЦИЙ И АДСОРБЦИИ НА ОБЛИТЕРАЦИЮ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

INFLUENCE OF CHANNEL GEOMETRY, PRESSURE, TEMPERATURE, OSCILLATIONS AND ADSORPTION ON OBLITERATION OF SLIT SEALS OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Рассмотрено влияние геометрических размеров и конфигурации щелевых бесконтактных уплотнений на облитерацию зазоров плунжерных пар на стадии проектирования и расчета систем приводов агрегатов электроэнергетических систем. Выявлено совместное действие загрязнений рабочей жидкости и адсорбционного эффекта на зарастание живого сечения канала. Расход в процессе проливки образцов уменьшался одновременно в результате зарастивания канала частицами загрязнений и адсорбции, т. е. образования на стенках канала граничных пленок. Определены утечки через зазор при концентричном и эксцентричном расположении плунжера в гильзе. Найден минимальный зазор, при котором процесс облитерации стабилизируется и рыхлые грязевые образования смываются потоком рабочей жидкости. Выявлено влияние перепада давления по концам щелевого зазора на процесс облитерации канала. С увеличением перепада давления процесс напластования адсорбированных слоев полярных молекул ускоряется, вследствие этого увеличивается число частиц загрязнений, задерживаемых в щели в единицу времени. С увеличением температуры рабочей жидкости процесс облитерации каналов ускоряется, что подтверждено экспериментами. При осциллирующем плунжере расход через кольцевой зазор меньше, чем при неподвижном. Это обусловлено тем, что колеблющийся плунжер занимает в гильзе положение, близкое к концентричному, при котором утечки минимальные. Стабильный расход получается при течении рабочей жидкости через зазоры плунжерных пар, совершающих возвратно-поступательные осциллирующие движения.

Ключевые слова: облитерация, щелевые зазоры, расход утечек, гидроагрегаты, толщина граничного слоя, адсорбция, эксцентричное расположение, электроэнергетические системы

Процесс облитерации при течении жидкостей, склонных образовывать на стенках каналов слой из адсорбированных молекул,

The influence of the geometric dimensions and configuration of slot contactless seals on the obliteration of the gaps of plunger pairs at the design and calculation stage of drive systems of electric power systems units is considered. The combined effect of working fluid contamination and the adsorption effect on the overgrowth of the living section of the channel was revealed. The flow rate during sample shedding was reduced simultaneously as a result of the channel overgrowing with contamination particles and adsorption, i.e. the formation of boundary films on the channel walls. Leaks through the gap at concentric and eccentric position of the plunger in the sleeve are determined. The minimum gap is found, at which the obliteration process is stabilized and loose mud formations are washed away by the flow of the working fluid. The influence of the pressure drop at the ends of the slot gap on the channel obliteration process was revealed. With an increase in the pressure drop, the process of stratification of adsorbed layers of polar molecules accelerates, resulting in an increase in the number of contamination particles trapped in the gap per unit of time. With an increase in the temperature of the working fluid, the process of channel obliteration accelerates, which is confirmed by experiments. With an oscillating plunger, the flow through the annular gap is less than with a stationary one. This is due to the fact that the oscillating plunger occupies a position in the sleeve close to the concentric one, at which leaks are minimal. A stable flow rate is obtained when the working fluid flows through the gaps of the plunger pairs performing reciprocating oscillating movements.

Keywords: obliteration, slot gaps, leakage rate, hydraulic units, boundary layer thickness, adsorption, eccentric arrangement, electric power systems

идет одновременно с засорением входа в зазор частицами загрязнений. Если считать, что изменение толщины граничного слоя

при течении через щель подчиняется закономерности [1]:

$$\delta = \delta_{\max} (1 - e^{-\beta\tau}),$$

то высота зазора со временем уменьшится до величины:

$$h = h_0 - 2\delta = h_0 \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]. \quad (1)$$

При этом вследствие загрязнения будет уменьшаться и первоначальная ширина щели W_0 . При протекании через щель единичного объема жидкости ширина канала уменьшится и может быть найдена по формуле

$$W'_{e0} = -\alpha \int_{D=h_0}^{D=D_{\max}} K_u D dD.$$

В результате уменьшения зазора, в последнем выражении изменится и нижний предел интегрирования:

$$W_{e0} = -\alpha \int_{D=h(\tau)}^{D=D_{\max}} K_u D dD,$$

где $h(\tau)$ – переменный по времени зазор.

$$Q = \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right] \times \exp \left\{ -\frac{\alpha Q_u}{W_0} \int_0^\tau \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3 \int_{D=h(\tau)}^{D=D_{\max}} K_u D dD \right\}. \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает процесс облитерации в общем виде. Если через щель протекает жидкость, не склонная к образованию граничных слоев, когда $\delta_{\max} = 0$, а щель зарастает лишь под влиянием загрязненности, тогда выражение (4) преобразуется в известное выражение [2]:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q_u} = e^{-\frac{\alpha Q_u \tau}{W_0} \int_{D=h_0}^{D=D_{\max}} K_u D dD}.$$

Если же высота зазора h превышает максимальный размер частиц загрязнений, содержащихся в жидкости, а жидкость на стенках канала образует адсорбированные граничные слои, то выражение (4) преобразуется в формулу [3]:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q_u} = \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3.$$

На рис. 1 приведен график (кривая 1) проливки жидкости АМГ-10 через плоскую щель размерами: $W_0 = 5,8$ мм; $l_0 = 4,7$ мм и $h_0 = 10$ мкм [4–7]. Перепад давления по концам зазора в экспериментах составлял $\Delta p = 5,0$ МПа, а температура жидкости $t = 20$ °С. Жидкость очи-

Если за время $d\tau$ через канал проходит объем жидкости $dV = Qd\tau$, то за это же время ширина канала изменится на величину $dW = W_{e0} Q d\tau$, где $Q = \frac{Wh^3 \Delta p}{12\nu\rho l_0}$ – переменный расход через щель.

Так как ширина и высота зазора являются переменными величинами по времени $W = f(\tau)$ и $h = f(\tau)$, то единичный зазор равен:

$$W_{e0} = -\alpha \int_{D=h(\tau)}^{D=D_{\max}} \frac{Wh^3 \Delta p}{12\nu\rho l_0} d\tau K_u D dD.$$

Проинтегрируем это выражение и найдем ширину зазора:

$$\ln \frac{W}{W_0} = -\alpha \frac{\Delta p}{12\nu\rho l_0} \int_0^\tau h^3 \int_{D=h(\tau)}^{D=D_{\max}} K_u D dD d\tau,$$

$$W = W_0 e^{-\alpha \frac{\Delta p}{12\nu\rho l_0} \int_0^\tau h^3 \int_{D=h(\tau)}^{D=D_{\max}} K_u D dD d\tau} \quad (2)$$

Относительный расход в этом случае равен:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q_u} = \frac{W}{W_0} \frac{h^3}{h_0^3}; \quad (3)$$

щали с помощью фильтра ФГ-11/1, максимальный размер частиц загрязнений в жидкости не превышал 25 мкм. Расход в процессе проливки уменьшался вследствие зарастивания канала частицами загрязнений и адсорбционного эффекта, т. е. образования на стенках канала граничных пленок.

Найденная по формуле

$$Q = \frac{W\Delta p}{12\nu\rho l} [h_0 - 2\delta_{\max} (1 - e^{-\beta\tau})]^3 = \frac{Wh^3 \Delta p}{12\nu\rho l} \times \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3 = Q_u \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3.$$

зависимость расхода жидкости от времени движения показывает, каким образом облитерация, обусловленная полярно-активными молекулами (кривая 2 на рис. 1), ведет к изменению расхода. В качестве констант были приняты: максимально возможная толщина граничной пленки $\delta = 0,48$ мкм и коэффициент $\beta = 0,001$. Из графика видно, что доля влияния рассмотренных факторов на облитерацию различна (кривая 1 и кривая 2). Решающее значение на изменение расхода оказала загрязненность жидкости.

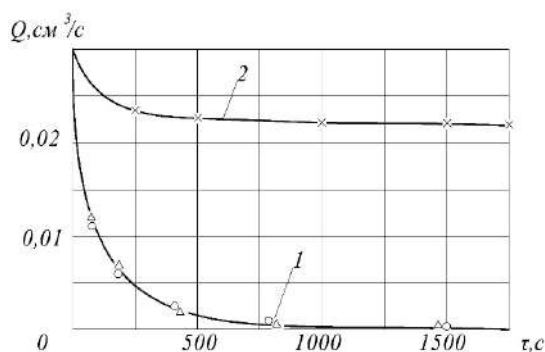


Рис. 1. Зависимость изменения расхода через плоскую щель от времени течения: 1 – экспериментальная кривая; 2 – теоретическая (без учета загрязненности жидкости)

Влияние размера и конфигурации канала

Эксперименты показали, что на процесс облитерации щелевых уплотнений влияют как геометрические размеры, так и конфигурация канала. Изменение длины канала l при неизменной высоте h и ширине W приводит к изменению скорости зарастивания. Чем меньше длина канала, и тем больше утечка, тем больше через щель в единицу времени проносятся загрязнений и молекул, способных адсорбироваться на стенках, тем интенсивней идёт процесс зарастивания щели. Весьма чувствительна интенсивность облитерации к изменению высоты зазора h . При достаточно большой высоте зазора уменьшение расхода либо не происходит, либо происходит столь незначительно, что облитерация практически не влияет на расход. При проливке через щель с небольшой высотой h расход уменьшается со временем значительно. Этот вывод был сделан на основании данных проливок через плоские щели. Минимальный зазор, при котором расход не меняется со временем, зависит от тонкости очистки жидкости, а также от склонности жидкости образовывать на стенках каналов адсорбированные граничные слои.

Для выяснения влияния геометрии кольцевого зазора на облитерацию была выполнена серия экспериментов на цилиндрической плунжерной паре [1]. В опытах диаметр гильзы составлял $d = 25$ мм, а длина щели 10 мм. Диаметр плунжера изменялся притиркой, так что зазор при концентричном расположении плунжера в гильзе поочередно равнялся 10, 25 и 30 мкм. Через щель при температуре жидкости $+30$ °С при перепаде давления $\Delta p = 5,0$ МПа проливали керосин, очищенный от загрязнений фильтром 12ГФ-5С. При постоянных размерах плунжера и гильзы, образующих кольцевую щель, величину зазора можно было регулировать в зависимости от положения плунжера в гиль-

зе – концентричное или эксцентричное. При касании плунжера поверхности гильзы (рис. 2) эксцентриситет максимален, а величина его равна значению зазора $\varepsilon_{\max} = h_0$. При этом зазор h вокруг плунжера имеет переменную величину, изменяясь от $h_{\min} = 0$ до $h_{\max} = 2h_0$:

$$h = h_0 - \varepsilon \cos \theta, \quad (5)$$

где θ – полярный угол; h_0 – зазор при концентричном расположении плунжера в гильзе.

Конструкция образца прецизионной пары позволяла в экспериментах центрировать плунжер в гильзе и получать либо строго концентричную щель, либо поджимать плунжер к стенке гильзы так, чтобы получить эксцентричную щель с максимальным эксцентриситетом.

Кривые изменения относительного расхода от времени, построенные по опытным данным, приведены на рис. 2. Из графика следует, что при концентричном расположении плунжера и зазорах $h = 25$ и 30 мкм величина относительного расхода постоянна и не меняется от времени, т. е. процесса облитерации каналов не наблюдалось. При эксцентричном расположении плунжера в гильзе относительный расход уменьшался и только примерно через 30 мин после начала проливки его величина стабилизировалась. Для плунжерной пары с зазором $h_0 = 25$ мкм фактический расход составлял $\sim 82\%$ от начального. В образце с высотой зазора $h_0 = 30$ мкм стабилизированный расход составил $Q_{\text{ст}} = 0,88Q_{\text{н}}$. Для объяснения этого расхождения следует исходить из того, что при очистке керосина от загрязнений фильтром 12ГФ-5С с сеткой саржевого плетения плоские щели зарастали только с высотой зазора менее 20 мкм, в щелях с большей высотой зазора облитерация не наблюдалась. В кольцевых эксцентричных щелях с переменной высотой канала часть живого сечения с размером зазора, меньшим 20 мкм, видимо, также забивается частицами загрязнения жидкости. Поэтому процесс проливки сопровождался уменьшением расхода. Остальная часть живого сечения щели, высота зазора в которой больше максимального размера частиц загрязнений, не зарастала. Данное объяснение справедливо лишь для жидкостей, не образующих на стенках каналов фиксированных слоев полярно-активных молекул, таких как керосин, бензин, глицерин. Большинство же минеральных масел вследствие взаимодействия полей, излучаемых стенками каналов с жидкостью, образуют на поверхности каналов граничные слои, уменьшающие живое сечение щели.

Расчет, выполненный для эксцентричных щелей по формуле (5), показал (см. рис. 2) следующее. Предельный размер зазора, при котором происходит полная облитерация зазора,

составляет $h = 20$ мкм. Область зарастания щели при высоте $h_0 = 25$ мкм составляет только $20 - 157^\circ$, а при высоте зазора $h_0 = 30$ мкм эта зона будет еще меньше $20 - 140^\circ$. Так как доля площади живого сечения, забитой частицами загрязнений в щели с зазором $h_0 = 25$ мкм, больше, чем в щели с $h_0 = 30$ мкм, то и относительный расход через последнюю щель будет больше, чем через щель высотой $h_0 = 25$ мкм.

Течение жидкости при «стабилизации» расхода носит неустойчивый характер: расход на какое-то время становится несколько меньше среднего, затем скачком повышается и снова падает, и так продолжается непрерывно в процессе всего эксперимента. Это обусловлено тем, что при полном зарастании зазора рыхлые грязевые образования периодически смываются потоком вследствие градиента давления по концам канала. Причем кольцевая щель с высотой зазора 10 мкм зарастала полностью и при концентричном, и при эксцентричном расположении плунжера в гильзе.

При проливке через круглые отверстия жидкости АМГ-10 и керосина, очищенных фильтрами 12ГФ-5С, устойчивый характер течения в диапазоне давления от 1 до 60 МПа был получен в образцах с диаметром, превышающим 0,15 мм. При меньшем диаметре отверстий характер первоначального течения нарушался, при этом расход ступенчато уменьшался и через несколько минут течение жидкости прекращалось.

Влияние давления

Влияние перепада давления на процесс облитерации щелевого уплотнения изучали для масла АМГ-10 и керосина [8, 9]. Жидкость проливали через плоские щели высотой 10 и 14 мкм при перепадах давления 1,0; 2,0; 5,0; 10,0 МПа в течение 30 мин. Как и следовало ожидать (рис. 3), величина расхода с увеличением перепада дав-

ления возрастает. Это вызвано тем, что больший перепад давления по концам щели приводит к большему начальному расходу через зазор. При этом ускоряется процесс налипания адсорбированных слоев полярных молекул и увеличивается число частиц загрязнений, задерживаемых в щели в единицу времени. Опыты показали, что расход уменьшался вначале проливки более интенсивно, чем в последующее время.

Интересную картину течения наблюдали при изменении перепада давления (рис. 4). Течение началось при перепаде давления по концам зазора $\Delta p = 10$ МПа. Как и следовало ожидать, расход с течением времени начал плавно уменьшаться. Затем после одного часа непрерывной проливки, когда течение через щель практически прекратилось, за время порядка трех секунд перепад давления по концам щели был резко увеличен до 12 МПа. Это привело к одномоментному увеличению расхода, после чего щель снова начала зарастать. Подобную картину наблюдали и при последующем увеличении перепада давления до 14,0 МПа, а затем и до 16,0 МПа. По-видимому, плотность наслоений, приводящих к зарастанию щели, пропорциональна перепаду давления. Быстрое увеличение перепада давления приводило к частичному разрушению грязевого наслоения, которое впоследствии образовывалось вновь, но было более прочным, чем ранее, и способным сдерживать больший напор жидкости. Определенную роль в разрушении грязевых наслоений, вероятно, играет некоторое увеличение размера h из-за деформации деталей, образующих стенки канала.

Влияние температуры и осциллирующих движений плунжера

Как известно, повышение температуры жидкости приводит к уменьшению ее вязкости, а значит и к увеличению утечек через зазоры

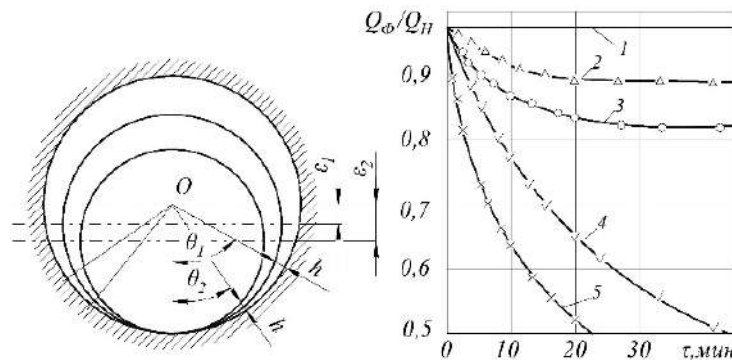


Рис. 2. Характер изменения относительного расхода керосина от размера зазора и положения плунжера в гильзе:

1- $h_0 = 25$ и 30 мкм, $\epsilon = 0$; 2- $h_0 = 30$ мкм, $\epsilon = \epsilon_{\max}$; 3- $h_0 = 25$ мкм, $\epsilon = \epsilon_{\max}$; 4- $h_0 = 10$ мкм, $\epsilon = 0$; 5- $h_0 = 10$ мкм, $\epsilon = \epsilon_{\max}$

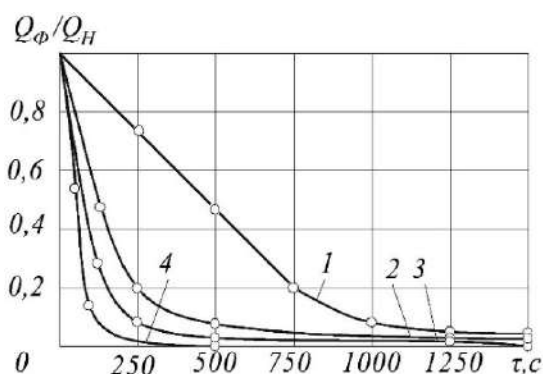


Рис. 3. Влияние перепада давления на относительный расход жидкости АМГ-10 ($h = 10$ мкм):
 1 – $\Delta p = 1$ МПа; 2 – $\Delta p = 2$ МПа;
 3 – $\Delta p = 5$ МПа; 4 – $\Delta p = 0$ МПа

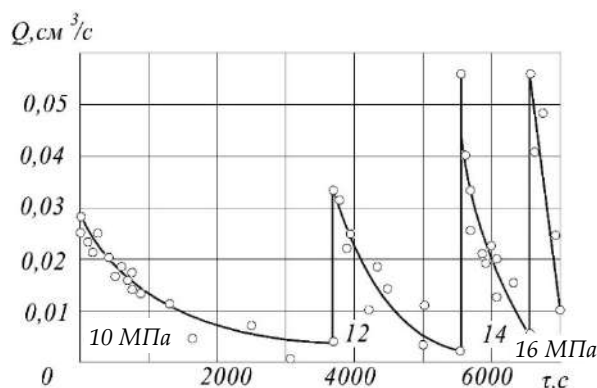


Рис. 4. Характер изменения расхода жидкости через плоскую щель с $h = 10$ мкм при периодическом и быстром увеличении перепада давления

щелевых уплотнений. Если придерживаться гипотезы механического забивания микронных каналов бесконтактных уплотнений загрязнениями жидкости, то с увеличением температуры процесс облитерации каналов должен ускориться. Это подтвердили результаты экспериментов [1].

На рис. 5 показана зависимость относительного расхода керосина от времени при различной температуре жидкости. Приведены результаты проливок через плоскую щель с высотой зазора 10 мкм при перепаде давления 5,0 МПа. Из графиков видно, что чем выше температура жидкости, тем интенсивнее идет процесс облитерации щели и тем быстрее уменьшается расход.

Из практики известно, что если детали, образующие капиллярный канал и находящиеся в покое при определенном перепаде давления, приведут в движение относительно друг друга, то утечки через щель возрастают. Это обусловлено тем, что при перемещении деталей происходит разрушение

рыхлых пластов из ориентированных молекул и из зазора вымываются частички загрязнений. Для определения влияния осциллирующих (поступательных) движений на изменение расхода жидкости через кольцевые щели эксперименты выполняли с плунжерными парами диаметром 12 и 25 мм. К образцам подводили масло АМГ-10 и керосин под давлением 10; 20; 30 и 40 МПа. В процессе эксперимента непрерывно измеряли утечки. В первом опыте плунжер был неподвижным, во втором – при постоянных осциллирующих колебаниях плунжера с частотами 1, 6, 20 и 60 Гц и амплитудой $\sim 0,5-0,8$ мм. При осцилляции плунжера утечка оставалась стабильной в течение всего эксперимента, который длился порядка 40 мин. При неподвижном плунжере утечка уменьшалась. При осциллирующем плунжере расход оказался меньшим, чем при неподвижном плунжере. Это объясняется тем, что колеблющийся плунжер, в отличие от неподвижного, занимает в гильзе положение, близкое к концентричному, при котором утечки минимальные.

Заканчивая рассмотрение вопросов, связанных с явлением облитерации, необходимо сделать выводы, которые следует учитывать как в практике прямо-сдаточных испытаний гидроагрегатов с щелевыми уплотнениями, так и в процессе эксплуатации.

Выводы. 1. Учитывая, что расход жидкости при течении через щели микронных размеров обычно изменяется со временем, поэтому при оценке герметичности следует использовать среднюю величину расхода, измеренную в течение нескольких минут.

2. В технических условиях на испытание необходимо оговаривать, через какое время после подвода давления к агрегату следует начинать измерение утечек.

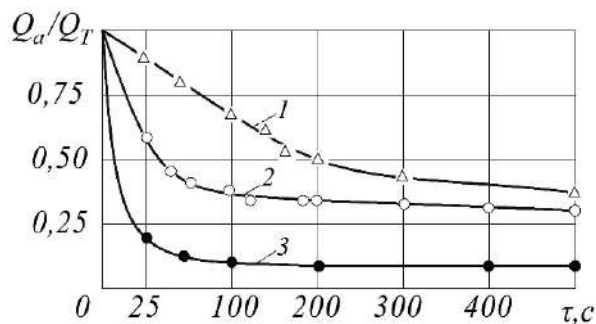


Рис. 5. Зависимость относительного расхода жидкости от времени для различных температур ($h = 10$ мкм, $\Delta p = 5,0$ МПа):
 1 – 50 °С; 2 – 75 °С; 3 – 100 °С

3. Для восстановления расхода утечек заросшей щели необходимо детали, образующие щель, привести в движение с относительным друг к другу перемещением. Такой же эффект дает ступенчатое увеличение перепада давления на щели. Целесообразнее всего измерение расхода начинать сразу же после нескольких переключений агрегата.

4. Утечку при испытаниях следует измерять при условиях, соответствующих работе агрегата при эксплуатации, т. е. при рабочем давлении и температуре.

5. Необходимо учитывать также, что фактический расход будет значительно отличаться от опытного, если степень фильтрации жидкости в стенде и реальная в гидросистеме существенно отличаются.

6. При проведении приемосдаточных испытаний гидроагрегатов рекомендуется использовать рабочую жидкость, отвечающую всем требованиям технических условий. Исключение может быть сделано только в тех случаях, когда можно доказать нечувствительность гидравлического механизма к изменениям того или иного свойства жидкости.

7. Для устранения или значительного снижения интенсивности облитерации каналов и достижения устойчивых расходов необходима тщательная фильтрация жидкости, при этом следует применять жидкости, не образующие на стенках каналов полимолекулярные слои полярно-активных молекул. Тонкость фильтрации должна быть такой, чтобы в очищенной жидкости не было частиц размером, равным и более высоты зазора.

8. Стабильный расход можно получить при течении через зазоры плунжерных пар, совершающих осциллирующие движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитин Г.А., Черкун В.Е., Дидур В.А. Повышение качества сборки плунжерных пар золотниковых распределителей // *Технология и организация производства*. Киев, 1971. № 1. С. 77–80.
2. Крестин Е.А. Определение утечек жидкости через зазор бесконтактного уплотнения поршня гидравлического вибратора // *Научное обозрение*. 2014. №5. С. 108–110.
3. Васильев В.А. Метод расчета гидродинамических сил в щелевых уплотнениях роторов мощных питательных насосов // *Вестн. ЮУрГУ. Сер. Машиностр.* 2004. № 5. С. 115–120.
4. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы / Т. М. Башта и др. 5-е изд., стер. М.: Альянс, 2011. 422 с.
5. Численное исследование устойчивости течения Тейлора между двумя цилиндрами в двумерном случае / О. М. Белоцерковский [и др.] // *Журнал вы-*

числительной математики и математической физики. 2009. № 4. С. 754–768.

6. Уплотнительные устройства в машиностроении / Б. Жирных [и др.]. М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2017. 24 с.

7. Никитин О.Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 288 с.

8. Машиностроительный гидропривод / под ред. В. Н. Прокофьева; авт.: Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев, В. Я. Скрицкий, В. Л. Сосонкин. М.: Машиностроение, 1978. 495 с.

9. Найгерт К.В., Редников С.Н., Япарова Н.М. Процессы полимеризации рабочей среды в зазорах золотниковых пар // *Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника*. Челябинск, 2016. № 46. С. 125–123.

REFERENCES

1. Nikitin G.A., Cherkun V.E., Didur V.A. Improving the assembly quality of plunger pairs of spool valves. *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva* [Technology and Organization of Production], 1971, no. 1, pp. 77-80. (in Russian)
2. Krestin E.A. Determination of fluid leaks through the gap of the contactless piston seal of the hydraulic vibrator. *Nauchnoe obozrenie* [Science Review], 2014, no. 5, pp. 108-110. (in Russian)
3. Vasil'yev V.A. Method for calculating hydrodynamic forces in throat seals of rotors of powerful feed pumps. *Vestn. YUUrGU. Ser. Mashinostroyeniye* [Mechanical Engineering Industry], 2004, no. 5, pp. 115-120. (in Russian)
4. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody: uchebnik dlya studentov vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives: a textbook for students of higher technical educational institutions]. M., Al'yans, 2011. 422 p.
5. Belotserkovskiy O. M. et al. Numerical study of the stability of the Taylor flow between two cylinders in the two-dimensional case. *Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki* [Computational Mathematics and Mathematical Physics], 2009, no. 4, pp. 754-768. (in Russian)
6. Zhirnykh B. et al. *Uplotnitel'nye ustroystva v mashinostroyenii: uchebnoe posobie* [Sealing devices in mechanical engineering: a tutorial]. M., Izdatel'stvo MGTU im. Baumana, 2017, 24 p.
7. Nikitin O.F. *Rabochie zhidkosti i uplotnitel'nye ustroystva gidroprivodov* [Working fluids and sealing devices for hydraulic drives]. M., MGTU im. N. E. Baumana. 2013. 288 p.
8. Kondakov L. A., Nikitin G. A., Prokof'yev V. N., Skritskiy V. Ya., Sosonkin V. L. *Mashinostroyitel'nyy gidroprivod* [Mechanical hydraulic drive]. M., Mashinostroyeniye, 1978, 495 p.
9. Naygert K.V., Rednikov S.N., Yaparova N.M. The processes of polymerization of the working

medium in the gaps of spool pairs. *Vestnik PNIPU. Aerokosmicheskaya tekhnika: sbornik statey* [PNRPU Bulletin. Aerospace engineering: collection of articles]. Chelyabinsk, 2016, no. 46, pp. 125-123. (in Russian)

Об авторах:

КРЕСТИН Евгений Александрович

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: krestin@bk.ru

KRESTIN Evgeny A.

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

СЕРЕБРЯКОВ Григорий Владимирович

студент 2 курса, факультет инженерных систем и природоохранного строительства, направление: гидротехническое строительство, группа Г-81 Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: karately123@mail.ru

SEREBRYAKOV Grigoriy V.

Student of the Faculty of Engineering Systems and Environmental Construction Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: karately123@mail.ru

Для цитирования: *Крестин Е.А., Серебряков Г.В.* Влияние геометрии канала, давления, температуры, осцилляций и адсорбции на облитерацию щелевых уплотнений электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 180–186. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.22.

For citation: *Krestin E.A., Serebryakov G.V.* Influence of channel geometry, pressure, temperature, oscillations and adsorption on obliteration of slit seals of electric power systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, Pp. 180–186. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.22.