ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 3 Т. 14
2024

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

САМАРА

Церковь во имя иконы Неопалимая Купина (Безенчукский район, с. Никольское).

Каменная церковь на 400 человек в с. Никольское (ранее Нижняя Ивановка) была построена на средства графини А.А. Орловой-Чесменской в 1831 г. Церковь имела три престола. Главный престол, в честь иконы Богородицы «Неопалимая Купина», и боковой южный престол, в честь Святителя Николая Чудотворца, были освящены в 1832 г. В 1833 г. был освящён боковой (северный) престол в честь великомученика Георгия Победоносца. Прихрамовая территория (0,12 га) была обнесена прочной каменной оградой.

Храм в настоящее время находится в руинированном состоянии. Достаточно хорошо сохранилась его трехъярусная колокольня со шлемовидным куполом и высоким шпилем.

Восстановление храма началось в 2005 г.

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

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

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Т. 14, № 3

САМАРА
2024

УДК 71+72
Градостроительство и архитектура=Urban construction and architecture. 2024. Т. 14, № 3. 194 с.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Главный редактор – д.т.н., профессор **А.К. СТРЕЛКОВ**
Заместитель главного редактора по направлению «Строительство» – д.т.н., профессор **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.-Пб.)
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)
С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., доцент
К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор
Н.Г.ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор
В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор
Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент
А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)
З. ВОЙЧИЦКИ, D.Sc., профессор (Вроцлав, Польша)
Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)
М. КНЕЗЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)
Я. МАТУШКА, Ph.D, доцент (Пардубице, Чешская Республика)
А. МОЧКО, PhD, доцент (Вроцлав, Польша)
С. ОГНЕНОВИЧ, Ph.D, профессор (Скопье, Македония)
М. ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)
Д. САФАРИК, главный редактор CTBUH 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. (Nizhny Novgorod)
V.V. VAKHINA, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
A.L. GELFOND, D. Arch., Prof. (Nizhny Novgorod)
V.P. GENERALOV, PhD in Architecture, Prof.
A.I. DANILUSHKIN, D. Eng., Prof.
V.N. ELISTRATOV, D. Eng., Prof. (Saint 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. (Nizhny Novgorod)
N.D. POTIENKO, PhD in Architecture, Ass.Prof.
A.A. PROKOPOVICH, D. Eng., Ass. Prof.
V.A. SELEZNEV, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
S.V. STEPANOV, D. Eng., Ass. Prof.
K.L. CHERTES, D. Eng., Prof.
N.G. CHUMACHENKO, D. Eng., Prof.
V.A. SHABANOV, PhD in Engineering, Prof.
D.A. SHLYKHIN, D. Eng., Ass. Prof.
A. BORODINECS, D.Sc., Prof. (Riga, Latvia)
Z. WOJCICKI, D.Sc., Prof. (Wroclaw, Poland)
G. RADOVIC, D.Sc. arch., Prof. (Podgorica, Montenegro)
M. KNEZEVIC, D.Sc., Prof. (Podgorica, Montenegro)
J. MATUŠKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)
A. MOCZKO, Ph.D., Ass. Prof. (Wroclaw, Poland)
S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)
M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)
D. SAFARIK (Chicago, the USA)

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

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина
Корректор М.В. Веселова
Фото студента факультета архитектуры и дизайна В.С. Дашкина

Подписано в печать 21.10.2024 г. Выпуск в свет 28.10.2024 г.
Формат 60x90 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная.
Печ. л. 24,25. Тираж 300 экз. Заказ № 2127

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

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

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

© СамГТУ, 2024

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

Цена свободная

Фото студента факультета архитектуры и дизайна В.С. Дашкина

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

4 **Ильин Н.А., Мордовский С.С., Корунов А.А.** Новое в оценке огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели здания

11 **Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Пищулёв А.А., Васючкин Г.Р.** Нововведение в способе оценки огнестойкости железобетонного безбалочного бескапительного перекрытия здания

19 **Прокопович А.А., Бузовская Я.А.** Экспериментальные исследования прочности железобетонных балок с восстановленным защитным слоем

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

35 **Аксенов В.И., Ничкова И.И., Ушакова Л.И.** Проблемы обработки осадков в замкнутых системах водного хозяйства промышленных предприятий

41 **Маслова Н.В., Анциферов С.А., Грызунова Л.В.** Определение коэффициента покрова для почвенных поверхностей стока селитебных территорий

49 **Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Горшкалев П.А.** Совершенствование технологии очистки питьевой воды на водопроводных очистных сооружениях Чернореченского водохранилища в паводковый период

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

60 **Кудинов А.А., Зиганшина С.К.** Анализ влияния параметров тепловой изоляции на эффективность ограждающих конструкций и системы отопления здания

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

69 **Васильева Д.И., Баранова М.Н.** Подземные сооружения и культурные слои XIX – начала XX века в 101 квартале г. Самары

77 **Кутлияров Д.Н., Кутлияров А.Н., Загитова Л.Р., Кононова А.Ю.** Инженерно-геотехнические изыскания и испытания грунтов при строительстве зданий и сооружений

85 **Попов Д.В.** Дисперсное армирование искусственного основания отходами стеклобоя

АРХИТЕКТУРА

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

89 **Большаков А.Г.** Противоречия устойчивого развития градостроительной формы (на примере Иркутска)

102 **Вавилонская Т.В., Карасев Ф.В.** Технология реставрации краснокирпичного фасада на примере объекта культурного наследия регионального значения «Особняк мещанина Галактионова Г.И.»

110 **Рождественская Е.С.** Компенсирующие практики реновации общественных пространств в исторической среде городов

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

117 **Бенаи Х.А., Харьковская Н.Н., Радионов Т.В.** Архитектура научно-исследовательских учреждений нового поколения в условиях реконструкции

124 **Енютина Е.Д., Дашкевич Е.В., Темникова Е.А.** Ландшафтный урбанизм в контексте исторической среды

131 **Каракова Т.В., Чергизова Х.А.** Национально-культурный контекст архитектурной идентичности городов Северного Кавказа

139 **Колесников С.А.** Современные высокоурбанизированные многофункциональные жилые комплексы Самары

146 **Лобов И.М., Ступина А.Э.** Концепция архитектурного формирования строительных производственных комплексов в городах Донбасса

152 **Лысенков А.Ю.** Особенности изображения архитектурного пространства в живописных работах Джорджо Де Кирико

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

157 **Бакаева Н.В., Гордон В.А., Черняева И.В.** Методика оценки доступности зданий и сооружений маломобильным группам населения

167 **Симонова М.В., Елин В.А.** Кластерный подход в проектировании пространственного развития региона

178 **Kashiripoor M. M.** Fourth wave technologies in construction and architecture: from idea to realization (part 2)

СТРОИТЕЛЬСТВО

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 620.1+624.012/49

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.01

Н. А. ИЛЬИН
С. С. МОРДОВСКИЙ
А. А. КОРУНОВ

НОВОЕ В ОЦЕНКЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ РЕКОНСТРУИРОВАННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РЕБРИСТОЙ ПАНЕЛИ ЗДАНИЯ

NEW IN ASSESSING THE FIRE RESISTANCE OF RECONSTRUCTED REINFORCED CONCRETE RIBBED BUILDING PANEL

В статье изложено инновационное применение методики по оценке проектной огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели перекрытия по критерию наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности. При этом предел огнестойкости изгибаемого элемента устанавливают без термосилового разрушения по комплексу единичных показателей качества конструктивного бетона и арматурной стали, что упрощает инженерные расчеты, снижает затраты на проведение дорогостоящих экспериментов. Приведены результаты исследования влияния геометрических размеров реконструированной железобетонной ребристой панели, схемы обогрева расчетного сечения в условиях пожара, размещения основной и дополнительной арматуры в расчетном сечении, глубины заложения стержней основной и дополнительной арматуры и степени её огнезащиты, коэффициента термодиффузии конструктивного бетона, величины испытательной нагрузки на панель и интенсивности напряжения в стержнях продольной рабочей арматуры на проектный показатель огнестойкости, который устанавливают по признаку потери несущей способности. Применение нового предлагаемого технического решения позволяет определить проектную огнестойкость реконструированной железобетонной ребристой панели без натурального термосилового воздействия, упрощает инженерные расчеты, повышает достоверность статистического контроля качества материалов железобетона и неразрушающих испытаний, снижает экспериментальные затраты.

The article describes the innovative application of a methodology for assessing the design fire resistance of a reconstructed reinforced concrete ribbed floor panel based on the criterion of the occurrence of a limit state based on loss of load-bearing capacity. In this case, the fire resistance limit of a bending element is established without thermal force destruction based on a set of single quality indicators of structural concrete and reinforcing steel, which simplifies engineering calculations and reduces the cost of expensive experiments. The results of a study of the influence of the geometric dimensions of a reconstructed reinforced concrete ribbed panel, the heating scheme of the design section in fire conditions, the placement of the main and additional reinforcement in the design section, the depth of the cores of the main and additional reinforcement and the degree of its fire protection, the thermal diffusion coefficient of structural concrete, the magnitude of the test load on the panel are presented. and the intensity of stress in the rods of longitudinal working reinforcement to the design fire resistance indicator, which is established based on the loss of load-bearing capacity. The use of the new proposed technical solution makes it possible to determine the design fire resistance of a reconstructed reinforced concrete ribbed panel without natural thermal force effects, simplifies engineering calculations, increases the reliability of statistical quality control of reinforced concrete materials and non-destructive tests, and reduces experimental costs.

Ключевые слова: *здания и сооружения, железобетонные ребристые панели, неразрушающие огневые испытания, потеря несущей способности, оценка проектной огнестойкости, технико-экономический эффект, упрощение инженерного расчета, снижение затрат*

Keywords: *buildings and structures, reinforced concrete ribbed panels, non-destructive fire tests, loss of load-bearing capacity, assessment of design fire resistance, technical and economic effect, simplification of engineering calculations, cost reduction*

В нашей стране в основу контроля над обеспечением защиты строительного объекта от пожара на стадиях проектирования и строительства положена проверка качества проектной документации, в которую включают обоснование показателей огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений [1, 2].

Проектный предел огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели здания и сооружения может быть определен натуральными огневыми испытаниями или научным расчетом [1–6].

Классическая методика научного расчета предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели трудоемка и весьма дорога. Следовательно, разработка математического описания оценки проектного предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели здания и сооружения весьма актуальна и экономически выгодна.

Научная значимость инновационной методики выявления проектного предела огнестойкости заключается в исследовании закономерности поведения реконструируемой железобетонной ребристой панели в условиях стандартного пожара.

Для достижения данной цели научно-исследовательской работы необходимо решить следующие задачи:

а) разработать аналитическую зависимость для оценки проектного предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели по признаку потери несущей способности в условиях пожара;

б) обосновать основные конструктивные параметры, определяющие величину предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели;

в) выявить величины проектного предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели.

Необходимость выявления показателей огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой плиты возникает при коренной перестройке здания или сооружения, усилении его элементов, приведении проектной огнестойкости в соответствие с требованиями строительных норм и технического регламента по пожарной безопасности [5, 7–9].

При реконструкции здания или сооружения возможно переустройство и перепланировка помещений (пожарных отсеков), изменение их назначения, замена строительных конструкций и оборудования. Это влияет на корректировку требуемой и фактической степени огнестойкости здания или сооружения.

Предложенная авторами статьи методика оценки проектной огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели состоит в установлении показателей пожарной защиты здания или сооружения в части гарантированной длительности сопротивления ребристой панели в условиях пожара, а также в упрощении методики оценки проектного предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели по признаку потери несущей способности [2, 9–11].

Необходимость обеспечения несущей способности железобетонных ребристых панелей перекрытия возникает при реконструкции зданий, усилении их несущих конструкций, приведении проектной огнестойкости ребристых панелей в соответствие с требованиями современных норм при проведении экспертизы и восстановлении железобетонных конструкций здания после пожара.

Увеличение несущей способности реконструированной железобетонной ребристой панели в 1,5–2 раза при определённых условиях может дать рост проектного предела огнестойкости в 4–6 раз.

Существуют методы определения времени наступления предельного состояния по потере несущей способности под нормативной испытательной нагрузкой в условиях стандартного огневого воздействия [1, 3, 4, 10]. То есть натурные огневые испытания проводят на проектном образце конструкции, в огневых печах. Такие испытания трудоемки, неэффективны и небезопасны.

Существуют методы определения времени наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности [11, 12]. Но таким методом невозможно учесть особенности дополнительного армирования продольных ребер панели перекрытия, а также увеличение степени огнезащиты условных стержней рабочей арматуры и значительное снижение интенсивности силовых напряжений растяжения в них.

Существует разработка [13] по определению проектного предела огнестойкости по признаку потери несущей способности.

Положительный эффект предлагаемого подхода состоит в обеспечении несущей способности железобетонной ребристой панели перекрытия здания в условиях пожара, исключении при этом натурных огневых испытаний, а также повышении достоверности результатов и сокращении времени и трудоемкости получения результатов оценки несущей способности усиленной железобетонной ребристой панели в условиях пожара [6–8, 14].

Для определения предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели перекрытия по критерию потери несущей способности при пожаре необходимо проведение технического осмотра (обследования), при котором устанавливают вид бетона и арматуры и их показатели прочности, условия опирания и крепления, геометрические размеры панелей и их основных расчетных сечений, взаимное расположение стержней продольной арматуры и толщину защитного слоя бетона, схемы обогрева основного рабочего сечения при пожаре и условия нагревания продольной арматуры. Также важным является установление интенсивности силовых напряжений в панели при пожаре.

Для определения предела огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели перекрытия по критерию потери несущей способности при пожаре ($Fu_{(R)}$, мин) решают уравнение

$$Fu_{(R)} = (2{,}2 \cdot |\ln J_{\sigma s,red}|)^{(6,6/n)} \cdot e^{C}/(425/t_{cr})^{6,6}, \quad (1)$$

где $J_{\sigma s,red}$ – интенсивность силовых напряжений в условном стержне рабочей арматуры реконструированной железобетонной ребристой панели; C – степень огнезащиты условного стержня продольной арматуры бетоном, см; t_{cr} – критическая температура нагрева основной продольной арматуры (°C); n – эмпирический показатель класса арматуры (в пределах 2,6–4,4); e = 2,72 – натуральное число.

Степень огнезащиты условных стержней продольной арматуры (C, см) определяют по уравнению

$$C = 1{,}45 \cdot m_{02} \cdot a_{min}/D_{вт}^{0,8}, \quad (2)$$

где m_{02} – показатель условленного нагрева условного стержня продольной арматуры при двустороннем подходе тепла; a_{min} – минимальная глубина залегания условного стержня продольной арматуры панели по одной из осей координат расчетного сечения, мм; $D_{вт}$ – коэффициент термодиффузии бетона, мм^2/мин.

Величину показателя условий нагрева условного стержня продольной арматуры при двустороннем подходе тепла ($m_{02} \geq 0{,}5$) к ней вычисляют по уравнению

$$m_{02} = \left(a_{y,red}/a_{x1}\right)^{0,5}/[2 + (a_{x1}/a_{x2})^2], \quad (3)$$

где a_{x1}, a_{x2}, $a_{y,\,red}$ – глубина залегания условного стержня продольной арматуры по осям координат основного расчетного сечения сочлененных железобетонных ребристых панелей перекрытия, мм.

Интенсивность силовых напряжений в условном стержне продольной арматуры реконструированной железобетонной ребристой панели ($J_{\sigma s,red} \leq 1$) вычисляют по уравнению

$$J_{\sigma s,red} = J_н \cdot (R_{s,доп}/R_s) \cdot k_f, \quad (4)$$

где $J_н$ = 0,625 – нормативная интенсивность силовых напряжений в основной арматуре до реконструкции панели (при $k_з$ = 1,6); R_s и $R_{s,\,доп}$ – нормативное сопротивление растяжению основной и дополнительной арматуры, МПа; k_f = 1,4 – коэффициент условий работы панели по нагрузке.

Величину коэффициента термодиффузии бетона ($D_{вт}$, мм^2/мин) определяют экспериментально или принимают в зависимости от вида бетона:

- бетон тяжелый (влажность 3 %) на известняковом/гранитном щебне: $D_{вт}$ = 19,5/22,2 мм^2/мин;
- керамзитобетон (влажность 5 %) на керамзитовом/перлитовом песке: $D_{вт}$ = 16,5/14,7 мм^2/мин.

Исключение натурных термосиловых испытаний реконструированной железобетонной ребристой панели перекрытия существующего здания и их замена на неразрушающие испытания снижают трудоемкость оценки их проектной огнестойкости. Следовательно, условия испытания реконструированной железобетонной ребристой панели на огнестойкость по признаку потери несущей способности значительно упрощены, снижение затрат на испытание существенно.

Применение математической модели процесса сопротивления реконструированных железобетонных ребристых панелей термосиловому воздействию и использование построенного аналитического выражения (1) повышают точность и достоверность обеспечения несущей способности реконструируемых железобетонных ребристых панелей перекрытия в условиях высокотемпературного воздействия заданной продолжительности.

Температура среды стандартного пожара определяется по формуле

$$t_{ст} = 500 \cdot \tau_{ст}^{0,15},$$

где $\tau_{ст}$ – длительность огневого воздействия; мин [1, 2, 15].

Реконструкцию железобетонной ребристой панели перекрытия (рис. 1) производят следующими способами: полку панели усиливают набетонкой из легкого бетона, армируя её дополнительной арматурной сеткой; продольные ребра панели усиливаются анкером из полосовой стали, зафиксированным стяжным болтом, зазор между анкером и поверхностью ребра панели заполняется цементным раствором, далее на анкер привариваются дополнительные стержни продольной арматуры, которые затем покрывают цементным раствором, предварительно загрунтовав.

Обеспечение несущей способности реконструированных железобетонных ребристых панелей перекрытия (рис. 2) зданий в условиях пожара осуществляют в следующей последовательности.

Сначала производят визуальный осмотр панелей перекрытия. Назначают комплекс единичных показателей качества железобетонной ребристой панели, влияющих на обеспечение их несущей способности в условиях стандартного огневого воздействия длительностью 180 – 200 мин. Выявляют условия опирания усиливаемых панелей, закрепления концов дополнительной арматуры в основном расчетном сечении сочлененных панелей. Затем оценивают единичные показатели качества реконструируемой железобетонной ребристой панели перекрытия, выявляя проектный предел огнестойкости железобетонной ребристой панели по признаку потери несущей способности.

К основным единичным показателям качества реконструируемой железобетонной ребристой панели перекрытия, обеспечивающим несущую способность в условиях пожара, относят (рис. 3): геометрические размеры реконструируемой железобетонной ребристой панели и высоту основного сечения, глубину залегания, класс по прочности, приведенный диаметр условного стержня основной продольной и дополнительной арматуры, интенсивность силовых напряжений и критическую температуру нагрева основной арматуры, коэффициент термодиффузии бетона и степень огнезащиты продольной основной и дополнительной арматуры.

Пример. Железобетонная ребристая панель размером в плане 6×1,5 м, толщиной полки h'_f = 50 мм; основная продольная рабочая арматура панели в сочлененных продольных ребрах 2∅20 А600 ($t_{ст}$ = 505 °С; n = 3,6; R_s = 600 МПа), глубина заложения a_{min} = 35 мм; интенсивность напряжений $J_н$ = 0,625; бетон тяжелый на известняковом щебне: (коэффициент термодиффузии $D_{тв}$ = 22,2 мм²/мин, толщина защитного слоя u_{min} = 25 мм), показатель условий двустороннего обогрева рабочего стержня продольной арматуры панели m_{02} = 0,53; степень огнезащиты арматуры бетоном С = 2,56 см; предел огнестойкости ребристой панели без усиления $Fu_{(R)}$ = 43 мин << R = 180 мин (для панелей перекрытия здания особой степени огнестойкости) [2, 15].

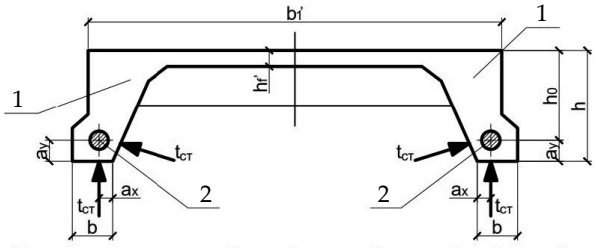


Рис. 1. Поперечное сечение сборной железобетонной ребристой панели перекрытия до реконструкции:
1 – продольное ребро панели; 2 – основная продольная арматура; b – ширина продольного ребра, мм; b'_1 – ширина полки панели, мм; h'_f – толщина полки панели, мм; h – высота продольного ребра, мм; h_0 – рабочая высота сечения, мм; a_x и a_y – глубина залегания продольной арматуры по осям координат, мм; $t_{ст}$ – температура среды стандартного пожара, °С

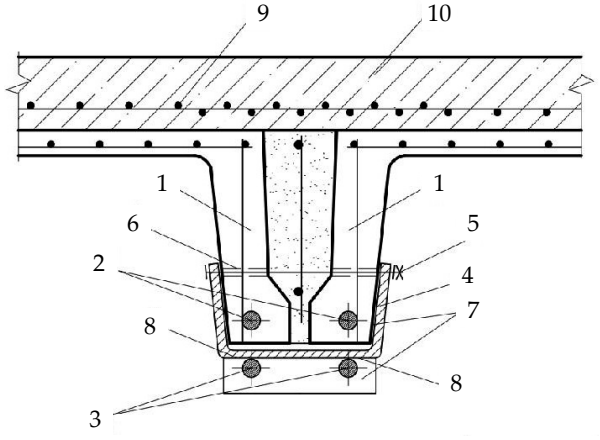


Рис. 2. Поперечное сечение сочлененных железобетонных ребристых панелей перекрытия, усиленного горизонтальными затяжками снизу и монолитной плитой сверху:
1 – продольное ребро панели; 2 – основная продольная арматура; 3 – дополнительная арматура – тяжи затяжки; 4 – анкер из полосовой стали; 5 – стяжной болт, оборудованный шайбой и высокой гайкой; 6 – сквозное отверстие в ребрах сопряженных панелей; 7 – цементный раствор; 8 – сварные швы; 9 – дополнительная арматурная сетка полки плиты; 10 – дополнительная монолитная плита из легкого бетона

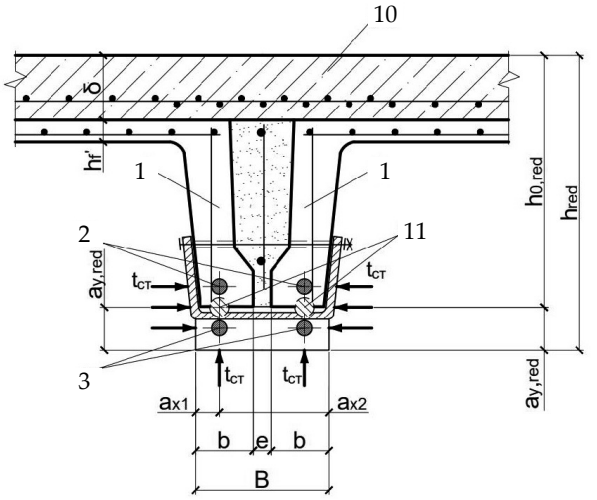


Рис. 3. Расчетное сечение железобетонной ребристой панели перекрытия, усиленной горизонтальной затяжкой снизу и монолитной плитой из легкого бетона сверху при расчете огнестойкости:

1 – продольное ребро панели; 2 – основная продольная арматура; 3 – дополнительная арматура – тяжи затяжки; 10 – дополнительная монолитная плита из легкого бетон; 11 – условный стержень продольной арматуры; b – ширина продольного ребра, мм; B – ширина сечения, мм; h – высота расчетного сечения, мм; e – величина зазора между продольными ребрами, мм; a_{x1}, a_{x2}, $a_{y,red}$ – глубина залегания условного стержня продольной арматуры по осям координат основного расчетного сечения сочлененной железобетонной ребристой панели перекрытия, мм; $t_{ст}$ – температура среды стандартного пожара, °С

Для повышения огнестойкости существующей железобетонной ребристой панели принята реконструкция сочлененных продольных ребер в средней части пролета панели в виде затяжки из дополнительной гладкой горячекатаной арматуры 2∅20 А240 (A_s = 2×314,2 = 628,4 мм^2; $R_{s,yc}$ = 240 МПа; n = 2,3).

Решение:

1) Приведенный диаметр основной и дополнительной арматуры продольных ребер

$$d_{red} = (d_1^2 + d_2^2)^{0,5} = (20^2 + 20^2)^{0,5} = 28,3 \text{ мм},$$

где d_1 и d_2 – диаметр основной и дополнительной арматуры продольных ребер, мм.

2) Осевые расстояния

$$a_{x1} = u_{min} + 0,5 \times d_{red} = 25 + 0,5 \times 28,3 = 39,2 \text{ мм},$$

где u_{min} – толщина защитного слоя, мм; d_{red} – приведенный диаметр основной и дополнительной арматуры продольных ребер, мм.

$$a_{x2} = 2 \times b + e - a_{x1} = 2 \times 70 + 10 - 39,2 = 111 \text{ мм},$$

где b – ширина продольного ребра, мм; e – величина зазора между продольными ребрами, мм; a_{x1} – глубина залегания условного стержня продольной арматуры, мм; $a_{y,red}$ = 56 мм.

3) Показатель условий двустороннего нагрева условного стержня арматуры (m_{02} > 0,5) определяют по уравнению (3):

$$m_{02} = \left(a_{y,red}/a_{x1}\right)^{0,5}/[2 + (a_{x1}/a_{x2})^2] =$$
$$= (56/39,2)^{0,5}/[2 + (39,2/111)^2] = 0,563,$$

где a_{x1}, a_{x2}, $a_{y,red}$ – глубина залегания условного стержня продольной арматуры по осям координат основного расчетного сечения сочлененных железобетонных ребристых панелей перекрытия, мм.

4) Степень огнезащиты условного стержня арматуры бетоном (С, см) вычисляют по уравнению (2):

$$\text{С} = 1,44 \cdot m_{02} \cdot a_{min}/D_{\text{вт}}^{0,8} =$$
$$= 1,44 \cdot 0,563 \cdot 39,2/22,2^{0,8} = 2,66,$$

где m_{02} – показатель условленного нагрева условного стержня продольной арматуры при двустороннем подходе тепла; a_{min} – минимальная глубина залегания условного стержня продольной арматуры панели по одной из осей координат расчетного сечения, мм; $D_{\text{вт}}$ – коэффициент термодиффузии бетона, мм^2/мин.

5) Интенсивность силовых напряжений в условном стержне-продольной арматуры реконструируемой железобетонной ребристой панели ($J_{\sigma s,red}$) вычисляют по уравнению (4):

$$\text{J}_{\sigma s,red} = \text{J}_{\text{н}} \cdot (R_{s,\text{доп}}/R_s) \cdot k_f =$$
$$= 0,625 \cdot (240/600) \cdot 1,4 = 0,35,$$

где $J_{\text{н}}$ – нормативная интенсивность силовых напряжений в основной арматуре до усиления панели; R_s и $R_{s,\text{доп}}$ – нормативное сопротивление растяжению основной и дополнительной арматуры, МПа; k_f – коэффициент условий работы панели по нагрузке.

6) Проектный предел огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели по несущей способности ($\text{Fu}_{(R)}$, мин) вычисляют по уравнению (1):

$$\text{Fu}_{(\text{R})} = (2,2 \cdot \left|\ln \text{J}_{\sigma s,red}\right|)^{(6,6/n)} \cdot e^{\text{C}}/(425/t_{cr})^{6,6} =$$
$$= (2,2 \cdot \ln 0,35)^{(6,6/3,6)} \cdot e^{2,66}/(425/505)^{6,6} =$$
$$= 207 \text{ мин},$$

где $J_{\sigma s,red}$ – интенсивность силовых напряжений в условном стержне продольной арматуры

реконструированной железобетонной ребристой панели; C – степень огнезащиты приведенного стержня продольной арматуры бетоном, см; t_{cr} – критическая температура нагрева основной продольной арматуры (°C); n – эмпирический показатель класса арматуры; e = 2,72 – натуральное число.

Заключение. Так как проектный предел огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели по несущей способности, $Fu_{(R)}$ = 207 мин > 180 мин = $R_{и\ тр}$, следовательно, несущая способность панелей перекрытия здания после реконструкции в условиях пожара обеспечивается.

Вывод. По результатам проведенных научных и патентных исследований [6–8, 11, 13, 16] разработана математическая зависимость для оценки проектной огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели перекрытия здания по признаку потери несущей способности в условиях пожара; представлено обоснование основных конструктивных параметров, выявляющих предел огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели; приведен пример оценки проектного предела огнестойкости по признаку потери несущей способности реконструированной панели здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Яковлев А.И.* Расчет огнестойкости строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1988. 143 с.

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. ФЗ № 123-2008*. М., 2022. (Ст. 87 требования к огнестойкости и пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков).

3. *Орлова С. С., Панкова Т. А., Затинацкий С. В.* Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2015. 130 с.

4. *Милованов А.Ф.* Огнестойкость железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1996. 304 с.

5. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А.* Оценка огнестойкости проектируемых железобетонных конструкций зданий: монография. Самара: СамГТУ, 2017. 186 с.

6. *Панфилов Д.А., Ильин Н.А., Жильцов Ю.В., Блинкова Е.В.* Методика оценки огнестойкости составных строительных конструкций // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 3. С. 12–17. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.3.

7. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Колеснев Н.А., Силантьев И.А.* Оценка проектной огнестойкости двухпролетной железобетонной балки здания // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 4. С. 16-21. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.3

8. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В.* Инновационный метод оценки огнестойкости монолитной железобетонной балочной плиты перекрытия здания // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 4. С. 43–47. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.5.

9. Заявка на патент № 2023110751, МПК G 01 № 25/50. Способ определения огнестойкости железобетонной ребристой панели перекрытия по критерию потери несущей способности при пожаре / Ильин Н.А., Мордовский С. С., Ильякова К.В., Корунов А.А. (СамГТУ, 2023).

10. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.

11. Патент № RU 2615048 C1, МПК G 01 № 25/50. Способ оценки огнестойкости железобетонной балочной конструкции здания / Ильин Н.А., Панфилов Д.А., заяв. СГАСУ: 05.11.2015, опубл. 03.04.2017.

12. Патент № RU 2650704 C1, МПК G 01 № 25/50. Способ оценки огнестойкости балочной конструкции / Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Ильина В.Н., заяв. СамГТУ: 07.03.2017; опубл. 17.04.2018.

13. Патент № RU 2674570 C1, МПК G 01 № 25/50. Способ оценки огнестойкости железобетонной плиты с защемлением по контуру / Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В., заяв. СамГТУ: 11.12.2017; опубл. 11.12.2018.

14. *Ильин Н.А.* Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром. М.: Стройиздат, 1983. 200 с.

15. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

16. Патент № RU 2671910 C1, МПК G 01 № 25/50. Способ оценки огнестойкости преднапряженной железобетонной плиты / Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В., заяв. СамГТУ: 16.11.2017; опубл. 17.11.2018.

REFERENCES

1. Yakovlev A.I. *Raschet ognestojkosti stroitelnyh konstrukcij* [Calculation of fire resistance of building structures]. Moscow, Strojizdat, 1988. 143 p.

2. Technical regulations on fire safety requirements. FL no. 123-2008*. Moscow, 2022. (art. 87 requirements for fire resistance and fire hazard of buildings, structures and fire compartments).

3. Orlova S.S., Pankova T.A., Zatinackij S.V. *Zdaniya, sooruzheniya i ih ustojchivost' pri pozhare* [Buildings, structures and their resistance to fire]. Saratov, Publishing house «Saratov source», 2015. 130 p.

4. Milovanov A.F. *Ognestojkost zhelezobetonnyh konstrukcij* [Fire resistance of reinforced concrete structures]. Moscow, Strojizdat, 1996. 304 p.

5. Ilyin N.A., Panfilov D.A. *Ocenka ognestojkosti proektiruemyh zhelezobetonnyh konstrukcij zdanij: monografiya* [Fire resistance assessment of designed reinforced concrete building structures: monograph]. Samara, SamSTU, 2017. 186 p.

6. Panfilov D.A., Ilyin N.A., Zhilcov Yu.V., Blinkova E.V. Methodology for assessing the fire resistance of composite building structures. *Gradostroitelstvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 12–17. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.3

7. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Kolesnev N.A., Silantev I.A. Assessment of the design fire resistance of a two-span reinforced concrete beam of a building. *Gradostroitelstvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 16–21. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.3

8. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Zhilcov Yu.V. An innovative method for assessing the fire resistance of a monolithic reinforced concrete beam slab of a building. *Gradostroitelstvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 43–47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.5

9. Ilyin N.A., Mordovsky S.S., Ilyakova K.V., Korunov A.A. *Sposob opredelenija ognestojkosti zhelezobetonnoj rebristoj paneli perekrytija po kriteriju poteri nesushhej sposobnosti pri pozhare* [Method for determining the fire resistance of a reinforced concrete ribbed floor panel according to the criterion of loss of bearing capacity in case of fire]. Patent RF, no. 2023110751, 2023.

10. State Standard 30247.1-94. Building structures. Test methods for fire resistance. Load-bearing and enclosing structures. (In Russian)

11. Ilyin N.A., Panfilov D.A. *Sposob ocenki ognestojkosti zhelezobetonnoj balochnoj konstrukcii zdanija* [Method of fire resistance assessment of reinforced concrete beam structure of the building].Patent RF, no. 2615048, 2015.

12. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Ilyina V.N. *Sposob ocenki ognestojkosti balochnoj konstrukcii* [Method for assessing the fire resistance of a beam structure]. Patent RF. no. 2650704, 2017.

13. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Zhilcov Yu.V. *Sposob ocenki ognestojkosti zhelezobetonnoj plity s zashhemleniem po konturu* [A method for assessing the fire resistance of a reinforced concrete slab with pinching along the contour]. Patent RF, no. 2674570, 2017.

14. Ilyin N.A. *Tehnicheskaya ekspertiza zdanij, povrezhdennyh pozharom* [Technical examination of buildings damaged by fire]. Moscow, Strojizdat, 1983. 200 p.

15. SR 2.13130.2020. Fire protection systems. Ensuring fire resistance of protected objects. (In Russian)

16. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Zhilcov Yu.V. *Sposob ocenki ognestojkosti prednaprjazhennoj zhelezobetonnoj plity* [Method for assessing the fire resistance of a prestressed reinforced concrete slab].Patent RF, no. 2671910, 2017.

Об авторах:

ИЛЬИН Николай Алексеевич
кандидат технических наук, профессор кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

МОРДОВСКИЙ Сергей Сергеевич
кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: qaer1@yandex.ru

КОРУНОВ Александр Александрович
инженер-проектировщик
ООО «Специализированный застройщик «Самара-Евростой»
443034, Россия, г. Самара, ул. Юбилейная, 53 А
E-mail: alexkor77789@gmail.com

ILYIN Nikolay Al.
PhD of Engineering Sciences, Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

MORDOVSKY Sergey S.
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: qaer1@yandex.ru

KORUNOV AlexanderAl.
Design Engineer
LLC "Specialized developer" Samara-Eurostroy "
443034, Russia, Samara,Yubileinaya st., 53A
E-mail: alexkor77789@gmail.com

Для цитирования: Ильин Н.А., Мордовский С. С., Корунов А.А. Новое в оценке огнестойкости реконструированной железобетонной ребристой панели здания // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 4–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.01.
For citation: Ilyin N.A., Mordovsky S.S., Korunov A.A. New in assessing the fire resistance of reconstructed reinforced concrete ribbed building panel. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 4–10. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.01.

УДК 614.841.382 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.02

Н. А. ИЛЬИН
Д. А. ПАНФИЛОВ
А. А. ПИЩУЛЁВ
Г. Р. ВАСЮЧКИН

НОВОВВЕДЕНИЕ В СПОСОБЕ ОЦЕНКИ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БЕЗБАЛОЧНОГО БЕСКАПИТЕЛЬНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ЗДАНИЯ

AN INNOVATION IN THE METHOD OF ASSESSING THE FIRE RESISTANCE OF A REINFORCED CONCRETE GIRDERLESS CEILING OF A BUILDING

В статье рассмотрен новый способ оценки огнестойкости монолитных безбалочных бескапительных перекрытий зданий и сооружений. Сущность способа заключается в том, что тепловые (огневые) испытания перекрытия проводят без разрушения, по комплексу единичных показателей качества рабочей арматуры и конструктивного бетона неразрезных плит перекрытия. Применение способа позволяет определить огнестойкость неразрезной железобетонной плиты безбалочного перекрытия здания без натурного огневого воздействия, повышает достоверность статистического контроля качества и неразрушающих испытаний, снижает экономические затраты.

Ключевые слова: *несущие конструкции здания (сооружения), железобетонные бескапительные перекрытия, нововведение в способе оценки огнестойкости, неразрушающие испытания*

The article presents a new method for assessing the fire resistance of monolithic girderless non-accumulating floors of buildings and structures. The essence of the method lies in the fact that thermal (fire) tests of the floor are carried out without destruction, according to a set of single indicators of the quality of working fittings and structural concrete of continuous slabs. The use of the method makes it possible to determine the fire resistance of an uncut reinforced concrete slab of a girderless ceiling of a building without full-scale fire exposure, increases the reliability of statistical quality control and non-destructive testing, reduces economic costs.

Keywords: *load-bearing structures of buildings (structures), reinforced concrete non-capping floors, innovation in the method of fire resistance assessment, non-destructive testing*

Обеспечение огнестойкости железобетонной конструкции междуэтажных перекрытий (в том числе чердачных и над подвалами) обязательно для выполнения строительных работ при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, реконструкции, изменении назначения и эксплуатации строительных объектов, а также при разработке технической документации на объекты защиты от пожаров [1, 2].

При разработке нововведения в способ оценки фактической огнестойкости железобетонных монолитных безбалочных баскапительных перекрытий, наряду с методами теоретического исследования и научного эксперимента, авторами данной статьи использован метод математического моделирования [3, 4].

Новизну предлагаемой работы определяют результаты тематического поиска по выявлению изобретательного уровня техники и аналогов технического решения теплотехнической и термопрочностной задачи для оценки фактического (проектного) предела огнестойкости железобетонных балочных бескапительных плит перекрытий [3–6].

Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости конструкции перекрытий зданий, сооружений и пожарных отсеков, как несущих элементов, приводят в соответствие с ФЗ № 123 [2, табл. 21] (см. таблицу).

Необходимость оценки фактического (проектного) предела огнестойкости плит перекрытия многоэтажных зданий возникает при реконструкции здания, усилении ее части и элементов; приведении огнестойкости строительного объекта в соответствие с требованиями современных строительных норм (регламентов); при проведении технической экспертизы и восстановлении железобетонных плит перекрытий после пожара [2, 7].

Из научного сообщения института строительной техники Академии Архитектуры известна работа, содержащая результаты исследований по разработке конструктивных решений для многоэтажных зданий безбалочных

CC BY

Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений и пожарных отсеков
Compliance of fire resistance degree and fire resistance rating of building structures of buildings, structures and fire compartments

Степень огнестойкости объекта	Особая (прим.1)	I (первая)	II (вторая)	III (третья)
Предел огнестойкости перекрытия REJ, мин (прим.2)	180	60	45	45

Примечания: 1. По СТО 36 544 503-006-2006, НИИЖБ [11]. 2. REJ – признаки предельных состояний: потеря несущей способности (R); потеря целостности (E); потеря изолирующей способности (J).

бескапительных перекрытий [8]. Безбалочные перекрытия являются рациональным типом для применения в строительстве вследствие наличия гладкой поверхности потолка, это позволяет лучше производить планировку помещений, упростить и удешевить отделочные работы [8].

В [9] рассмотрены общие вопросы проектирования безбалочного перекрытия с железобетонными плитами, опертыми по контуру; показаны особенности монолитных железобетонных конструкций и их отличие от сборных, рассмотрена работа безбалочных монолитных перекрытий, конструирование и армирование безбалочных плит, примеры расчета на прочность.

Однако в рассмотренных работах нет указаний по способу расчета монолитных плит безбалочного бескапительного перекрытия на огнестойкость.

Из научно-технической литературы известен способ оценки огнестойкости железобетонных плит перекрытия зданий по результатам изучения последствий натурного пожара. Этот способ включает в себя выявление положения плиты перекрытия в сооружении, оценку состояния железобетонной плиты путем осмотра и измерения конструктивных параметров, изготовление конструктивных образцов конструктивного бетона и рабочей арматуры, выявление времени наступления представленных состояний по признакам потери целостности, несущей и огнепреграждающей способности [2, 10–12].

Из патентных документов известен способ оценки огнестойкости железобетонной монолитной плиты перекрытия здания, который включает тепловое испытание без разрушения, по комплексу единичных показателей качества рабочей арматуры и конструктивного бетона монолитной плиты. Для этого определяют геометрические размеры железобетонной плиты, схему обогрева расчетного сечения в условиях пожара, размещение рабочей арматуры в сечении, глубину заложения и степень ее огнезащиты, коэффициент термодиффузии бетона, величину испытательной нагрузки на монолитное перекрытие и интенсивность силовых напряжений в рабочей арматуре [4].

К недостаткам известного способа оценки огнестойкости железобетонной плиты перекрытия относится то, что этот способ не учитывает: а) отличительные особенности конструктивно-планировочных решений монолитных безбалочных бескапительных плит перекрытия; б) особенности сопротивления безбалочных бескапительных перекрытий термосиловому воздействию в условиях пожара; в) влияние неразрезности плит безбалочного перекрытия на расчетные теплофизические характеристики нагретого бетона и рабочей арматуры; г) особенности принципиальной схемы расчета безбалочного бескапительного перекрытия на огнестойкость по методу предельного равновесия. Указанные недостатки известного способа снижают расчетные величины проектных пределов огнестойкости монолитных безбалочных бескапительных перекрытий в 4–5 раз.

Суть нововведения состоит: в установлении показателей пожарной безопасности здания в части гарантированной длительности сопротивления железобетонных монолитных безбалочных бескапительных плит перекрытия здания в условиях пожара; в определении проектных пределов огнестойкости безбалочных бескапительных плит перекрытия здания по признакам потери несущей $F_{U(R)}$ и теплоизолирующей способности $F_{U(J)}$, мин.

Научно-технический результат при осуществлении нововведения достигается тем, что в известном способе оценки огнестойкости железобетонного монолитного перекрытия здания, включающем: проведение технического осмотра, установление вида бетона и рабочей арматуры монолитного перекрытия, условий ее опирания, определение фактического предела огнестойкости железобетонного монолитного перекрытия по признакам потери несущей и теплоизолирующей способности, проведение теплового (огневого) испытания монолит-

ного перекрытия без разрушения по комплексу единичных показателей качества, дополняя осмотр измерениями геометрических размеров монолитного перекрытия, определение диаметров стержней рабочей арматуры, их взаимного расположения и толщину защитного слоя бетона, установление схемы обогрева основного сечения перекрытия, условий нагрева рабочей арматуры, теплофизических характеристик бетона, коэффициента термодиффузии бетона, степени огнезащиты арматуры бетоном и величины испытательной нагрузки на монолитное перекрытие, – *отличительными особенностями* предлагаемого нововведения является то, что в качестве железобетонной конструкции принимают монолитное безбалочное бескапительное перекрытие, конструктивно-планировочное решение которого представляют в виде неразрезной в двух направлениях плоскостей плиты, опирающейся на колонны зданий надколонными и пролетными полосами, которые в опасных сечениях армируют рулонными или плоскими сетками по верху и по низу плиты в один или в два ряда по данным расчета на прочность при полосовой нагрузке из условия предельного равновесия. При этом фактический предел огнестойкости железобетонного безбалочного бескапительного перекрытия по признаку потери несущей способности ($F_{U(R)}$, мин) определяют, используя аналитическое уравнение

$$F_{U(R)} = (2{,}2 \cdot |\ell n J_{\sigma s}|)^{6{,}6/n} \cdot (T_{s,u}/425)^{6{,}6} \cdot e^{c} \cdot k_m, \quad (1)$$

где $J_{\sigma s}$ – интенсивность силовых напряжений в рабочей арматуре железобетонной плиты (0,1 – 1,0); n – показатель термотекучести рабочей арматуры; $T_{s,u}$ – предельная температура (°С) нагрева рабочей арматуры в условиях предельного равновесия плиты; C – степень огнезащиты рабочей арматуры бетоном, см; k_m – показатель неразрезности железобетонной плиты; e – натуральное число (e = 2,718); ℓn – натуральный логарифм.

Интенсивность силовых напряжений в рабочей арматуре железобетонной плиты перекрытия ($J_{\sigma s} \le 1$) вычисляют по уравнению

$$J_{\sigma s} = (g_{н.дл}/g) \cdot (A_{s,mp}/A_{s,cf}) \cdot (R_s/R_{sn}), \quad (2)$$

где $g_{н.дл}$ и g – соответственно нормативная длительная нагрузка и полная расчетная нагрузка на плиту, кН/м^2; $A_{s.mp}$ и $A_{s.cf}$ – соответственно требуемая по расчету и принятая в проекте площадь сечения рабочей арматуры, мм^2; R_s и R_{sn} – соответственно расчетное и нормативное сопротивление рабочей арматуры на растяжение, МПа.

Показатель неразрезности (k_m) железобетонной плиты монолитного безбалочного бескапительного перекрытия вычисляют по уравнению

$$k_m = 1 + 0{,}5 \cdot (A_{s,on}/A_{s,np})^{1{,}5}, \quad (3)$$

где $A_{s.on}$ и $A_{s.np}$ – соответственно площадь рабочей арматуры на опоре и в пролете железобетонной плиты, мм^2.

Предельную температуру нагрева ($T_{s,u}$, °С) рабочей арматуры железобетонной безбалочной бескапительной плиты вычисляют по аналитическому уравнению

$$T_{su} = k_m^{0,1} \cdot t_{s,cr}, \quad (4)$$

где $t_{s,cr}$ – критическая температура нагрева растянутой арматуры простой железобетонной безбалочной плиты, °С; k_m – показатель неразрезности железобетонной плиты монолитного безбалочного бескапительного перекрытия.

Коэффициент термодиффузии нагретого тяжелого бетона ($D_{вт}$, мм^2/мин) вычисляют по аналитическому уравнению

$$D_{вт} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot (\lambda_0 - в_\lambda \cdot t_{в,cr} \cdot 10^{-3})}{\rho_c \cdot (c_0 + d_c \cdot t_{в,cr} \cdot 10^{-3} + \omega/50)}, \quad (5)$$

где λ_0 и $в_\lambda$ – эмпирический показатель теплопроводности бетона, Вт/(м·°С); C_0 и d_c – эмпирические показатели теплоемкости бетона, кДж/(кг·°С); $t_{в,cr}$ – критическая температура нагрева бетона в зоне залегания арматуры, °С; ρ_c – плотность сухого бетона, кг/м^3; ω – влажность бетона массовая, %.

Степень огнезащиты бетоном рабочей арматуры (С, см) железобетонной плиты вычисляют по аналитическому уравнению

$$C = (14{,}4/10) \cdot (a_{\min}/D_{вт}^{0,8}), \quad (6)$$

где a_{min} – глубина залегания рабочей арматуры, мм; $D_{вт}$ – коэффициент термодиффузии нагретого бетона, мм^2/мин.

Предел огнестойкости монолитной безбалочный бескапительной плиты перекрытия по признаку потери теплоизолирующей способности ($F_{U(J)}$, мин) вычисляют по аналитическому уравнению

$$F_{U(J)} = (t_{in}/70)^{1,85} \cdot (h_{\min}/D_{вт})^2, \quad (7)$$

где t_{in} – температура нагрева (°С) необогреваемой поверхности плиты перекрытия, равная ($v_{u,in}$ + t_l); здесь $v_{u,in}$ – предельная температура

нагрева (140–220 °С); t_l – начальная температура тела плиты (20±5 °С); h_{min} – минимальная толщина плиты, мм; D_{am} – коэффициент термодиффузии нагретого бетона плиты (20±5 °С) вычисляют по уравнению (5).

Исключение натурных огневых испытаний железобетонной монолитной безбалочной бескапительной плиты перекрытия существующего здания и замена их на неразрушающие тепловые (огневые) испытания снижают трудоемкость оценки их огнестойкости, дают возможность проведения тепловых (огневых) испытаний безбалочного бескапительного перекрытия на огнестойкость без нарушения функционального процесса обследуемого здания; следовательно, условия испытания железобетонного монолитного безбалочного бескапительного перекрытия на огнестойкость значительно упрощены.

Снижение экономических затрат на проведение неразрушающего испытания достигается за счет исключения расходов на демонтаж, транспортирование и натурные огневые испытания образца железобетонной плиты перекрытия.

Применение математического описания процесса сопротивления железобетонного безбалочного бескапительного перекрытия воздействию высокой температуры (500–1000 °С) и использование построенных аналитических выражений (1)–(7) повышает точность и достоверность определения их огнестойкости по признакам несущей ($F_{U(R)}$, мин) и теплоизолирующей ($F_{U(J)}$, мин) способности.

В математическом описании учтено: а) отличительные особенности конструктивно-планировочного решения монолитного безбалочного бескапительного перекрытия; б) особенности сопротивления безбалочного бескапительного перекрытия термосиловому воздействию в условиях пожара; в) влияние неразрезности плит безбалочного бескапительного перекрытия на теплофизические характеристики нагретого бетона и арматуры; г) особенности принципиальной схемы расчета безбалочного бескапительного перекрытия на огнестойкость по методу предельного равновесия. Учет этих особенностей в расчете повышает проектные пределы огнестойкости монолитного безбалочного бескапительного перекрытия по сравнению со сборными балочными перекрытиями в 4–5 раз (рис. 1–4).

Способ оценки огнестойкости железобетонного монолитного безбалочного бескапительного перекрытия здания осуществляют в следующей последовательности.

Сначала производят визуальный осмотр здания; назначают комплекс единичных пока-

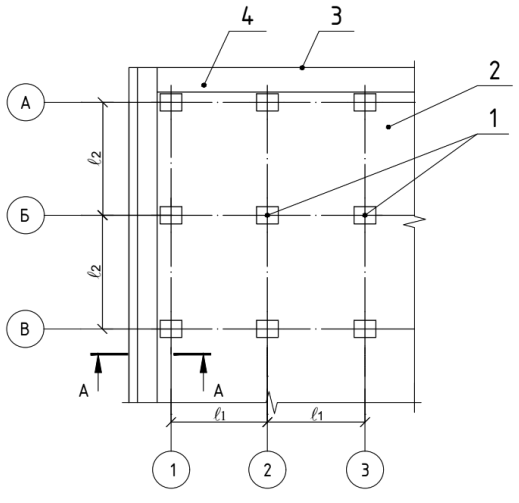


Рис. 1. Фрагмент плана железобетонного монолитного безбалочного бескапительного перекрытия здания: 1 – колонна; 2 – плита перекрытия; 3 – наружная грань; 4 – стеновое ограждение; ℓ_1 и ℓ_2 – соответственно пролеты плиты в коротком и длинном направлении, мм

Fig. 1. Fragment of the plan of the reinforced concrete monolithic beam-free dripless flooring of the building: 1 – column; 2 – floor slab; 3 – outer face; 4 – wall fence; | 1 and | 2 – respectively plate spans in short and long direction, mm

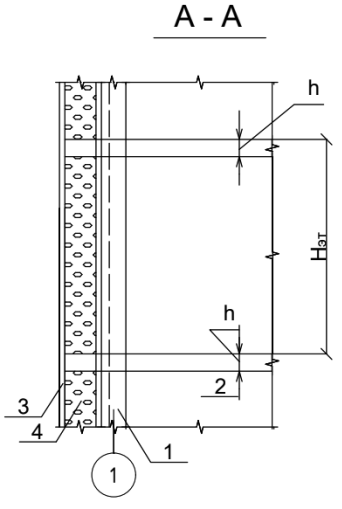
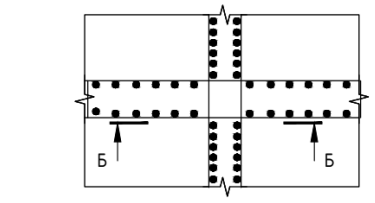
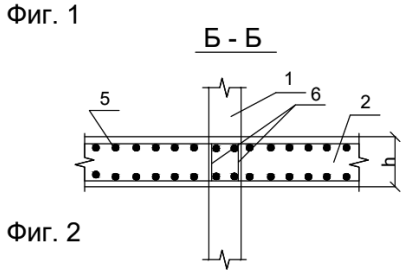


Рис. 2. Разрез А – А по рис. 1 – опирание наружной стены на плиту безбалочного бескапительного перекрытия: 1 – колонна; 2 – плита перекрытия; 3 – наружная грань плиты; 4 – стеновое ограждение; h – толщина монолитной плиты, мм; $H_{эт}$ – высота этажа здания, мм

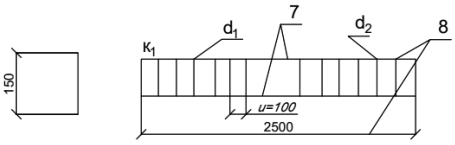
Fig. 2. Section A – A according to Fig. 1 – support of the outer wall on the slab of a beam-free dripless floor: 1 – column; 2 – floor slab; 3 – outer face of the plate; 4 – wall fence; h – thickness of cast-in-situ slab, mm; N_{et} – building floor height, mm



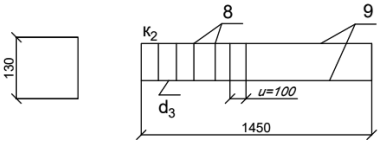
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Рис. 3. Расположение плоских арматурных каркасов в узле сопряжения монолитной плиты безбалочного бескапительного перекрытия с колонной: план (фиг. 1) и разрез Б – Б (фиг. 2); конструкции плоских арматурных каркасов К1 (фиг. 3) и К2 (фиг. 4): 1 – колонна; 2 – плита перекрытия; 5 – каркас К1; 6 – каркас К2; 7 – продольные стержни диаметром d_1 арматурной сетки каркаса К1; 8 – поперечные стержни диаметром d_3; 9 – продольные стержни диаметром d_3 арматурной сетки каркаса К2; и – шаг поперечных стержней; h = 200 мм – толщина монолитной плиты

Fig. 3. Location of flat reinforcement frames in the junction of the monolithic slab of a beam-free dripless floor with a column: plan (Fig. 1 and section B-B (Fig. 2); the structure of the planar reinforcement frames K1 (Fig. 3 and K2 (Fig. 4): 1 – column; 2 – floor slab; 5 – K1 frame; 6 – K2 frame; 7 – longitudinal rods with diameter d1 of reinforcement mesh of K1 frame; 8 – transverse rods with diameter d3; 9 – longitudinal rods with diameter d3 of reinforcement mesh of K2 frame; and – pitch of transverse rods; h = 200 mm – thickness of cast-in-situ slab

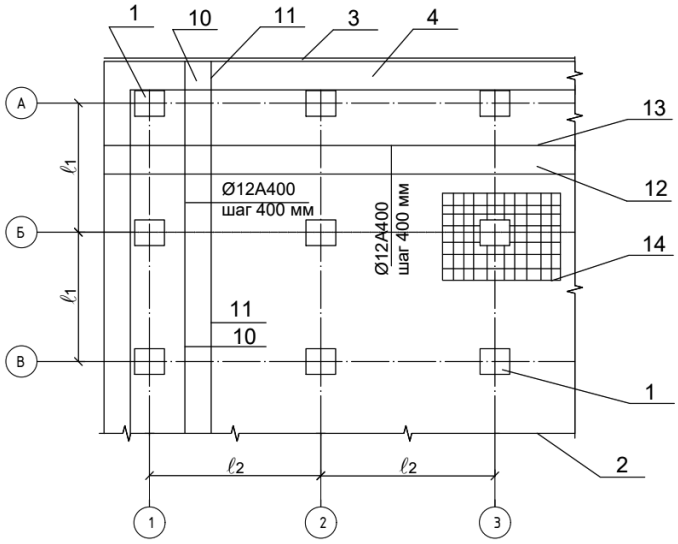


Рис. 4. Армирование монолитного безбалочного бескапительного перекрытия: 1 – колонна; 2 – плита перекрытия; 3 – наружная грань плиты; 4 – стеновое ограждение; 10 – продольные стержни нижней арматурной сетки; 11 – продольные стержни верхней арматурной сетки; 12 – поперечные стержни нижней арматурной сетки; 13 – поперечные стержни верхней арматурной сетки; 14 – дополнительная арматура в опорной зоне; ℓ_1 и ℓ_2 – шаг колонн в продольном и соответственно в поперечном направлении, мм; ∅12 А 400 – диаметр рабочих стержней арматуры класса А 400

Fig. 4. Reinforcement of cast-in-situ beam-free dripless floor: 1 – column; 2 – floor slab; 3 – outer face of the plate; 4 – wall fence; 10 – longitudinal rods of the lower reinforcement mesh; 11 – longitudinal rods of the upper reinforcement mesh; 12 – transverse rods of the lower reinforcement mesh; 13 – transverse rods of the upper reinforcement mesh; 14 – additional reinforcement in the support zone; ℓ 1 and ℓ 2 – column pitch in longitudinal and, respectively, in transverse direction, mm; ∅12 A 400 – diameter of working reinforcement bars of class A 400 cast-in-situ slab

зателей качества бетона и арматуры монолитного безалочного бескапительного перекрытия, влияющих на фактические пределы ее огнестойкости $F_{U(R)}$ и $F_{U(J)}$, мин.

Далее выявляют размеры сетки колонн здания и толщину наиболее нагруженной плиты безбалочного бескапительного перекрытия; устанавливают схему армирования монолитной плиты по верху и по низу плиты; выявляют разбивку плиты перекрытия на пролетные и надколонные полосы; устанавливают схему образования изломов монолитной плиты перекрытия при полосовой нагрузке по месту расположения линейных шарниров в пролетной полосе; выявляют условия опирания отдельных плит перекрытия в зависимости от расположения в плане; устанавливают наиболее нагруженную плиту перекрытия.

Далее производят сбор нормативных нагрузок на 1 м^2 перекрытия, устанавливают величины пролетных и опорных моментов, строят эпюры изгибаемых моментов для наиболее нагруженной монолитной плиты в направлении ее коротких сторон.

Затем по величине относительного изгибающего момента находят требуемую площадь рабочей арматуры в коротком направлении в пролете и на опоре плиты и конструируют арматурные сетки; устанавливают вид и класс по прочности бетона и верхних стержней арматурной сетки наиболее нагруженной плиты.

К основным единичным показателям качества железобетонного монолитного безбалочного бескапительного перекрытия, обеспечивающим фактические пределы огнестойкости, относят: геометрические размеры безбалочной плиты перекрытия и высоту основного сечения; глубину залегания, класс по прочности, номинальный диаметр, интенсивность силовых напряжений в рабочей арматуре; прочность бетона на сжатие, его среднюю плотность и массовую влажность; толщину защитного слоя, коэффициент термодиффузии (температуропроводности) бетона и характеристику неразрезной монолитной плиты.

Применение предложенного нововведения в способе оценки огнестойкости железобетонного безбалочного бескапительного перекрытия здания позволяет определить фактический предел огнестойкости железобетонных безбалочных бескапительных перекрытий зданий и сооружений без натурного теплового воздействия в условиях пожара, повышает достоверность неразрушающих испытаний и значительно снижает экономические затраты.

Данный способ был применен при оценке огнестойкости железобетонного монолитного безбалочного перекрытия здания городского склада на 10000 т мяса (распредхолодильник ПКЗ ВАЗ, г. Тольятти).

Выводы. Предложенный способ оценки огнестойкости железобетонного безбалочного бескапительного перекрытия здания включает в себя:

а) исключение натурных огневых испытаний железобетонных безбалочных бескапительных плит перекрытия зданий;

б) снижение трудоёмкости оценки огнестойкости монолитных безбалочных бескапительных плит перекрытия;

в) упрощение условий и сокращение сроков испытания монолитных безбалочных бескапительных перекрытий на огнестойкость и огнепреграждение;

г) повышение точности и достоверности неразрушающего испытания;

д) упрощение учета влияния на фактический предел огнестойкости безбалочного бескапительного перекрытия особенностей статической схемы его работы; е) определение фактических пределов огнестойкости монолитных безбалочных бескапительных плит перекрытия здания в зависимости от конструктивных параметров по признакам потери несущей и теплоизолирующей способности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А.* Оценка огнестойкости проектируемых железобетонных конструкций: монография. Самара: СамГТУ, 2017. 186 с.

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон № 123-ФЗ (гл. 9. Пожарно-техническая классификация зданий, сооружений и пожарных отсеков).

3. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Ильина В.Н.* Патент РФ 2 650 704, G 01 № 25/50. Способ оценки огнестойкости балочной конструкции; заяв. СамГТУ: 07.03.2017, опубл. 17.04.2018. Бюл. № 10.

4. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В.* Патент РФ № 2 674 418, G 01 № 25/50. Способ оценки огнестойкости монолитной железобетонной балочной плиты перекрытия здания; заяв. 05.12.2017, опубл. 07.12.2018. Бюл. № 34.

5. Способ оценки огнестойкости железобетонного монолитного безбалочного бескапительного перекрытия здания / Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В. и др., заяв. на изобретение № 2021 000 000, G 01 № 25/50. Самара: СамГТУ, 2020.

6. *Ильин Н.А., Мордовский С. С., Васильева Е.Е., Таланова В.Н.* Определение площади арматуры железобетонной колонны круглого сечения // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 3. С. 8–11. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.2.

7. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Колеснев Н.А., Силантьев И.А.* Оценка проектной огнестойкости двухпролетной железобетонной балки здания // Гра-

достроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 4. С. 16–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.3.

8. *Глуховский А.Д.* Железобетонные безбалочные бескапительные перекрытия для многоэтажных зданий: научное сообщение Академии Архитектуры. М.: Гостройиздат, 1956. 60 с.

9. *Снегирева А.И., Мурашкин Г.В.* Монолитные железобетонные конструкции. Пример расчета безбалочного перекрытия / СГАСУ. Самара, 2012. 104 с.

10. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В.* Инновационный метод оценки огнестойкости монолитной железобетонной балочной плиты перекрытия здания // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 4. С. 43–47. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.5.

11. СТО 36 544 503-006-2006. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. М.: НИИЖБ, 2008.

12. *Федоров В.С.* Противопожарная защита зданий. Конструктивно-планировочные решения. М.: АСВ, 2013. 176 с.

REFERENCES

1. Ilyin N.A., Panfilov D.A. *Ocenka ognestojkosti proektiruemyh zhelezobetonnyh konstrukcij: monografija* [Assessment of fire resistance of designed reinforced concrete structures: monograph]. Samara, SamSTU, 2017. 186 p.

2. Technical Regulations on Fire Safety Requirements. Federal Law No. 123-FZ (Ch. 9. Fire and technical classification of buildings, structures and fire compartments). (In Russian)

3. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Ilyina V.N. *Sposob ocenki ognestojkosti balochnoj konstrukcii* [Method of evaluation of fire resistance of beam structure]. Patent RF, no. 2 650 704, 2017.

4. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Zhiltsov Yu.V. *Sposob ocenki ognestojkosti monolitnoj zhelezobetonnoj balochnoj plity perekrytija zdanija* [Method for fire resistance assessment of a monolithic reinforced concrete beam slab of a building]. Patent RF, no. № 2 674 418, 2017.

5. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Zhiltsov Yu.V. *Sposob ocenki ognestojkosti zhelezobetonnogo monolitnogo bezbalochnogo beskapitel'nogo perekrytija zdanija* [Method for assessment of fire resistance of reinforced concrete cast-in-situ beam-free dripless flooring of a building]. Patent RF, no.2021 000 000, 2020.

6. Ilyin N.A., Mordovsky S.S., Vasilyeva E.E., Talanova V.N. Determination of reinforcement area of round reinforced concrete column. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 8–11. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.2

7. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Kolesnev N.A., Silantyev I.A. Assessment of design fire resistance of two-span reinforced concrete beam of the building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 16–21. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.3

8. Glukhovsky A.D. *Zhelezobetonnye bezbalochnye beskapitel'nye perekrytija dlja mnogojetazhnyh zdanij: nauchnoe soobshhenie Akademii Arhitektury* [Reinforced concrete beam-free drop-free floors for multi-storey buildings: scientific message of the Academy of Architecture]. Moscow, Gostroizdat, 1956. 60 p.

9. Snegireva A.I., Murashkin G.V. *Monolitnye zhelezobetonnye konstrukcii. Primer rascheta i konstruktivnye bezbalochnogo perekrytija* [Monolithic reinforced concrete structures. Calculation example and structural beam-free floor]. Samara, SGASU, 2012. 104 p.

10. Ilyin N.A., Panfilov D.A., Zhiltsov Yu.V. Innovative method for assessing the fire resistance of a monolithic reinforced concrete beam slab of a building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 43–47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.5

11. STO 36 544 503-006-2006. *Pravila po obespecheniju ognestojkosti i ognesohrannosti zhelezobetonnyh konstrukcij* [Rules for ensuring fire resistance and fire safety of reinforced concrete structures]. Moscow, NIIZHB, 2008.

12. Fedorov V.S. *Protivopozharnaja zashhita zdanij. Konstruktivno-planirovochnye reshenija* [Fire protection of buildings. Structural and planning solutions]. Moscow, ASV, 2013. 176 p.

Об авторах:

ИЛЬИН Николай Алексеевич
кандидат технических наук, профессор кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ILYIN Nikolay Al.
PhD of Engineering Sciences, Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

ПАНФИЛОВ Денис Александрович
кандидат технических наук, заведующий кафедрой железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

PANFILOV Denis Al.
PhD of Engineering Sciences, Head of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

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

PISCHULEV AlexanderAn.
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

ВАСЮЧКИН Герман Романович
младший научный сотрудник кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: Plato2008@yandex.ru

VASYUCHKIN German R.
Assistant of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: Plato2008@yandex.ru

Для цитирования: *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Пищулёв А.А., Васючкин Г.Р.* Нововведение в способе оценки огнестойкости железобетонного безбалочного бескапительного перекрытия здания // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 11–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.02.
For citation: Ilyin N.A., Panfilov D.A., Pishchulev A.A., Vasyuchkin G.R. An innovation in the method of assessing the fire resistance of a reinforced concrete girderless ceiling of a building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 11–18. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.02.

УДК 624.012.45 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.03

А. А. ПРОКОПОВИЧ
Я. А. БУЗОВСКАЯ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ВОССТАНОВЛЕННЫМ ЗАЩИТНЫМ СЛОЕМ

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH A RESTORED PROTECTIVE LAYER

Представлены результаты экспериментальных исследований по оценке прочности железобетонных балок с разной степенью разрушения защитного слоя рабочей продольной арматуры с последующим его восстановлением ремонтной смесью. Приведены результаты испытаний трех серий опытных образцов по три образца в каждой серии. Внутри серий опытные образцы выполнялись с одинаковым продольным армированием, а образцы в каждой серии различались степенью разрушения защитного слоя продольной рабочей арматуры в зоне поперечного изгиба. Образцы испытывались как свободно опёртые балки, нагружаемые в пролёте двумя одинаковыми сосредоточенными силами. Полученные результаты позволили оценить роль продольной арматуры, в зависимости от степени разрушения её защитного слоя, в обеспечении прочности, формировании напряжённо-деформированного состояния и характера разрушения железобетонных балок прямоугольного сечения в зонах поперечного изгиба.

Ключевые слова: *изгибаемые элементы, сцепление арматуры с бетоном, поперечный изгиб, пролет среза*

The article presents the results of experimental studies to assess the strength of reinforced concrete beams with varying degrees of destruction of the protective layer of the working longitudinal reinforcement, followed by its restoration with a repair mixture. The test results of three series of prototypes, three samples in each series, are presented. Within the series, prototypes were made with the same longitudinal reinforcement, and the samples in each series differed in the degree of destruction of the protective layer of the longitudinal working reinforcement in the transverse bending zone. The samples were tested as freely supported beams loaded in the span by two identical concentrated forces. The results obtained made it possible to evaluate the role of longitudinal reinforcement, depending on the degree of destruction of its protective layer, in ensuring strength, forming a stress-strain state and the nature of destruction of reinforced concrete beams of rectangular cross-section in transverse bending zones.

Keywords: *flexible elements, adhesion of reinforcement to concrete, transverse bend, section span*

Введение

Одним из наиболее распространенных дефектов железобетонных балок является разрушение защитного слоя бетона с оголением (полным или частичным) продольной рабочей арматуры. Нарушение защитного слоя ведет к уменьшению поверхности контакта арматуры с бетоном, что, в свою очередь, ведёт к уменьшению сцепления арматуры с бетоном. Поскольку, как показано в работах [1—4], сцепление арматуры с бетоном является основным фактором при формировании напряжённо-деформированного состояния железобетонных конструкций, то его снижение может приводить к уменьшению их несущей способности [5–7].

Влияние сцепления на несущую способность железобетонных изгибаемых элементов исследовалось в работах П.И. Васильева, С.А. Дмитриева, С.М. Крылова, А.А. Прокоповича, О.А. Рочняка, Г.М. Спрыгина, Н.Н. Яромича и др. Тем не менее, вплоть до настоящего времени, отечественные нормы [8] не позволяют учесть, в явной форме, влияние сцепления арматуры с бетоном на прочность железобетонных конструкций, имеющих различные повреждения защитного слоя бетона. Такое положение вещей значительно усложняет оценку технического состояния конструкций, эксплуатируемых с повреждениями защитного слоя арматуры, и снижает эффективность принимаемых решений по их восстановлению или усилению в процессе ремонта или реконструкции.

Рассматриваемые в настоящей статье исследования направлены на получение экспериментальных данных, необходимых для разработки конкретных рекомендаций по расчёту прочности железобетонных балок прямоугольного сечения

CC BY

по поперечной силе в зонах с различной степенью разрушения защитного слоя, восстановленных с применением современных ремонтных смесей. Испытания специальных опытных образцов были проведены в лаборатории кафедры железобетонных конструкций Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета.

Опытные образцы

В рамках экспериментальных исследований было запроектировано 9 опытных железобетонных образцов в виде балок прямоугольного сечения, разбитых на три серии по три образца в каждой. В свою очередь каждая серия включает эталонный образец без разрушения защитного слоя и два образца с разной степенью его разрушения в зонах поперечного изгиба с последующим восстановлением ремонтным составом. Количественно степень разрушения бетона защитного слоя может оцениваться по периметру оголённой части рабочей арматуры с использованием параметра χ, предложенного в работе [3], определяемого как отношение части периметра арматурного стержня потерявшей сцепление с бетоном конструкции к его полному периметру, т. е.

$$\chi = \frac{u_o}{u}, \qquad (1)$$

где u – полный периметр нижних арматурных стержней, мм;

u_0 – оголённая часть нижних арматурных стержней, мм.

Тогда степень разрушения бетона защитного слоя будет находиться в интервале $0 \le \chi \le 1{,}0$. Таким образом, значение $\chi = 1{,}0$ будет соответствовать разрушению защитного слоя до полного оголения рабочей арматуры, а значение $\chi = 0$ будет соответствовать случаю разрушения защитного слоя бетона без оголения арматуры.

В эксперименте реализованы две наиболее распространённые степени разрушения бетона защитного слоя с оголением арматуры: $\chi = 0{,}5$ и $\chi = 1{,}0$.

Конструкции опытных образцов всех серий представляют собой железобетонные балки прямоугольного сечения шириной b = 100 мм, высотой h = 200 мм, длиной l = 2000 мм.

В качестве рабочей арматуры опытных образцов принята стержневая арматура класса А500 диаметром 10, 14 и 20 мм для образцов 1-й, 2-й и 3-й серий соответственно. Специальная анкеровка продольной арматуры на опорах опытных образцов не предусмотрена. Продольная сжатая арматура всех серий – 2∅6 класса А240 принята из конструктивных соображений.

Все образцы 1-й серии (рис. 1) без поперечной арматуры. Поперечное армирование образцов 2-й и 3-й серий (рис. 2) принято в виде хомутов диаметром 4 и 5 мм соответственно, из проволоки класса Вр500 с шагом 60 мм в зонах поперечного изгиба и 120 мм в зонах чистого изгиба.

При изготовлении образцов применялся бетон с фракцией крупного заполнителя 5–15 мм. Одновременно из одного замеса изготавливалась одна серия образцов.

Для определения прочностных и характеристик бетона на каждую серию изготавливалось по три куба с размерами сторон 150 мм и по три призмы с размерами 150х150х600 мм. Прочностные характеристики арматуры определялись по результатам испытаний трёх стержней от каждого из использованных для изготовления образцов диаметров.

Опытные образцы изготавливались в сборно-разборной опалубке. Разрушения защитного слоя в образцах имитировались на стадии их изготовления, до заливки бетона в опалубку, с использованием экструдированного пенополистирола и пенокартона, в зависимости от требуемой степени разрушения.

По истечению 28 календарных дней образцы с повреждениями восстанавливались с помощью ремонтной смеси до первоначального состояния. В качестве ремонтного состава использовалась безусадочная быстротвердеющая бетонная смесь тиксотропного типа марки Mapei (Mapegrount T40).

Для измерения деформаций рабочей растянутой арматуры в зоне поперечного изгиба использованы тензодатчики с базой 10 мм. Их расположение на сечениях стержней показано на рис. 3. Для обеспечения соосности центров тензодатчиков и центров тяжести арматурных стержней последние, при сборке каркасов, были повернуты на угол α и закреплены в таком положении. Подготовленные под наклейку тензодатчиков участки перед бетонированием закрывались резиновыми вкладышами, обеспечивающими доступ к этим участкам после изготовления образцов.

Степень разрушения защитного слоя, маркировка опытных образцов и их геометрия приведены в табл. 1, а прочностные характеристики бетона и арматуры – в табл. 2.

Методика испытаний опытных образцов

Опытные образцы испытывались двумя сосредоточенными силами по схеме свободно опёртой балки в соответствии с рис. 4.

Деформации арматуры и деформации бетона на верхних гранях образцов в зонах попе-

речного изгиба и в середине пролёта измерялись с использованием тензодатчиков с базами 10 и 50 мм соответственно. Прогибы в середине пролёта и в сечениях под силами от испытательной нагрузки измерялись прогибомерами типа ПАО-6, а взаимные смещения арматуры и бетона на торцах опытных образцов – индикаторами часового типа (рис. 5).

Тензодатчики на арматуре опытных образцов предназначались для экспериментального определения сил сцепления между бетоном и арматурой эталонных образцов и образцов со степенью разрушения защитного слоя χ = 0,5, а также между бетоном и ремонтной смесью для образцов с полностью оголённой арматурой (при χ = 0) в соответствии с выражениями:

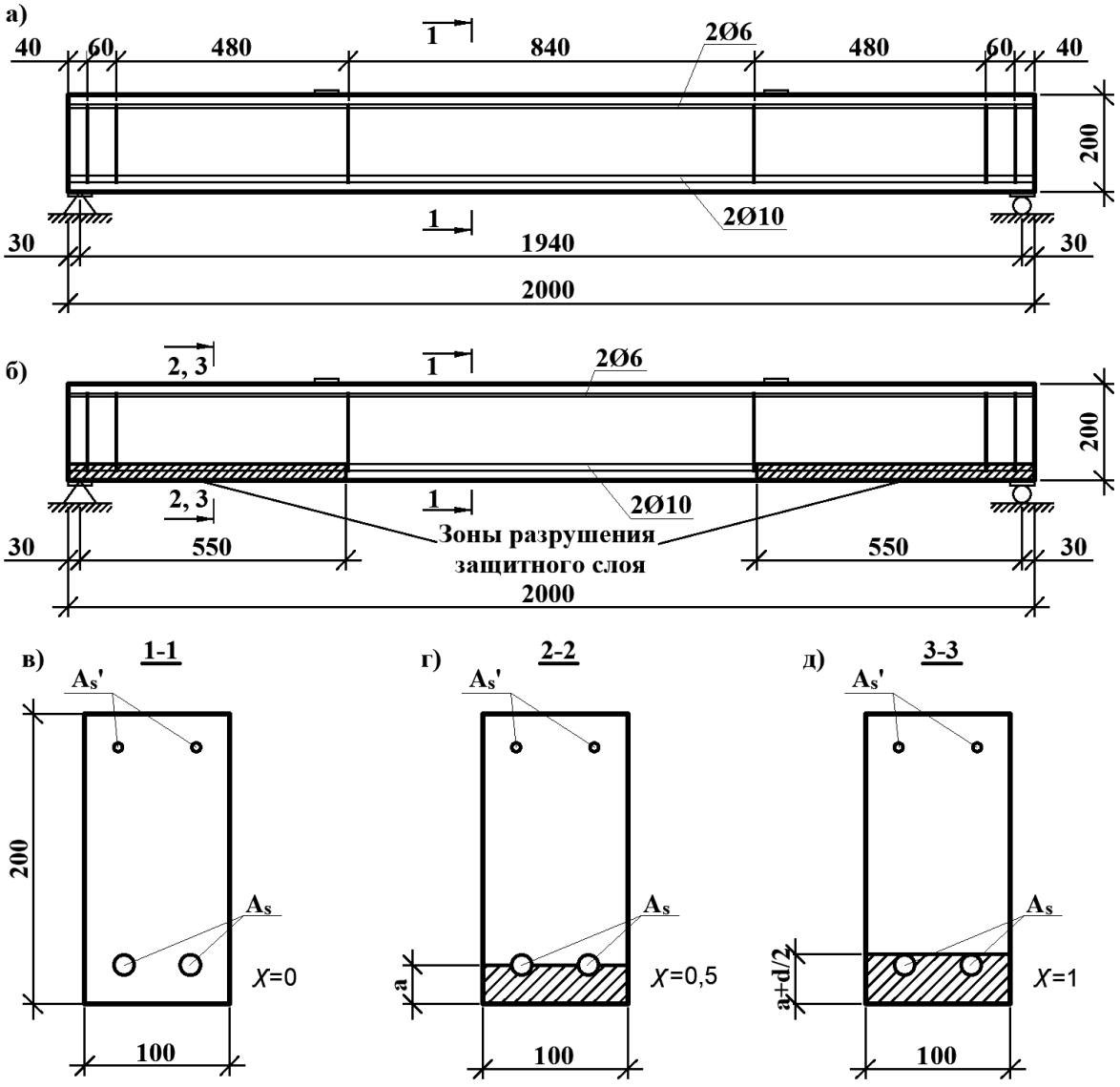


Рис. 1. Конструкция опытных образцов 1-й серии:
а – эталонный образец без повреждений защитного слоя бетона; б – образцы с разрушенными и восстановленными защитными слоями арматуры; в – поперечное сечение эталонного образца без повреждений защитного слоя; г, д – поперечные сечения образцов с разрушенными и восстановленными защитными слоями при оголении арматуры наполовину её диаметра (χ = 0,5) и полным оголением арматуры (χ = 1) соответственно

Fig. 1. Design of prototypes of the 1st series:
a – reference specimen without damage to the protective concrete layer; b – samples with destroyed and restored protective layers of reinforcement; c – cross section of the reference sample without damage to the protective layer; d, e – cross sections of samples with destroyed and restored protective layers when the reinforcement is exposed to half its diameter (χ = 0.5) and the reinforcement is completely exposed (χ = 1), respectively

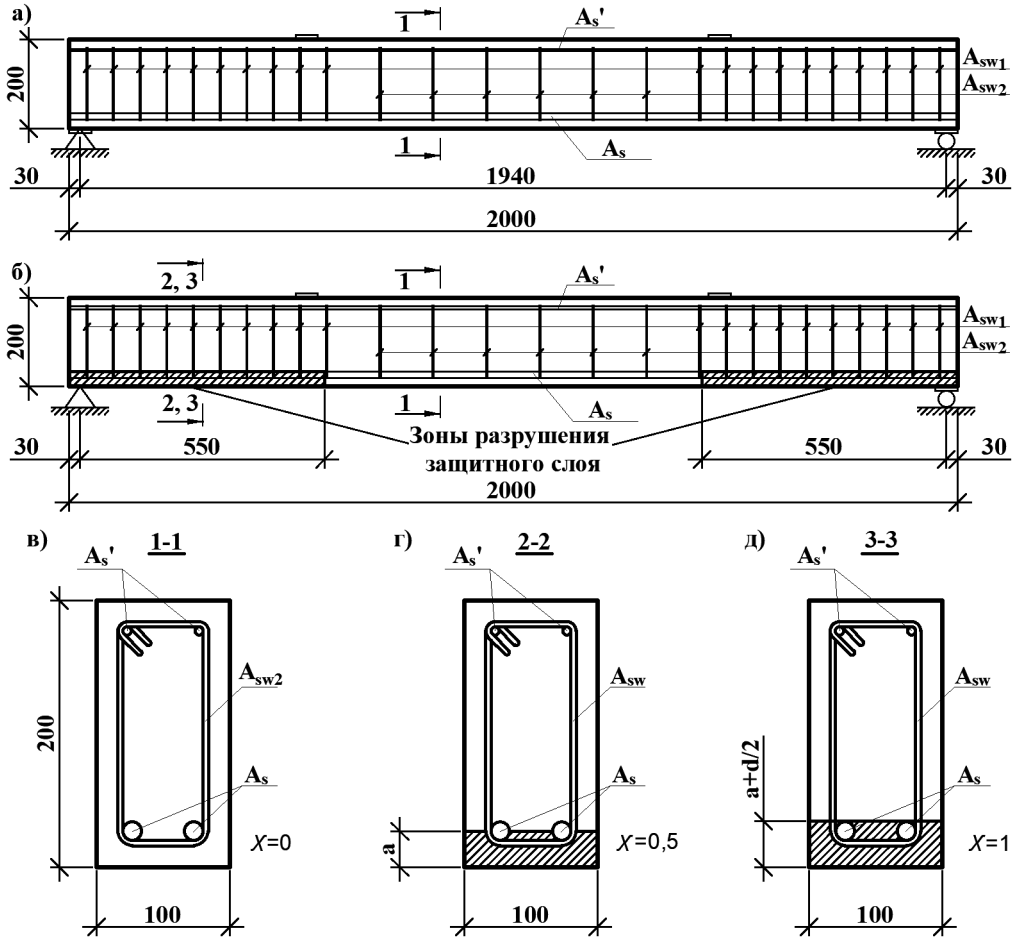


Рис. 2. Конструкция опытных образцов 2-й и 3-й серий:
а – эталонные образцы без повреждений защитного слоя бетона; б – образцы с разрушенными и восстановленными защитными слоями арматуры; в – поперечные сечения эталонных образцов без повреждений защитного слоя; г, д – поперечные сечения образцов с разрушенными и восстановленными защитными слоями при оголении арматуры наполовину её диаметра ($\chi = 0{,}5$) и полным оголением арматуры ($\chi = 1$) соответственно

Fig. 2. Design of prototypes of the 2nd and 3rd series:
a – reference samples without damage to the protective concrete layer; b – samples with destroyed and restored protective layers of reinforcement; c – cross sections of reference samples without damage to the protective layer; d, e – cross sections of samples with destroyed and restored protective layers when the reinforcement is exposed to half its diameter ($\chi = 0.5$) and the reinforcement is completely exposed ($\chi = 1$), respectively

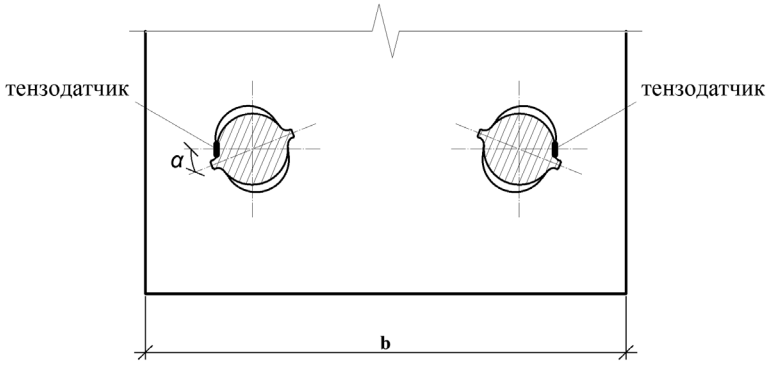


Рис. 3. Расположение тензодатчиков на стержнях рабочей арматуры опытных образцов
Fig. 3. Arrangement of strain gauges on rods of working reinforcement of test specimens

Рис. 4. Схема испытания опытных образцов
Fig. 4. Test pattern of prototypes

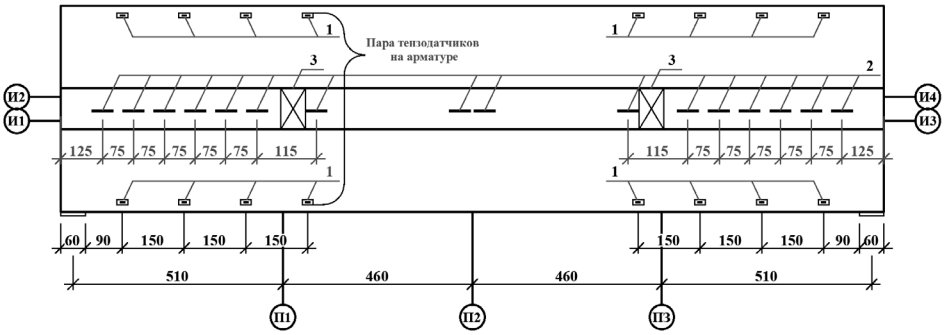


Рис. 5. Расположение тензодатчиков, прогибомеров и индикаторов на опытных образцах:
1, 2 – тензодатчики с базами 10 и 50 мм соответственно; 3 – зоны приложения испытательной нагрузки;
П1÷П3 – прогибомеры; *И*1÷*И*4 – индикаторы
Fig. 5. Location of strain gauges, deflection gauges and indicators on prototypes:
1, 2 – strain gauges with bases of 10 and 50 mm, respectively; 3 – test load application zones;
P1 ÷ P3 – deflection gauges; *И*1 ÷ *И*4 – indicators

Таблица 1. Степень разрушения защитного слоя бетона опытных образцов, их маркировка и геометрические характеристики
Table 1. The degree of destruction of the protective layer of concrete of prototypes, their marking and geometric characteristics

Серия	Степень разрушения защитного слоя	Марка образца	*b*, мм	*h*, мм	h_0, мм	*a*, мм
1	$\chi = 0$	10-Э	100	203	178	25
	$\chi = 0{,}5$	10-0,5	97	202	177	25
	$\chi = 1$	10-1	99	202	177	25
2	$\chi = 0$	14-Э	99	202	175	27
	$\chi = 0{,}5$	14-0,5	99	201	174	27
	$\chi = 1$	14-1	100	200	175	27
3	$\chi = 0$	20-Э	99	202	172	30
	$\chi = 0{,}5$	20-0,5	99	202	172	30
	$\chi = 1$	20-1	99	202	172	30

Примечание:

10-Э, 14-Э, 20-Э – эталонные образцы с неповреждённым защитным слоем, армированные стержнями диаметром 10, 14 и 20 мм соответственно;

10-0,5, 14-0,5, 20-0,5 – образцы с разрушенным защитным слоем и оголением продольной рабочей арматуры до половины ее диаметра, армированные стержнями диаметром 10, 14 и 20 мм соответственно;

10-1, 14-1, 20-1 – образцы с разрушенным защитным слоем и полным оголением продольной рабочей арматуры, армированные стержнями диаметром 10, 14 и 20 мм соответственно;

b, *h*, h_0, – ширина, высота, рабочая высота сечений опытных образцов, мм;

a – расстояние от равнодействующей усилий в продольной рабочей арматуре до нижней грани образцов соответственно, мм.

Таблица 2. Прочностные характеристики бетона и нижней рабочей арматуры опытных образцов
Table 2. Strength characteristics of concrete and lower working reinforcement of test samples

Серия	Марка образца	R, МПа	R_b, МПа	R_{bt}, МПа	d_s, мм	μ_s, %	σ_t, МПа	σ_u, МПа	δ_5, %
1	10-Э	39,5	28,8	2,68	2∅10	1,0	548,95	654,2	19,0
	10-0,5				2∅10				
	10-1				2∅10				
2	14-Э	53,7	38,4	3,28	2∅14	1,8	564,5	656,85	20,7
	14-0,5				2∅14				
	14-1				2∅14				
3	20-Э	48,4	34,9	3,07	2∅20	3,7	514,45	603,85	22,0
	20-0,5				2∅20				
	20-1				2∅20				

Примечание:

R, R_b R_{bt} – кубиковая прочность бетона, прочность бетона при осевом сжатии, прочность бетона при осевом растяжении, МПа;

d_s – диаметр рабочей продольной арматуры, мм;

μ_s – процент армирования, %;

σ_t – предел текучести (физический), МПа;

σ_u – временное сопротивление, МПа;

δ – величина относительного удлинения при начальной расчетной длине 5∅, %.

$$N^o_{s\tau} = \chi u_s \sum_1^{i-1} \tau_{s(i,i+1)}\, \Delta l_{i,(i+1)}, \quad (2)$$

$$N^o_{bs\tau} = b \sum_1^{i-1} \tau_{(i,i+1)}\, \Delta l_{i,(i+1)}, \quad (3)$$

где $N^o_{s\tau}$ – опытное усилие в арматуре, обеспечиваемое за счёт её сцепления с бетоном;

$N^o_{bs\tau}$ – опытное растягивающее усилие в арматуре, обеспечиваемое за счёт сцепления между бетоном образцов с полностью оголённой арматурой и ремонтной смесью;

i = 1, 2, 3, 4 – номера пар тензодатчиков на арматуре (рис. 3 и 5), отсчитываемые от опор;

$\tau_{s(i,i+1)}$ – касательные напряжения по контакту арматуры A_s с бетоном опытных образцов на участках между парами тензодатчиков с номерами i и i+1;

$\tau_{bs(i,i+1)}$ – касательные напряжения по контакту ремонтной смеси и бетона опытных образцов с полностью нарушенным и восстановленным защитным слоем на участках между тензодатчиками с номерами i и i+1;

$$\tau_{s(i,i+1)} = \frac{\Delta\varepsilon_{si,(i+1)} E_s A_s}{k_\tau \chi u_s \Delta l_{i,(i+1)}} \quad \text{при } 0 \le \chi < 1, \quad (4)$$

$$\tau_{bs(i,i+1)} = \frac{\Delta\varepsilon_{si,(i+)} E_s A_s}{b \Delta l_{i,(i+1)}} \quad \text{при } \chi = 1, \quad (5)$$

где k_τ – коэффициент, учитывающий влияние поперечной арматуры на величину касательных напряжений, передаваемых восстановленным защитным слоем на вышележащий бетон опытных образцов;

E_s, A_s – модуль упругости и площадь поперечного сечения продольной рабочей арматуры опытных образцов;

$\Delta\varepsilon_{s(i,i+1)} = \varepsilon_{s(i+1)} - \varepsilon_{si}$ – разность деформаций арматуры A_s на участках между парами тензодатчиков с номерами i и i+1;

ε_{si}, $\varepsilon_{s(i+1)}$ – средние деформации арматуры по показаниям пар тензодатчиков с номерами i и i+1;

χ, u_s – степень разрушения защитного слоя и суммарный периметр арматуры A_s опытных образцов;

b, $\Delta l_{i,(i+1)}$ – ширина поперечного сечения опытных образцов и расстояние между парами тензодатчиков с номерами i и i+1 соответственно.

Тензодатчики на верхних гранях образцов предназначались для оценки характера распределения и величины максимальных деформаций в сжатом бетоне по длине образцов и для определения характера их разрушения.

Испытания опытных образцов проводились в испытательном зале кафедры железобетонных конструкций на установке, представленной на рис. 6.

Нагрузка на образец прикладывалась ступенями по 5–10 % от величины расчетной разрушающей нагрузки, с выдержкой по 10 мин

на каждой ступени. На каждой ступени снимались показания тензодатчиков (использовался измеритель деформаций цифровой ИДЦ-1), прогибомеров и индикаторов. При нагружении образцов и в процессе их выдержки под нагрузкой визуально фиксировались образующиеся трещины и развитие уже имеющихся.

Результаты испытаний образцов 1–3-й серий представлены на рис. 7–12 и в табл. 3 и 4.

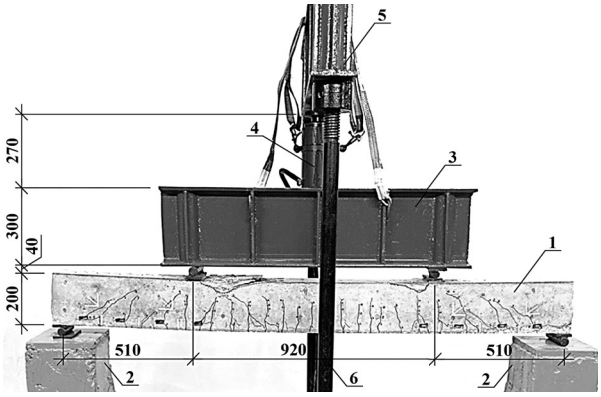


Рис. 6. Установка для испытаний опытных образцов: 1 – опытный образец; 2 – железобетонные опоры; 3 – распределительная траверса; 4 – гидравлический домкрат; 5 – поперечная траверса; 6 – штанги, закрепляемые в силовом поле

Fig. 6. Prototype Testing Facility:
1 – prototype; 2 – reinforced concrete supports; 3 – distribution cross-arm; 4 – hydraulic jack; 5 – transverse cross-arm; 6 – rods fixed in the load-bearing floor

Таблица 3. Опытные значения нагрузок на образцы при их испытаниях
Table 3. Test values of loads on samples during their tests

Серия	Марка образца	F^o_{ult}, kH	F^o_{crc}, kH	$F^o_{crc,Q}$, kH
1	10-Э	56.04	11.67	32.69
	10-0,5	35.0	11.67	31.51
	10-1	32.7	11.67	23.35
2	14-Э	114.4	16.3	44.4
	14-0,5	114.4	16.3	58.37
	14-1	63.0	11.67	37.36
3	20-Э	166.0	16.3	44.36
	20-0,5	163.0	11.67	72.4
	20-1	135.43	11.67	32.69

Примечание:
F^o_{ult} – опытная разрушающая нагрузка, кН;
F^o_{crc} – опытная нагрузка, соответствующая образованию первой нормальной трещины;
$F^o_{crc,Q}$ – опытная нагрузка, соответствующая образованию первой наклонной трещины.

Таблица 4. Сопоставление теоретических разрушающих усилий M_{ult} и Q_{ult}, подсчитанных по методике [8], с их опытными значениями M^o_{ult} и Q^o_{ult}
Table 4. Comparison of theoretical destructive forces of M_{ult} and Q_{ult}, calculated according to the procedure [8], with their experimental values of M^o_{ult} and Q^o_{ult}

Марка образца	x, мм	ξ	ξ_R	M_{ult}, kH·м	M^o_{ult}, kH·м	M_{ult} / M^o_{ult}	Q_{ult}, kH	Q^o_{ult}, kH	Q_{ult} / Q^o_{ult}
10-Э	30	0,168	0,493	14,05	14,3	0,98	24,9	28,0	0,89
10-0,5					8,93	1,57		17,5	1,42
10-1					8,34	1,685		16,35	1,52
14-Э	46	0,261	0,493	26,47	29,19	0.906	43,11	57,23	0,753
14-0,5					29,19	0,906		57,23	0,753
14-1					16,07	1,647		31,5	1,368
20-Э	90	0,521	0,493	37,98	42,36	0,897	51,99	83,06	0,626
20-0,5					41,59	0,913		81,5	0,638
20-1					34,55	1,099		67,74	0,768

Примечание:
x, ξ – высота и относительная высота сжатой зоны бетона опытных образцов, соответствующие теоретической разрушающей нагрузке;
ξ_R – граничная высота сжатой зоны бетона опытных образцов.

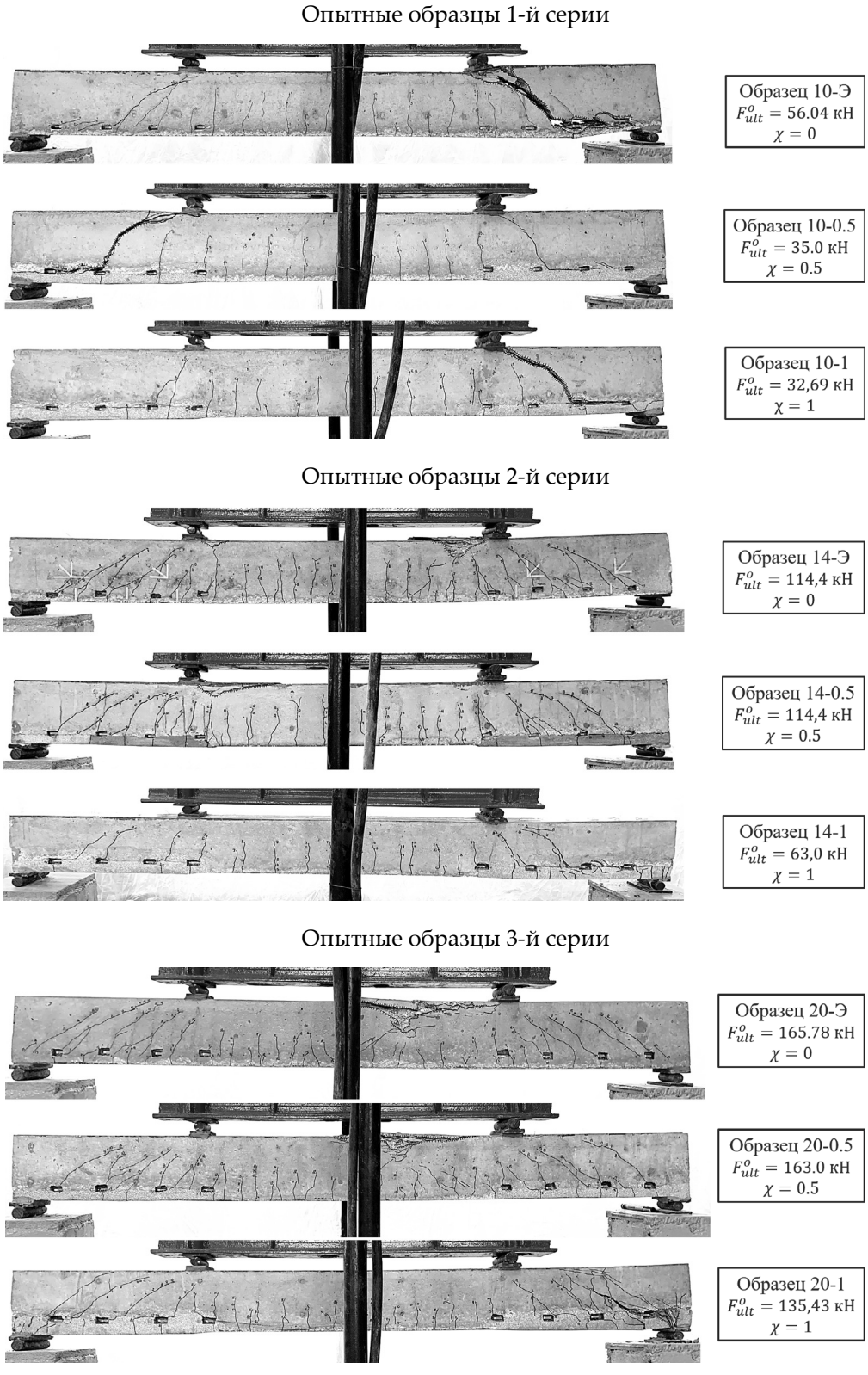


Рис. 7. Вид образцов 1–3-й серий после испытаний:
F^o_{ult} – опытная разрушающая нагрузка; χ – степень разрушения защитного слоя
Fig. 7. Sample type 1–3 batches after testing:
F^o_{ult} – experimental destructive load; χ – protective layer failure rate

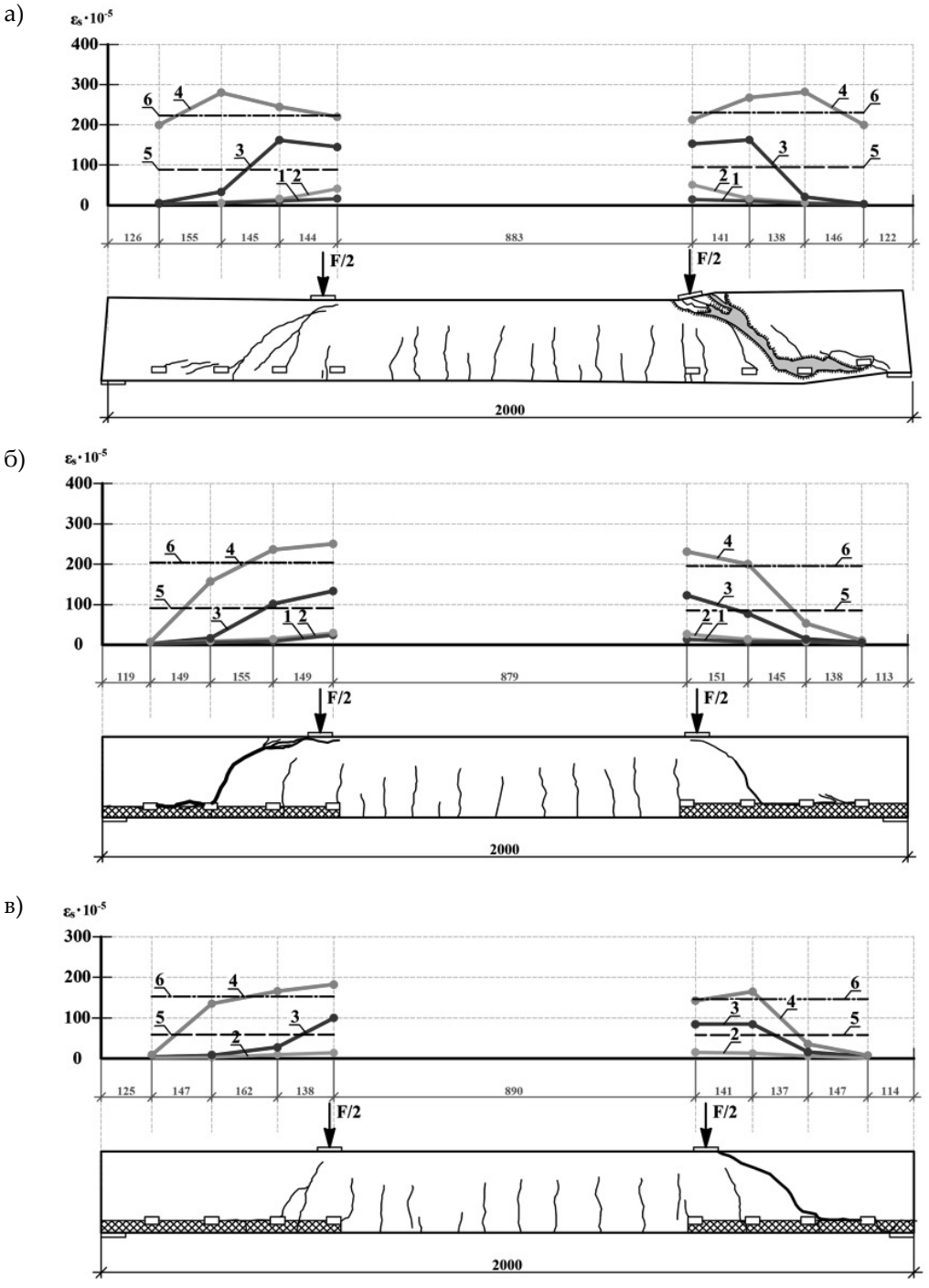


Рис. 8. Деформации арматуры в зонах поперечного изгиба образцов 1-й серии:
а – эталонный образец (F^o_{ult} = 56,04 кН); б – образец со степенью разрушения защитного слоя χ = 0,5 (F^o_{ult} = 35,0 кН); в – образец со степенью разрушения защитного слоя χ = 1 (F^o_{ult} = 32,69 кН); 2 –при нагрузке 0,25 F^o_{ult}; 3 – при нагрузке 0,55 F^o_{ult}; 4 – при нагрузке 0,9 F^o_{ult}; 5 – уровень нагрузки, соответствующий образованию нормальной трещины; 6 – уровень нагрузки, соответствующий образованию наклонной трещины

Fig. 8. Reinforcement deformations in the zones of transverse bending of samples of the 1st series:
a – reference sample (F^o_{ult} = 56,04 кN); b – a sample with a degree of destruction of the protective layer χ = 0,5 (F^o_{ult} = 35,0 кN); c – a sample with a degree of destruction of the protective layer χ = 1 (F^o_{ult} = 32,69 кН); 2 – at the load of 0,25 F^o_{ult}; 3 – at a load of 0,55 F^o_{ult}; 4 – at load 0,9 F^o_{ult}; 5 – load level corresponding to the formation of a normal crack; 6 – load level corresponding to the formation of an inclined crack

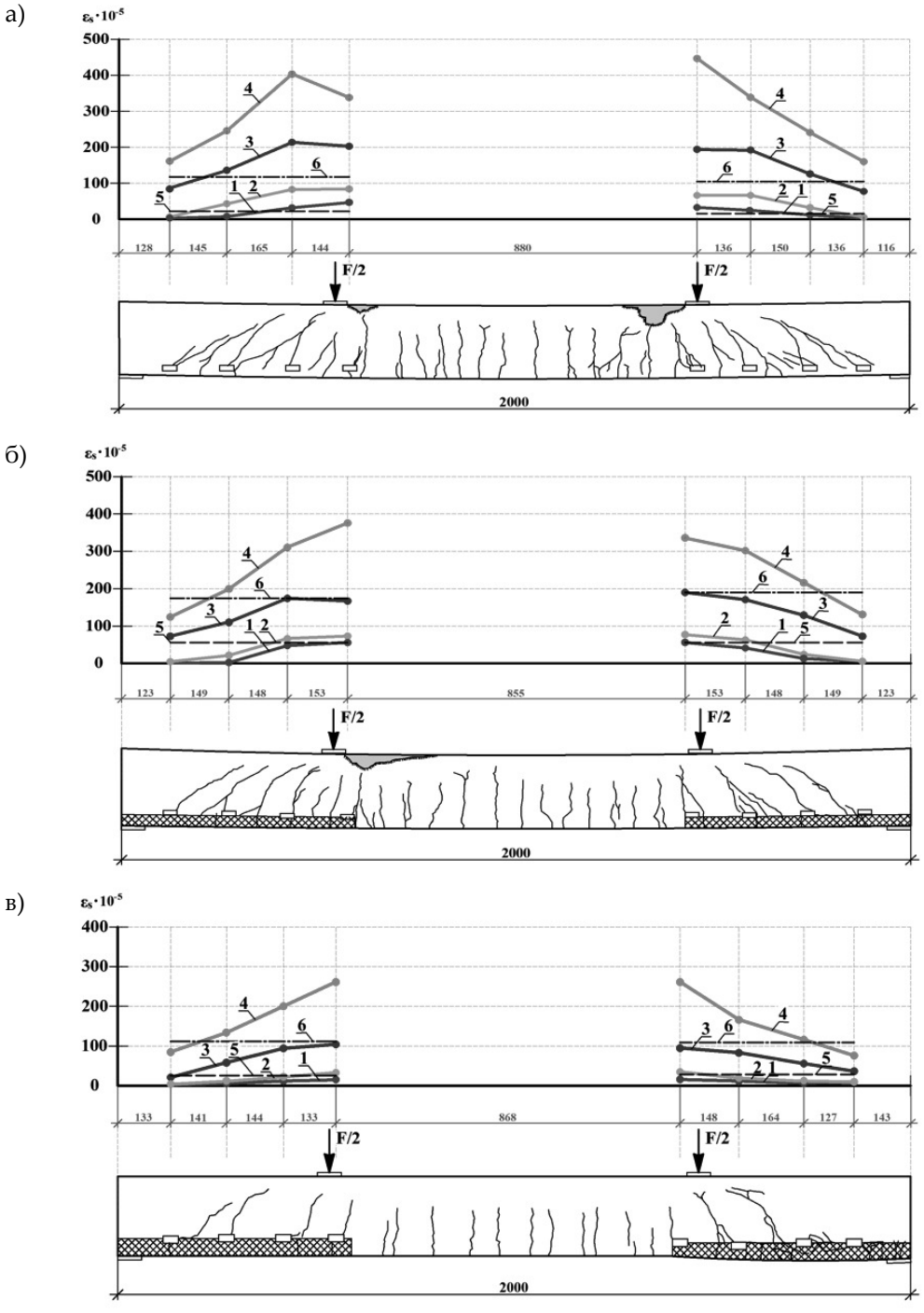


Рис. 9. Графики деформаций арматуры в зонах поперечного изгиба образцов 2-й серии:
а – эталонный образец (F^o_{ult} = 114,4 кН); б – образец со степенью разрушения защитного слоя χ = 0,5 (F^o_{ult} = 114,4 кН); в – образец со степенью разрушения защитного слоя χ = 1 (F^o_{ult} = 63,0 кН); 1 – при нагрузке 0,16 F^o_{ult}; 2 – при нагрузке 0,25 F^o_{ult}; 3 – при нагрузке 0,55 F^o_{ult}; 4 – при нагрузке 0,9 F^o_{ult}; 5 – уровень нагрузки, соответствующий образованию нормальной трещины; 6 – уровень нагрузки, соответствующий образованию наклонной трещины

Fig. 9. Schedules of deformations of fittings in zones of a cross bend of samples of the 2nd series:
a – a reference sample (F^o_{ult} = 114,4 кN); b – a sample with extent of destruction of a protective layer χ = 0,5 (F^o_{ult} = 114,4 кN); c – a sample with extent of destruction of a protective layer χ = 1 (F^o_{ult} = 63,0 кN); 1 – at loading of 0,16 F^o_{ult}; 2 – at loading of 0,25 F^o_{ult}; 3 – at loading of 0,55 F^o_{ult}; 4 – at loading of 0,9 F^o_{ult}; 5 – the loading level corresponding to formation of a normal crack; 6 – the loading level corresponding to formation of an inclined crack

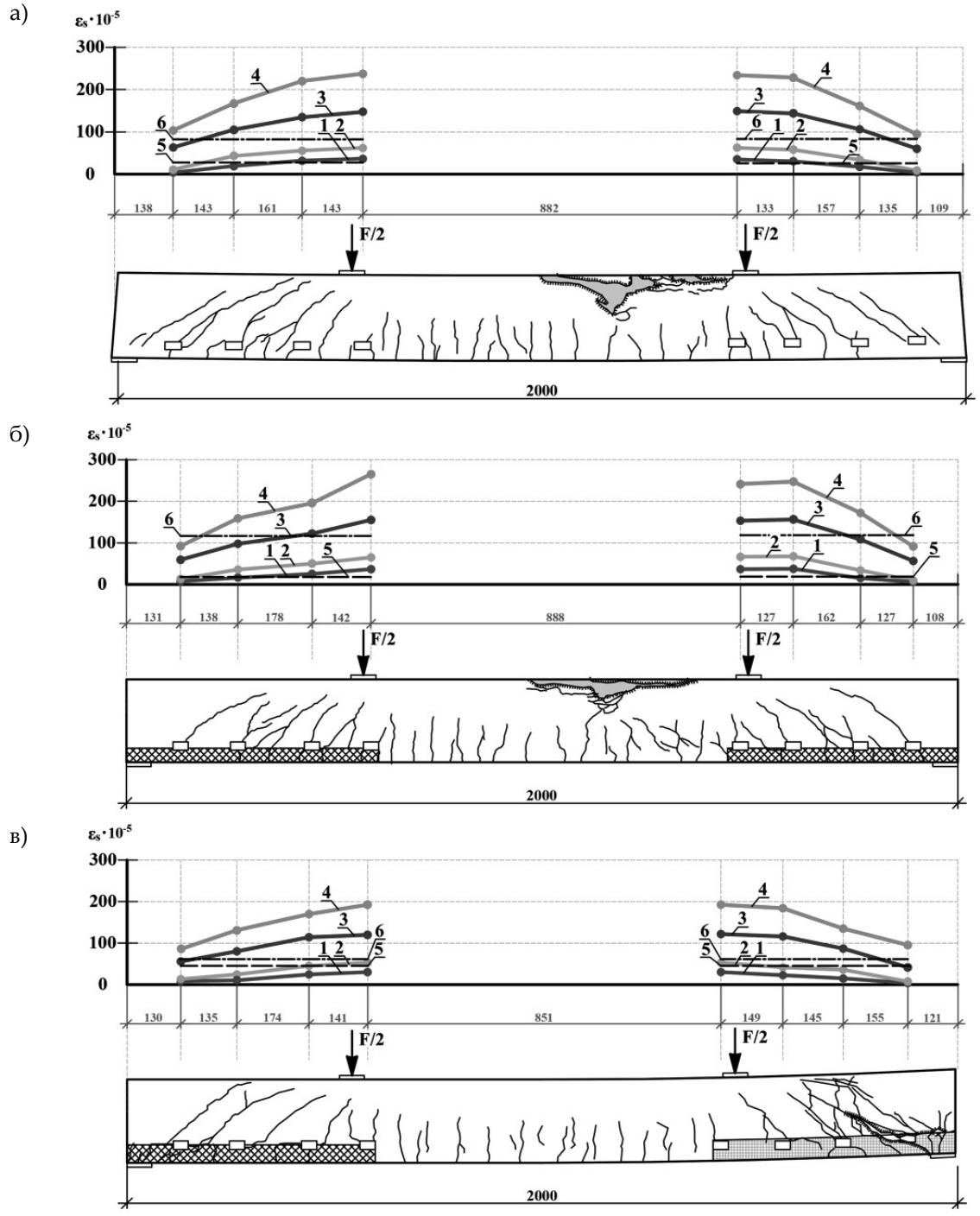


Рис. 10. Графики деформаций арматуры в зонах поперечного изгиба образцов 3-й серии:
а – эталонный образец (F^o_{ult} = 166 кН); б – образец со степенью разрушения защитного слоя χ = 0,5 (F^o_{ult} = 163 кН); в – образец со степенью разрушения защитного слоя χ = 1 (F^o_{ult} = 135 кН); 1 – при нагрузке 0,16 F^o_{ult}; 2 – при нагрузке 0,25 F^o_{ult}; 3 – при нагрузке 0,55 F^o_{ult}; 4 – при нагрузке 0,9 F^o_{ult}; 5 – уровень нагрузки, соответствующий образованию нормальной трещины; 6 – уровень нагрузки, соответствующий образованию наклонной трещины

Fig. 10. Diagrams of reinforcement deformations in the zones of transverse bending of samples of the 3rd series:
a – reference sample (F^o_{ult} = 166 кN); b – a sample with a degree of destruction of the protective layer χ = 0,5 (F^o_{ult} = 163 кN); c – a sample with a degree of destruction of the protective layer χ = 1 (F^o_{ult} = 135 кN); 1 – at a load of 0,16 F^o_{ult}; 2 – at a load of 0,25 F^o_{ult}; 3 – at a load of 0,55 F^o_{ult}; 4 – at load 0,9 F^o_{ult}; 5 – load level corresponding to the formation of a normal crack; 6 – load level corresponding to the formation of an inclined crack

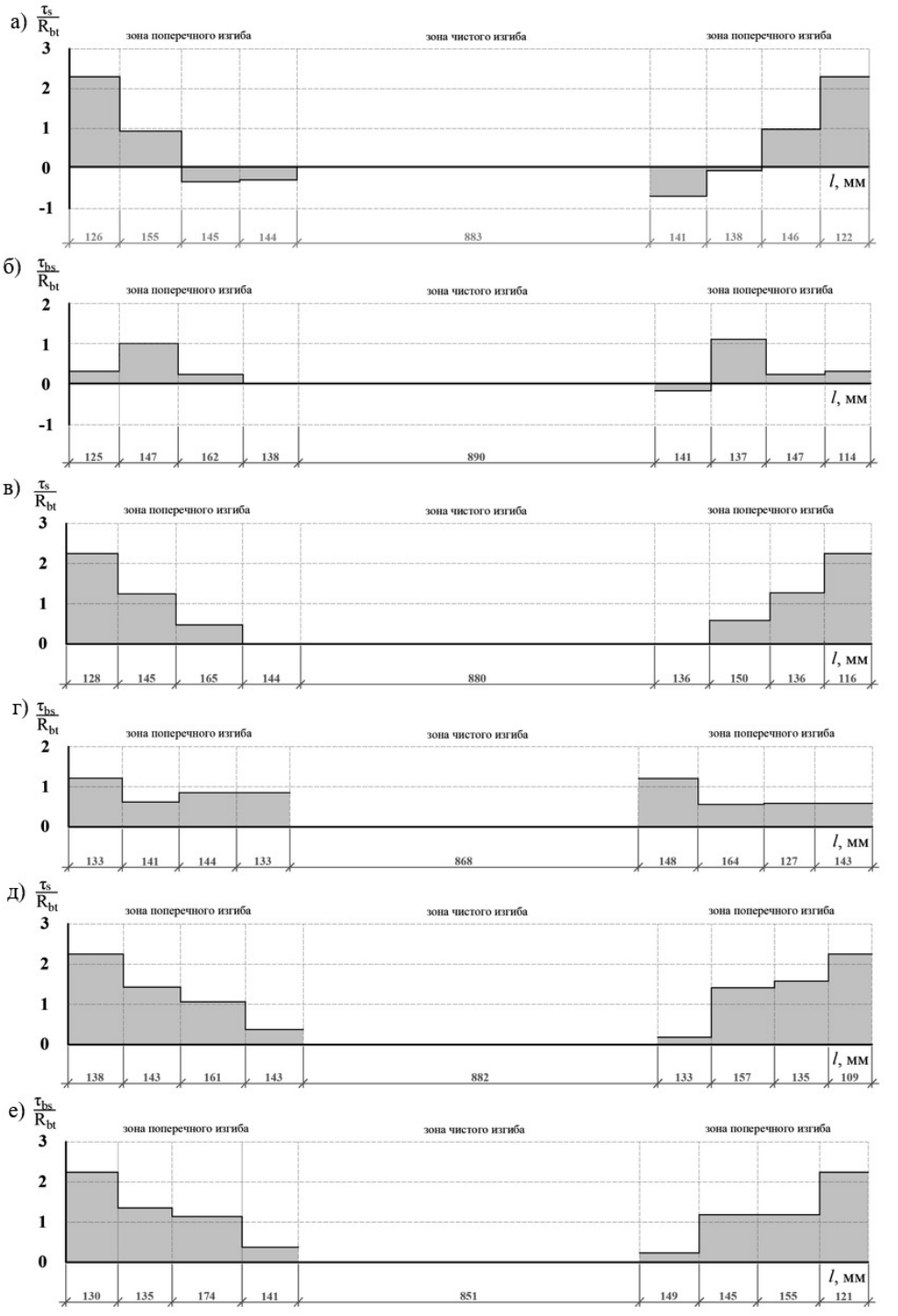


Рис. 11. Эпюры касательных напряжений по контакту арматуры с бетоном (а, в, г) и по контакту бетона образцов и восстановленного защитного слоя, разрушенного до полного оголения арматуры (б, г, *д*) в зонах поперечного изгиба при нагрузке 0,94 F^{o}_{ult}; а – образец 10-Э; б – образец 10-1; в – образец 14-Э; г – образец 14-1; *д* – образец 20-Э; е – образец 20-1

Fig. 11. Diagrams of tangential stresses on the contact of reinforcement with concrete (a, c, d) and on the contact of concrete of samples and the restored protective layer, destroyed to the full exposure of reinforcement (b, d, e) in the zones of transverse bending under 0,94 F^{o}_{ult} load; a – 10-E sample; b – sample 10-1; c – 14-E sample; d – sample 14-1; e – 20-E sample; f – sample 20-1

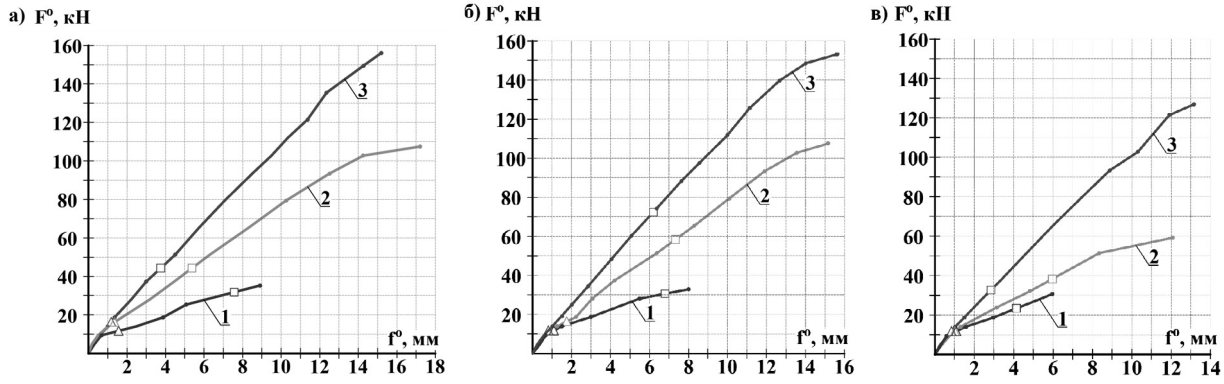


Рис. 12. Прогибы f опытных образцов при их испытаниях:
а – для эталонных образцов всех серий; б – для образцов всех серий со степенью разрушения защитных слоёв χ = 0,5 (с оголением арматуры наполовину диаметра); в – для образцов со степенью разрушения защитного слоя χ = 1 (с полным оголением арматуры); 1 – образец с рабочей арматурой 2∅10; 2 – образец с рабочей арматурой 2∅14; 3 – образец с рабочей арматурой 2∅20; Δ – момент образования нормальной трещины; □ – момент образования наклонной трещины

Fig. 12. Deflections f of test samples during their testing:
a – for reference samples of all batches; b – for samples of all batches with a degree of destruction of protective layers χ = 0.5 (with exposure of reinforcement to half the perimeter); c – for samples with a degree of destruction of the protective layer χ = 1 (with complete exposure of the reinforcement); 1 – specimen with working valves 2∅10; 2 – specimen with 2∅14 operating valves; 3 – specimen with working reinforcement 2∅20; Δ – moment of normal crack formation; □ – moment of inclined crack formation

Анализ результатов испытаний опытных образцов

Общим для всех опытных образцов (рис. 7–10, 12) являлось то, что формирование системы трещин в зоне поперечного изгиба происходило после образования нормальных трещин в сечениях, расположенных в местах приложения испытательной нагрузки. Характер сформированных в итоге систем трещин был разным, в зависимости от отсутствия или наличия поперечной арматуры в зонах поперечного изгиба. При отсутствии поперечной арматуры (рис. 7, образцы 1-й серии), в пролётах среза формировалось по одной наклонной критической трещине, по которым и происходило разрушение. При наличии поперечной арматуры (рис. 7, образцы 2-й и 3-й серий) в пролётах среза формировались системы, состоящие из нормальных и наклонных трещин, количество которых определялось степенью разрушения защитных слоёв.

Следует также отметить, что качественная картина деформирования опытных образцов с различными степенями разрушения защитных слоёв (рис. 12) практически одинакова, а с количественной стороны влияние степени разрушения χ защитного слоя начинает сказываться только при 1,0 ≥ χ > 0,5.

Образцы 1-й серии

Разрушение всех образцов 1-й серии (без поперечной арматуры) происходило по критическим наклонным трещинам вследствие поворота выделяемых ими опорных блоков (рис. 7, образцы 1-й серии) относительно осей, нормальных к боковым плоскостям образцов и проходящих через точки, лежащие на продолжении критических наклонных трещин, в сторону сжатых граней. Повороты опорных блоков обусловлены потерей сцепления арматуры с бетоном и последующим сдвигом их вдоль критических наклонных трещин. Об этом свидетельствуют графики на рис. 8 и эпюры касательных напряжений по контакту арматуры с бетоном в зонах поперечного изгиба на рис. 11, а, б. Эпюры построены с использованием зависимостей (2) – (5) при соблюдении условий равновесия:

$$Q^o a = N^o_{s\tau} z^o, \quad (6)$$

$$Q^o a = N^o_{bs\tau} z^o, \quad (7)$$

$$z^o = a \frac{Q^o}{N^o_{s\tau}}, \quad (8)$$

$$z^o = a \frac{Q^o}{N^o_{bs\tau}}, \quad (9)$$

где Q^o – опытное значение поперечной силы в пролёте среза; a – пролёт среза; z^o– опытная величина плеча внутренней пары сил, остальные обозначения те же, что и в выражениях (2) и (3).

Уравнения (6) и (7) – условия равновесия по изгибающим моментам, а (8) и (9) – по продольным силам.

Разрушающие нагрузки для образцов марок 10-Э, 10-0,5 и 10-1 составляют 56,04; 35,0 и 32,69 кН соответственно (см. табл. 3) и уменьшаются с увеличением степени разрушения защитного слоя и соответствующего снижения сцепления арматуры с бетоном.

Эпюра касательных напряжений по контакту бетона образца 10-1 (с полностью оголённой арматурой) и восстановленного защитного слоя позволяет оценить максимальную величину сцепления (при сдвиге) ремонтной смеси, набравшей прочность, с бетоном восстанавливаемой конструкции, которое (рис. 11, б) составляет ≈1,1R_{bt}, где R_{bt} – прочность бетона восстанавливаемой конструкции на осевое растяжение. Смена знаков касательных напряжений на эпюрах свидетельствует о начале интенсивного раскрытия критических наклонных трещин и повороте опорных блоков. Из сопоставления теоретических разрушающих усилий M_{ult} и Q_{ult}, подсчитанных по методике [3], с их опытными значениями M^{o}_{ult} и Q^{o}_{ult} (см. табл. 4) следует, что действующие нормы недооценивают прочность эталонного образца по моменту на 2 %, а по поперечной силе – на 11 %. При этом сильно переоценивают прочность опытных образцов с разрушениями защитного слоя, в зависимости от степени разрушения. Так, для образца 10-0,5 по моменту – на 57 %, по поперечной силе – на 42 %. Для образца 10-1 по моменту – на 68 %, по поперечной силе – на 52 %.

Образцы 2-й серии

Характер работы и разрушения опытных образцов 2-й серии (с поперечной арматурой) кардинально отличался от характера работы и разрушения образцов 1-й серии (без поперечной арматуры). Во-первых, в зонах поперечного изгиба формировались как нормальные трещины, переходящие в наклонные, так и наклонные, распространяющиеся до опор, а во-вторых, разрушение образцов происходило по двум схемам. Образцы 14-Э и 14-0,5 (рис. 7, 9, 11, в, г) разрушились от текучести арматуры в зонах чистого изгиба, а образец 14-1 – от потери сцепления между бетоном образца и восстановленным защитным слоем, но без сдвига опорного блока вдоль критической наклонной трещины из-за наличия поперечной арматуры.

Разрушающие нагрузки для образцов марок 14-Э, 14-0,5 и 11-1 составляют 114,4; 114,4 и 63,0 кН (см. табл. 3) соответственно. Одинаковая прочность образцов с ненарушенным защитным слоем и разрушенным наполовину диаметра арматуры обеспечивается, видимо, особыми условиями взаимодействия восстановленного защитного слоя при наличии поперечной арматуры, когда в контактном слое между бетоном и арматурой возникают, кроме сдвига, и сжимающие напряжения. На это указывают эпюры касательных напряжений на рис. 11, в. При этом максимальные касательные напряжения по контакту бетона образца 14-1 с восстановленным защитным слоем составляют ≈ 1,2R_{bt}, что ненамного выше, чем для образца 10-1 без поперечной арматуры.

Из сопоставления теоретических разрушающих усилий M_{ult} и Q_{ult}, подсчитанных по методике [3], с их опытными значениями M^{o}_{ult} и Q^{o}_{ult} (см. табл. 4) следует, что действующие нормы недооценивают прочность эталонного образца 14-Э и образца 14-0,5 по моменту на 9,4 %, а по поперечной силе – на 24,7 %. При этом сильно переоценивают прочность образца 14-1 с разрушением защитного слоя до полного оголения арматуры: по моменту – на 64,7 %, по поперечной силе – на 36,8 %.

Образцы 3-й серии

Характер работы и разрушения опытных образцов 3-й серии (с поперечной арматурой) кардинально не отличался от характера работы и разрушения образцов 2-й серии. Во-первых, в зонах поперечного изгиба формировались как нормальные трещины, переходящие в наклонные, так и наклонные, распространяющиеся до опор, а во-вторых, разрушение образцов происходило по двум схемам. Образцы 20-Э и 20-0,5 (рис. 7, 10, 11, д, е) разрушились по бетону сжатой зоны до наступления текучести в арматуре, а образец 20-1 – от потери сцепления между бетоном образца и восстановленным защитным слоем на опоре, без сдвига опорного блока вдоль критической наклонной трещины из-за наличия поперечной арматуры.

Разрушающие нагрузки для образцов марок 20-Э, 20-0,5 и 20-1 составляют 166; 163 и 135 кН (см. табл. 3) соответственно. Одинаковая прочность образцов с ненарушенным защитным слоем и разрушенным наполовину диаметра арматуры обеспечивается, видимо, особыми условиями взаимодействия восстановленного защитного слоя при наличии поперечной арматуры, когда в контактном слое между бетоном и арматурой возникают, кроме сдвига, и сжимающие напряжения. На это указывают эпюры касательных напряжений на рис. 11, в. При этом максимальные касательные напряжения по контакту бетона образца 20-1 с восстановленным защитным слоем составляют ≈ 1,2R_{bt}, что практически совпадает с аналогичными напряжениями для образцов 10-1 и 14-1.

Из сопоставления теоретических разрушающих усилий M_{ult} и Q_{ult}, подсчитанных по методике [3], с их опытными значениями M^{o}_{ult} и Q^{o}_{ult} (см. табл. 4) следует, что действующие нормы недооценивают прочность эталонного образца 20-Э и образца 20-0,5 по моментам на 10,3 и 8,9 % соответственно, а по поперечной силе – на 37,4 и 36,2 %. При этом переоценивают прочность образца 20-1 с разрушением защитного слоя до полного оголения арматуры по моменту на 10 %, а по поперечной силе – на 23,2 %.

Выводы. 1. Прочность железобетонных балок с разрушением защитного слоя рабочей растянутой арматуры в зоне поперечного изгиба до её оголения наполовину ее диаметра, может быть восстановлена на 100–93 % от первоначальной, а при полном оголении арматуры – на 87–55 %, с использованием современных ремонтных безусадочных быстротвердеющих бетонных смесей тиксотропного типа, в частности марки Mapei (Mapegrount T40).

2. Расчётная методика оценки возможного уровня восстановления прочности железобетонных балок с разрушениями защитных слоёв разной степени до настоящего времени не разработана.

3. Использование методики расчёта изгибаемых железобетонных конструкций, принятой в [8], для оценки прочности железобетонных балок, эксплуатируемых с восстановленными защитными слоями, может приводить как к занижению (до 38 %), так и к завышению (до 52 %) их реальной несущей способности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мурашов В.И.* Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона. М.: Машстройиздат, 1950. 212 с.

2. *Спрыгин Г.М., Решетарь Ю.Г.* Деформативность изгибаемых элементов при частичном отсутствии сцепления арматуры с бетоном // Бетон и железобетон. 1983. № 4. С. 12–14.

3. *Прокопович А.А.* Сопротивление изгибу железобетонных конструкций с различными условиями сцепления продольной арматуры с бетоном. Самара, 2000. 296 с.

4. *Прокопович А.А., Бузовская Я.А.* Моделирование напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов в зонах чистого и поперечного изгиба // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 1. С. 26–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.3.

5. *Старишко И.Н.* Новое направление по расчету прочности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям с примером расчета опытной балки // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. Т. 17, № 5. С. 479 – 499. DOI 10.22363/1815-5235-2021-17-5-479-499.

6. *Старишко И.Н.* Результаты экспериментальных исследований влияния основных факторов на несущую способность по наклонным сечениям в изгибаемых железобетонных балках прямоугольного и таврового профиля // Вестник МГСУ. 2016. № 7. С. 18—35.

7. *Тихонов И.Н., Саврасов И.П.* Исследование прочности железобетонных балок с арматурой класса А500 при действии поперечных сил // Жилищное строительство. 2010. № 9. С. 32 – 37.

8. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-101-2003. М.: Стандартинформ, 2019.

REFERENCES

1. Murashov V.I. *Treshchinoustojchivost', zhestkost' i prochnost' zhelezobetona.* [Crack resistance, rigidity and strength of reinforced concrete]. Moscow, Mashstroyizdat Publ., 1950. 212 p.

2. Sprygin G.M., Reshetar Yu.G. Deformability of bent elements in the partial absence of reinforcement adhesion with concrete. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and reinforced concrete], 1983, no. 4. pp.12-14. (in Russian)

3. Prokopovitch A.A. *Soprotivlenie izgibu zhelezobetonnykh konstrukcij s razlichnymi usloviyami scepleniya prodol'noj armatury s betonom.* [Bending resistance of reinforced concrete structures with various conditions of adhesion of longitudinal reinforcement with concrete]. Samara, NVF «Sensory. Moduli. SistemY» Publ., 2000. 296 p.

4. Prokopovitch A.A., Buzovskaya Ya.A. Modeling of Stress-deformed State of Bended Reinforced Concrete Elements in Zones of Clean and Transverse Bend. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol.11, no. 1, pp. 26-33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.3

5. Starishko I.N. A new direction for calculating the strength of bent reinforced concrete elements along inclined sections with an example of calculating an experimental beam. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij* [Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings], 2021 vol.17, no.5, pp. 479–499. (In Russian).

6. Starishko I.N. Results of Experimental Studies of the Influence of the Main Factors on the Bearing Capacity Across a Sloping Sec tion in Bending Concrete Beams of Rectangular and T-Section. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2016, no. 7, pp. 18–35. (In Russian).

7. Tihonov I.N., Savrasov I.P. Investigation of the strength of reinforced concrete beams with A500 class reinforcement under the action of transverse forces. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2010, no. 9, pp. 32–37. (in Russian)

8. SP 63.13330.2018. A set of rules. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. SNiP 52-101-2003. Moscow, Standartinform Publ., 2019. (in Russian)

Об авторах:

ПРОКОПОВИЧ Анатолий Александрович
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sk@samgtu.ru

БУЗОВСКАЯ Яна Александровна
старший преподаватель кафедры железобетонных конструкций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: jana69.71.95@mail.ru

PROKOPOVICH Anatoly Al.
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: sk@samgtu.ru

BUZOVSKAYA Yana Al.
Senior Lecturer of the Reinforced Concrete Structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: jana69.71.95@mail.ru

Для цитирования: *Прокопович А.А., Бузовская Я.А.* Экспериментальные исследования прочности железобетонных балок с восстановленным защитным слоем // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 19–34. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.03.
For citation: Prokopovich A.A., Buzovskaya Ya.A. Experimental studies of the strength of reinforced concrete beams with a restored protective layer. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 19–34. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.03.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ЖУРНАЛ INNOVATIVE PROJECT

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

Основан в 2016 году. Учредителем журнала является Самарский государственный технический университет
Журналу присвоен международный номер периодических изданий ISSN 2500-3437

Статьи, представленные для публикации в журнале, проходят обязательное независимое рецензирование, рецензентами выступают члены редакционной коллегии и ведущие российские ученые, работающие в сфере научной тематики журнала

Журнал выходит по следующим тематическим специальностям:

- Архитектура и градостроительство:
  2.1.11. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия
  2.1.12. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности
  2.1.13. Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов
- Прикладное искусство и дизайн:
  5.10.1. Теория и история искусства

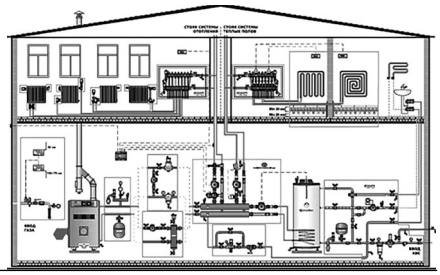
Журнал индексируется: РИНЦ, Crossref.
Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНАЯ

ТЕРЯГОВА Александра Николаевна
кандидат архитектуры, главный редактор

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, АСА СамГТУ
Техническая поддержка:
Филиппов Василий Дмитриевич
Телефон: +7 (846) 339-14-59
E-mail: filippov.vd@samgtu.ru

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ



УДК 628.336

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.04

В. И. АКСЕНОВ
И. И. НИЧКОВА
Л. И. УШАКОВА

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ В ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМАХ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

PROBLEMS OF PRECIPITATION TREATMENT IN CLOSED WATER MANAGEMENT SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Статья посвящена решению актуальных задач создания и совершенствования замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий. Приводится обзор и подробный анализ реализации федеральной программы «Отходы» в действующих региональных центрах Российской Федерации. При проведении анализа авторы определили и решили следующие задачи: обоснование необходимости создания замкнутых систем водного хозяйства (ЗСВХ); определение субъектного состава, необходимого для разработки ЗСВХ; выбор технологических схем и соответствующего оборудования. В статье проиллюстрирован опыт реализации федеральной программы «Отходы» в различных регионах Российской Федерации, который свидетельствует о кооперации предприятий, где образуются промышленные отходы, с предприятиями, где они перерабатываются и используются в качестве сырья или утилизируются. На основе рассмотрения видов промышленных стоков и направлений деятельности предприятий авторы пришли к выводу о целесообразности специальной обработки промышленных стоков перед утилизацией непосредственно на месте их образования с получением высушенного конечного продукта, которая должна проводиться в соответствии с нормативными требованиями в сфере обращения с отходами.

Ключевые слова: *водное хозяйство промпредприятий, отходы промпредприятий, осадки сточных вод, оборотные и замкнутые системы, обращение с осадками, обезвоживание осадков, утилизация осадков*

The article is devoted to solving urgent problems of creating and improving closed water management systems of industrial enterprises. An overview and detailed analysis of the implementation of the federal program "Waste" in the existing regional centers of the Russian Federation is provided. During the analysis, the authors identified and solved the following tasks: justification of the need for the creation of closed water management systems (ZSVH); determination of the subject composition required for the development of SPM; selection of process diagrams and corresponding equipment. The article illustrates the experience of implementing the federal program "Waste" in various regions of the Russian Federation, which testifies to the cooperation of enterprises where industrial waste is generated with enterprises where it is processed and used as raw materials or disposed of. Based on the consideration of the types of industrial effluents and the directions of activities of enterprises, the authors came to the conclusion about the advisability of special treatment of industrial effluents before disposal directly at the site of their formation to obtain a dried final product, which should be carried out in accordance with regulatory requirements in the field of waste management.

Keywords: *water management of industrial enterprises, industrial waste, sewage sludge, circulating and closed systems, precipitation management, precipitation dewatering, precipitation disposal*

В настоящее время развитие водного хозяйства промышленных предприятий идет путем создания на них замкнутых систем водного хозяйства (ЗСВХ) [1–5]. В результате внедрения таких систем: 1) значительно сокращается потребление свежей воды, так как вся вода циркулирует в оборотных системах, т. е. создаются замкнутые циклы водопользования; 2) уменьшается загрязнение окружа-

CC BY

ющей природной среды, так как отходы систем водного хозяйства (под которыми подразумеваются, прежде всего, образующиеся при обработке промышленных стоков различные осадки) поступают на утилизационную переработку и в дальнейшем используются в народном хозяйстве.

При разработке ЗСВХ промышленных предприятий необходимо решить следующие основные задачи.

Во-первых, должна появиться объективная необходимость создания ЗСВХ промышленных предприятий. При этом руководство любого промышленного предприятия должно само «захотеть» и начать создавать у себя такую систему. Насильно внедрять эту систему не получается [6].

Во-вторых, необходимо определить состав команды разработчиков, в которую должны входить инженеры-водники, строители, механики, экономисты и, по необходимости, другие специалисты. То есть при разработке и внедрении ЗСВХ промышленных предприятий участвуют заказчик (предприятие), научно-исследовательские, проектные, строительно-монтажные и пусконаладочные организации.

В-третьих, следует разработать новые технологические решения по обработке различных промышленных стоков (травильных стоков, маслосодержащих стоков, взвесьсодержащих стоков и, главное, поверхностных стоков с промышленной площадки завода), а также осуществить подбор необходимого оборудования, материалов и реагентов.

В-четвертых, надо решить наиболее сложную и дорогостоящую проблему: обработку осадков промышленных сточных вод, на которую приходится около 70 % всех затрат очистного комплекса.

Получаемые осадки являются отходами производства и не могут без специальной обработки направляться на дальнейшую утилизацию [7–9]. Этот процесс называется *обращение с отходами*, в данном случае – с осадками. В результате осадки должны быть переработаны непосредственно на промпредприятии с получением высушенного продукта. Органосодержащие осадки (например маслосодержащие) должны быть уничтожены на установке сжигания.

Напомним, что обращение с осадками – это деятельность, в процессе которой они образуются, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию и транспортированию осадков. Здесь же осуществляется их паспортизация. Одновременно проводится правовое регулирование в области обращения с осадками.

Разработаны и внедрены основные принципы государственной политики в области обращения с осадками. Здесь основное внимание уделено охране здоровья человека, поддержанию или восстановлению благоприятного состояния окружающей природной среды и сохранению биологического разнообразия.

Свойства осадков определяются составом входящих в них компонентов. Осадки могут разделяться по составу на три категории: минеральные, органические и смешанные. Огромное значение имеет фазово-дисперсионный состав веществ осадка. Основной операцией обработки является их обезвоживание. Осадки условно разделяются на три вида по их водоотдаче: хорошо-, средне- и труднофильтруемые. Первый вид – преимущественно кристаллические либо крупные аморфные частицы, второй вид – мелкокристаллические либо мелкие минеральные безводные аморфные частицы. Обезвоживание таких осадков проблем не создает, так как достаточно давно и надежно отработан процесс их обезвоживания. Третий вид – мелкодисперсные частицы, сильнообводненные хлопьевидные частицы (например гидроксиды металлов), коллоидные растворы и др., но прежде всего – смеси этих компонентов. Осадки сточных вод практически всегда представляют собой полидисперсные системы, в которых именно мелкие фракции делают осадок труднофильтруемым. Комплексным показателем, определяющим фильтровальные характеристики таких осадков, является величина удельного сопротивления осадка. Но для выбора технологии обработки этих осадков на практике используют и другие показатели – прежде всего скорость осаждения, а также плотность, величину сжимаемости, предел прилипания.

Процесс обезвоживания осадков является, как правило, многоступенчатым. Он включает в себя операции кондиционирования осадка, его обезвоживание, транспортировку, утилизацию или складирование. Оптимальное решение узла обезвоживания может быть найдено только при рассмотрении его как единой системы, с учетом взаимосвязи технико-экономических параметров его отдельных процессов и сооружений. При этом суммарные затраты по всей схеме обезвоживания должны быть минимальными.

Справедливо считается, что обезвоженные осадки должны быть утилизированы. В данном случае под утилизацией понимают любую полезную обработку осадков с целью их дальнейшего использования, складирования и уничтожения. Конечно, оптимальным решением проблемы была бы утилизация, но осадки – это не кондиционное сырье, а постоянно меняющаяся продукция, часто достаточно токсичная, агрессивная, пожароопасная. Поэтому подходы к проблеме обработки осадков должны строиться на том, что эвакуация необработанных осадков чрезвычайно опасна для принимающей их окружающей среды.

В промышленности образуется огромное количество разнообразных осадков. Перечислить эти осадки и методы их обработки – трудновыполнимая задача.

Еще в 1996 году была принята Федеральная программа «Отходы», по которой на работы по утилизации осадков были выделены значительные ресурсы из всех источников, в том числе из федерального бюджета. В программе было предусмотрено создание нескольких региональных центров по переработке отходов – в Перми, Первоуральске, Калуге, Москве и других городах России. Однако до сих пор реальные результаты неудовлетворительные. В этой работе субъекты федерации должны рассчитывать только на свои силы. Поэтому появились местные программы переработки отходов (Екатеринбург, Уфа и др.), в которых каждый промузел ориентируется на подходящее для своих условий решение.

Имеется весьма интересный опыт, накопленный в Москве, которым постоянно пользуются [10]. По решению правительства города создано и функционирует Московское государственное унитарное предприятие «Промотходы», состоящее из следующих подразделений:

- техническая инспекция;
- управление рекультивацией и эксплуатацией полигонов;
- групповые очистные сооружения промышленной канализации;
- опытное производство по переработке отходов машиностроительной промышленности;
- отдел учета, сбора и переработки ртутьсодержащих отходов;
- отдел вторичных материальных ресурсов;
- отдел координации и перспективного развития;
- центр экологических проектов и программ.

Основными направлениями деятельности предприятия являются:

- создание общегородской системы централизованного удаления и переработки всех видов отходов промышленных предприятий Москвы и Московского региона;
- развитие системы экологического контроля, правового регулирования, нормативно-методического и информационного обеспечения обращения с отходами;
- координация работ, направленных на сокращение промышленных отходов города.

Для решения поставленных правительством Москвы задач и было создано МГУП «Промотходы». В нем имеется специализированное автотранспортное предприятие городской системы сбора промышленных отходов и вторичных материальных ресурсов для их дальнейшей переработки. МГУП «Промотходы» является также соучредителем различных экологических ассоциаций предприятий – переработчиков промышленных и бытовых отходов, таких как агентство «Ртутьсервис», в состав которого входят организации, специализирующиеся на решении проблем ртутной опасности; «Вторэкоиндустрия», разрабатывающая и внедряющая технологии использования вторичных материальных ресурсов и включающая в себя предприятия по их сбору и переработке.

Но проблема – кто должен перерабатывать образующиеся осадки – весьма непроста. Естественно, осадки – это часть технологического процесса (как и все отходы), и полную ответственность за них несет предприятие, на котором они образовались. Однако практически всегда переработка осадков на самом предприятии – дело «непрофильное», в котором само предприятие никак не заинтересовано. Наглядный пример – переработка гальванических стоков на машиностроительном заводе. Поэтому всегда эту проблему переработки необходимо решать отдельно, и здесь предприятиям требуется помощь. В противном случае действующий завод образующиеся осадки (отходы) все равно будет куда-то «пристраивать», что на самом деле означает в лучшем случае накопление их на своей площадке, в худшем – неконтролируемое «размещение» на местности. В настоящее время складывается следующая схема переработки: предприятие накапливает и подготавливает свои отходы (нейтрализует, корректирует, обезвоживает, сушит и др.) для их транспортировки к месту переработки. Наилучший вариант – когда подготовленные отходы строго по графику забираются у предприятия организацией-переработчиком. Предприятием-переработчиком может быть цементный завод либо другое предприятие стройиндустрии. Эту роль может выполнять и само предприятие (которое обычно этим и занимается) или любое предприятие, основная технология или очистные сооружения которого готовы принимать подготовленные осадки (отходы).

Так, установка Верх-Исетского завода в Екатеринбурге традиционно принимает жидкие неутилизируемые отходы почти от тридцати промышленных предприятий города для уничтожения маслоотходов методом сжигания. Следует отметить, что практика огневого уничтожения промышленных и бытовых отходов пополнилась в последнее время новыми технологическими решениями. Кроме этого, в городе функционирует муниципальное предприятие по переработке промышленных отходов. В его состав входит цех по переработке ртутьсодержащих отходов (ламп, светильников и др.), участок хранения и переработки особо опасных промышленных отходов;

планируется организовать цех по переработке жидких отработанных концентрированных отходов (электролитов, растворов, элюатов и пр.).

В других промышленных центрах Российской Федерации также функционируют различные природоохранные структуры. Так, в Челябинске имеется Методический центр по экологии и природопользованию, который в том числе занимается разработкой нормативно-технической и организационно-правовой документации по экологической безопасности.

В качестве примера приведем технологическую схему обработки осадков, образующихся при очистке сернокислых железосодержащих промывных вод травильных отделений [11].

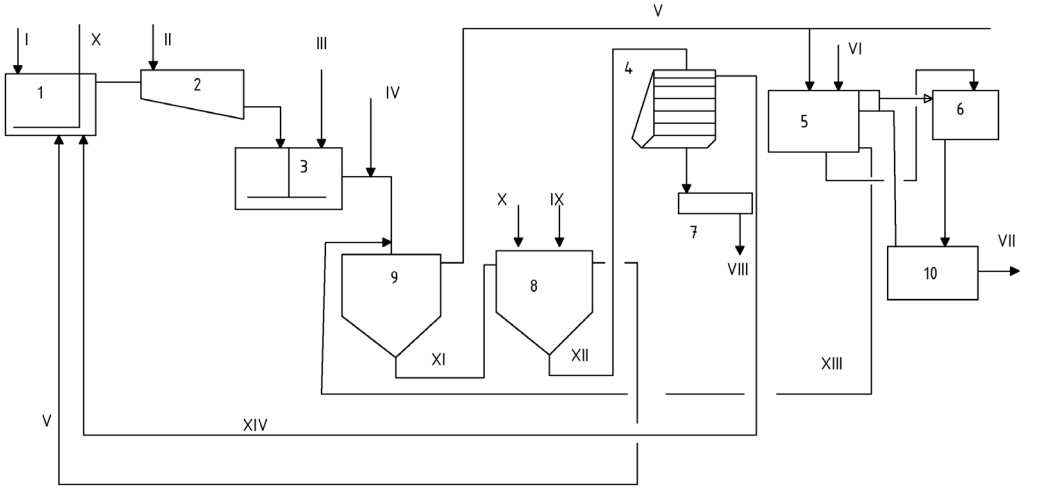
Технологическая схема обработки промывных вод по замкнутому циклу приведена на рисунке и включает следующие процессы: нейтрализацию промывных вод 5 %-м известковым молоком до pH = 9–10; добавление (при необходимости) в нейтрализованный сток флокулянта (ПАА, «Праестол» и др.) и затравки активного гипса; отстаивание обработанной воды в вертикальных непрерывнодействующих отстойниках; разбавление (при необходимости) и доочистку осветленной воды на кварцевых фильтрах. После такой обработки вода сразу направляется на повторное использование (если возможно) или подвергается обессоливанию (частичному или полному).

После отстаивания объем образующегося осадка составляет около 28 % от объема обработанного стока. В осадок поступает гипс и гидроксид железа.

Кроме того, технологическая схема предусматривает получение из $Fe(OH)_2$ магнетитового осадка, для чего осадок из отстойников собирается в камере получения магнетита, нагревается до 65–70 °С, далее в камеру добавляется известковое молоко до получения pH = 10,5–11,0, после чего в нагретый осадок для окисления железа подается воздух в течение 35–40 мин. Полученный так называемый «черный осадок» (водный магнетит) отстаивается в течение одного часа.

Объем отстоявшегося осадка составляет около 1/3 части от исходного; его собирают и подают на механическое обезвоживание.

В осадок переходят имеющиеся в исходной воде: взвешенные вещества – 0,1 кг/м^3 (всего 2 кг/ч), нефтепродукты, собирающиеся на гидроксидах, – 0,01 кг/м^3 (всего 0,2 кг/ч) и весь флокулянт и затравка, если мы их добавляем.



Технологическая схема очистки и повторного использования
кислых железосодержащих промывных вод травильных отделений:
1 – накопитель-усредитель; 2 – смеситель; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – фильтр-пресс ; 5 – фильтр; 6 – насосная станция; 7 – сушилка СВ*Л*; 8 – камера получения магнетита; 9 – отстойник; 10 – резервуар очищенной воды;
I – промывные воды; II – щелочь; III – затравка; IV – флокулянт; V – осветленная вода; VI – вода для подпитки системы; VI I – очищенная вода на деминерализационную установку и в производство; VIII – сухой осадок на утилизацию или в отвал; IX – пар; X – воздух; XI – осадок; XII – уплотненный магнетитовый осадок; XIII – вода от промывки фильтра; XIV – фильтрат

Technological scheme for purification and reuse of acidic
iron-containing wash water from pickling departments:
1 – equalization tank; 2 – mixer; 3 – flocculation chamber; 4 – filter press; 5 – filter; 6 – pumping station; 7 – dryer; 8 – magnetite production chamber; 9 – settling tank; 10 – cleaning water tank;
I – washing waters; II – alkali; III – seed; IV – flocculant; V – clarified water; VI – water for the make-up system; VI I – purified water for the demineralization plant and in production; VIII – dry sludge for disposal or disposal; IX – steam; X – air; XI – sediment; XII – magnetite sludge; XIII – water from filter washing; XIV – filter

В качестве аппаратов для механического обезвоживания полученного труднофильтруемого осадка могут быть использованы камерные фильтр-прессы (например рамные), вакуум-фильтры со сходящим полотном, сепараторы. В каждом случае подбор производится после проведения необходимых лабораторных исследований.

После обезвоживания осадок влажностью около 75 % высушивается, что предлагается сделать с использованием вальцеволенточной сушилки. Высушенный осадок складируется и далее направляется на цементный завод в качестве 3 %-й добавки к исходному сырью.

Приведем другой пример [12]. При обработке стоков горно-обогатительных комбинатов, в зависимости от содержания ионов тяжелых металлов и особенно сульфатов, образуются осадки трех типов: на первом этапе нейтрализации известковым молоком, отстаивания и механического обезвоживания получаемых осадков в них содержатся гидроксиды ионов тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Fe и др.) и гипс. При перещелачивании для дальнейшего удаления сульфатов в осадке содержится гипс (до 99 %) для удаления избытка извести путем рекарбонизации в осадке образуется до 99,9 % карбоната кальция. Первый осадок утилизируется в производстве цемента; из второго осадка по известной технологии легко получается строительный гипс; третий осадок – готовый алебастр.

Выводы

При разработке замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий наиболее сложной и дорогостоящей проблемой является обработка осадков промышленных сточных вод, на которую приходится около 70 % всех затрат очистного комплекса. Получаемые осадки являются отходами производства и не могут без специальной обработки направляться на дальнейшую утилизацию. Технология обработки осадков является, как правило, многоступенчатой и включает в себя операции кондиционирования осадка, его обезвоживания, транспортировку, утилизацию или складирование. Осадки, как и все отходы, являются частью технологического процесса, и полную ответственность за них несет предприятие, на котором они образовались. При обезвоживании из осадка выделяется вода (фильтрат), повторно используемая в производстве. Обезвоженный нейтральный осадок используется в качестве добавки, например при производстве строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водное хозяйство промышленных предприятий: справ. изд. Кн. 2 / В. И. Аксенов, Ю. А. Галкин, М. Г. Ладыгичев [и др.]; под ред. В. И. Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. 432 с.

2. *Panagopoulos A.* Brine management (saline water & wastewater effluents): Sustainable utilization and resource recovery strategy through Minimal and Zero Liquid Discharge (MLD & ZLD) desalination systems // Chemical Engineering and Processing-Process Intensification. 2022. V. 176. P. 108944. DOI: 10.1016/j.cep.2022.108944.

3. Zero-liquid discharge treatment of wastewater from a fertilizer factory / Zueva S. B. [et al.]. // Sustainability. 2020. V. 12. N. 1. P. 397. DOI: 10.3390/su12010397.

4. *Бутко Д.А.* Теоретические аспекты схем обработки осадка // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 4–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.01.

5. *Кичигин В.И., Юдин А.А.* Экспериментально-статистические модели влагоотдачи обработанной реагентами смеси сырого осадка и уплотненного активного ила // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 1. С. 4–11. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.01.

6. *Царев Н.С., Аксенов В.И.* Проблемы внедрения наилучших доступных технологий на промышленных предприятиях // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75, № 3. С. 373–378. DOI: 10.32339/0135-5910-2019-3-373-378.

7. *Aksenov V. I., Tsarev N. S., Yasnitskaya K. V.* Treatment of the Combined Sludges of Machine Factories // Procedia Engineering. 2016. V. 150. P. 2405–2408. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.302.

8. *Ксенофонтов Б.* Инженерные проблемы обезвоживания осадков сточных вод // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 9. С. 4–7. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-9-4-7.

9. Выбор эффективной технологии утилизации осадков сточных вод / Янцен О. В. [и др.] // Природообустройство. 2020. № 5. С. 117–123. DOI: 10.26897/1997-6011-2020-5-117-123.

10. *Иванов В.В., Кочуров А.В., Саматов А.В.* Новая система оперативного учета в области обращения с опасными отходами Москвы // Экология и промышленность России. 2006. № . 7. С. 20–21.

11. Обработка агрессивных промышленных стоков / В.Ф. Балакирев [и др.]. М.: РАН, 2019.115 с.

12. *Вараева Е.А., Аксенов В.И.* Водное хозяйство горно-обогатительных комбинатов: проблемы и пути решения // Вода Magazine. 2016. № 1. С. 28–33.

REFERENCES

1. Aksenov V. I., Galkin Yu. A., Ladygichev M. G. *Vodnoe hozjajstvo promyshlennyh predprijatij: sprav. izd. Kn. 2* [Water facilities of industrial enterprises: ref. ed. Kn. 2]. Moscow, Heating Engineer, 2005. 432 p.

2. Panagopoulos A. Brine management (saline water & wastewater effluents): Sustainable utilization and resource recovery strategy through Minimal and Zero Liquid Discharge (MLD & ZLD) desalination systems. Chemical Engineering and Processing-Process Intensification. 2022. V. 176. P. 108944. DOI: 10.1016/j.cep.2022.108944

3. Zueva S. B. [et al.]. Zero-liquid discharge treatment of wastewater from a fertilizer factory. Sustainability. 2020. V. 12. N. 1. P. 397. DOI: 10.3390/su12010397

4. Butko D.A. Theoretical aspects of sludge treatment schemes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 4–10. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.01

5. Kichigin V.I., Yudin A.A. Experimental and Statistical Models Moisture Release of the Mixture Treated with Reagents Raw Sludge and Compacted Active Sludge. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 4–11. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.01

6. Tsarev N.S., Aksenov V.I. Problems of implementation of the best available technologies at industrial enterprises. *Chernaja metallurgija. Bjulleten' nauchno-tehnicheskoj i jekonomicheskoj informacii* [Ferrous metallurgy. Scientific, technical and economic information bulletin], 2019, vol. 75, no. 3, pp. 373–378. (in Russian) DOI: 10.32339/0135-5910-2019-3-373-378

7. Aksenov V. I., Tsarev N. S., Yasnitskaya K. V. Treatment of the Combined Sludges of Machine Factories. Procedia Engineering. 2016. V. 150. P. 2405–2408. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.302

8. Ksenofontov B. Engineering problems of sewage sludge dehydration. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2018, vol. 22, no. 9, pp. 4–7. (in Russian) DOI: 10.18412/1816-0395-2018-9-4-7

9. Janzen O. V. Selection of efficient waste water sludge disposal technology. *Prirodoobustrojstvo* [Environmental Engineering], 2020, no. 5, pp. 117–123. (in Russian) DOI: 10.26897/1997-6011-2020-5-117-123

10. Ivanov V.V., Kochurov A.V., Samatov A.V. New system of operational accounting in the field of hazardous waste management in Moscow. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2006, no. 7, pp. 20–21. (in Russian)

11. Balakirev V.F. *Obrabotka agressivnyh promyshlennyh stokov* [Treatment of aggressive industrial effluents]. Moscow, RAN, 2019. 115 p.

12. Varaeva E.A., Aksenov V.I. Water management of mining and processing plants: problems and solutions. Water Magazine. 2016. N 1. P. 28–33.

Об авторах:

АКСЕНОВ Валентин Иванович
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры водного хозяйства и технологии воды
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17
E-mail: aksvi@bk.ru

НИЧКОВА Ирина Ивановна
кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры водного хозяйства и технологии воды
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17
E-mail: nii.7@mail.ru

УШАКОВА Людмила Ивановна
кандидат технических наук, доцент кафедры водного хозяйства и технологии воды
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17
E-mail: light_uli@mail.ru

AKSENOV Valentin Iv.
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Water Management and Water Technology Chair
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
620002, Russia, Ekaterinburg, Mira st., 17
E-mail: aksvi@bk.ru

NICHKOVA Irina Iv.
PhD of Chemistry, Associate Professor, Associate Professor of the Water Management and Water Technology Chair
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
620002, Russia, Ekaterinburg, Mira st., 17
E-mail: nii.7@mail.ru

USHAKOVA Lyudmila Ivanovna
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor of the Water Management and Water Technology Chair
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
620002, Russia, Ekaterinburg, Mira st., 17
E-mail: light_uli@mail.ru

Для цитирования: Аксенов В.И., Ничкова И.И., Ушакова Л.И. Проблемы обработки осадков в замкнутых системах водного хозяйства промышленных предприятий // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 35–40. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.04.

For citation: Aksenov V.I., Nichkova I.I., Ushakova L.I. Problems of precipitation treatment in closed water management systems of industrial enterprises. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 35–40. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.04.

УДК 628.221 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.05

Н. В. МАСЛОВА
С. А. АНЦИФЕРОВ
***Л.* В. ГРЫЗУНОВА**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОКРОВА ДЛЯ ПОЧВЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТОКА СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

DETERMINATION OF THE COVER COEFFICIENT FOR SOIL SURFACES OF THE RUNOFF OF RESIDENTIAL AREAS

В связи с постоянным ростом тарифов в области коммунального хозяйства всё более остро встаёт проблема необходимости точного расчёта объёма поверхностного стока, который должен учитывать не только ландшафтные особенности местности, но и водопоглощающие свойства грунта и покрытий. Цель настоящей работы – определить коэффициент покрова z_i для наиболее характерных типов естественных и искусственных поверхностей. Научная новизна заключается в доработке существующей методики, изложенной в «Рекомендациях ГНЦ РФ ФГУП НИИ ВОДГЕО», в частности установлении математической зависимости значения коэффициента покрова z_i от фракционного состава грунта для определения коэффициента поверхностного стока Ψ, на котором базируются коммерческие расчёты за водоотведение дождевых и талых вод в систему ливневой канализации.

Ключевые слова: *коммунальное хозяйство, селитебные территории, объём поверхностного стока, ливневая канализация, коэффициент покрова, коэффициент поверхностного стока, почвы селитебных территорий, гранулометрический состав*

Due to the constant increase in tariffs in the field of public utilities, the problem of the need for accurate calculation of the volume of surface runoff is becoming more acute, which must take into account not only the landscape features of the area, but also the water-absorbing properties of the soil and coatings. The purpose of this work is to determine the coefficient of coverage z_i for the most characteristic types of natural and artificial surfaces. The scientific novelty lies in the refinement of the existing methodology set out in the "Recommendations of the State Scientific Research Center of the Russian Federation FSUE Scientific Research Institute VODGEO", in particular, the establishment of a mathematical dependence of the value of the coefficient of cover z_i on the fractional composition of the soil to determine the coefficient of surface runoff Ψ, on which commercial calculations for the drainage of rain and meltwater into the storm sewer system are based.

Keywords: *municipal services, residential territories, volume of surface runoff, storm sewer, coefficient of cover, coefficient of surface runoff, soils of residential territories, granulometric composition*

Значительный рост тарифов в коммунальной сфере, в частности в области отведения поверхностного ливневого стока, вызывает обеспокоенность у потенциальных абонентов, к которым относятся муниципальные и производственные предприятия, жилой сектор.

Даже в рамках г. Тольятти услуги различных организаций, занимающихся водоотведением, различаются почти в 4 раза. В Автозаводском районе ответственность за содержание ливневой канализации несет АО «ТЕВИС», в Центральном и Комсомольском районе – муниципальная компания АО «ПО КХ г.о. Тольятти».

По данным Администрации г. Тольятти тарифы за водоотведение поверхностного стока за последние 4 года выросли на 40 % в АО «ТЕВИС» и на 249 % в АО «ПО КХ г.о. Тольятти».

Экономическая ситуация в стране не позволяет надеяться на позитивные изменения тарифов в коммунальной сфере, соответственно поиск компромиссного решения между коммунальными службами и абонентами является важным шагом к удовлетворению обеих сторон.

Ранее авторами был предложен, при участии АО «ПО КХ г.о. Тольятти», и успешно апробирован способ расчёта площадей поверхностного стока с учётом микрорельефа [1].

Ещё одним путем решения обозначенной проблемы является более точный расчёт объёма поверхностного стока, который учитывает не только ландшафтные особенности местности (микрорельеф, тип покрытия), но и водопоглощающие свойства этих поверхностей.

CC BY

Согласно применяемому алгоритму расчёта по [2], вид поверхности или площади стока разбит на группы, для которых применяется общий коэффициент стока $\Psi_д$. Данный коэффициент удобен в расчёте, однако не учитывает местные особенности почв, которые в условиях городов Поволжья весьма разнообразны и обладают большим диапазоном влагоёмкости. Если для твёрдых покрытий (кровли и асфальтобетонные покрытия) $\Psi_д$ достаточно стабилен, то для естественных почвенных поверхностей он может значительно изменяться и зависеть от типа растительности, механических свойств и т. д. Настоящая работа посвящена уточнению коэффициентов покрова z_i для различных видов поверхности стока, на который опирается определение общего коэффициента стока $\Psi_д$.

Обследование территорий при расчёте фактического поверхностного стока в сети дождевой канализации выявило определённые недостатки методики [2], в которой не вполне детально рассмотрен вопрос о водопоглощающей характеристике поверхности. При проектировании городской системы ливневой канализации усреднённые данные водопоглощения поверхности выражены коэффициентом стока $\Psi_д$ и определяются как средневзвешенная величина для всей площади водосбора с учетом средних значений коэффициентов стока для различного рода поверхности. В настоящее время при заключении договоров между коммунальными службами и абонентами расчёт среднегодового количества дождевых вод $W_д$ определяется строго по нормативу. Следует учесть, что нормативные документы [2, 3] главным образом направлены на проектирование систем канализации для обеспечения расчётной пропускной способности трубопроводов и не учитывают множество тонкостей расчёта фактического стока.

Цель работы: определить коэффициент покрова z_i для наиболее характерных типов естественных поверхностей в г. Тольятти.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Выявить характерные типы почв и места отбора образцов на территории районов города.

2. Провести лабораторные исследования отобранных образцов на предмет определения их физико-механических свойств.

3. Определить коэффициент покрова z_i для различных видов поверхности стока.

В работе применялись методы исследования: системный и факторный анализ, метод экспертных оценок.

Для поверхностей водостока с растительным слоем, дорог и площадок без твёрдого покрытия применяется термин «почва» – это покровный слой, сформированный в результате совместного действия различных природных биологических и антропогенных факторов.

Доля осадков, которая превышает величину инфильтрации, расходуется на образование пленки и на заполнение бессточных неровностей на поверхности, т. е. расходуется на так называемое поверхностное задержание. Идущая на поверхностный сток и перехватываемая дождеприемниками часть осадков (за вычетом потерь на перехват, испарение в период ливня, аккумуляцию в неровностях поверхности и инфильтрацию) представляет собой общий слой стока. Количество перехваченной воды зависит от характера ливня, вида и плотности растительного покрова, сезона года. Отношение объема поверхностного стока на водосборе в течение одного ливня к общему объему осадков, выпавших за время этого ливня, называется коэффициентом поверхностного стока Ψ и определяется по формуле

$$\psi = Z \cdot q^{0,2} \cdot t^{0,1}, \quad (1)$$

где Z – коэффициент вида поверхности; q – интенсивность дождя, л/с на 1 га; t – продолжительности дождя, мин.

Сеть отведения ливневого стока обслуживает территории, имеющие различные поверхности: с твёрдыми покрытиями и без них. Для упрощения расчетов обычно находят среднее значение коэффициента стока по заданной территории. Его определяют путем умножения относительной площади водосбора (с покрытием или без него) на соответствующий коэффициент. Сумма полученных значений дает среднее значение коэффициента стока [2, пп. 6.2.6 и 7.3].

Использование усреднённых коэффициентов значительно упрощает проектирование, особенно при новом строительстве, когда не известны точные характеристики поверхностей. При коммерческих расчётах за водоотведение дождевых и талых вод возникает необходимость точного определения количества воды, поступающего в дождеприёмные колодцы. В этом случае необходимо знать, какая часть воды задерживается разными видами почв.

Научная новизна настоящей работы заключается в доработке существующей методики, изложенной в «Рекомендациях по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты», разработанной ГНЦ РФ

ФГУП НИИ ВОДГЕО [2], в частности в установлении математической зависимости и возможности точного расчёта коэффициента покрова z_i, для определения коэффициента поверхностного стока Ψ, на котором базируются коммерческие расчёты за водоотведение дождевых и талых вод в систему ливневой канализации.

Поскольку оценка влажности связана со многими трудностями, обусловленными неоднородностью ее распределения в почве, влиянием атмосферы, растительного покрова и других природных факторов, надежные результаты могут быть получены лишь при комплексном использовании различных методов, дополняющих друг друга [4, 5].

Площадь Тольятти составляет 31 480 га, из них селитебные территории – 5 270 га (16,7 %); промышленные зоны – 5 533 га (17,6 %); территории, занятые транспортной инфраструктурой, – 1 030 га (3,3 %); лесопарковая зона – 8040 га (25,5 %); земли сельскохозяйственного использования – 724 га (2,3 %).

Дерново-подзолистые почвы левобережья Ставропольского района формировались под влиянием пойменных сосновых лесов на лёгких песчаных субстратах. Дерновые и выщелоченные черноземы образовались под воздействием широколиственных лесов при периодически промывном режиме. Формированию почв открытых пространств способствовала разнотравно-злаковая растительность на поверхностных суглинках. Прибрежная полоса занята аллювиальной почвой [6].

Особенностью грунтовых поверхностей в Тольятти является наличие обширных техногенных искусственных почв. Они образовывались в результате хаотичного перемешивания компонентов в процессе строительства, а в жилой застройке верхний плодородный слой перемещался и восстанавливался после завершения земляных работ. Таким образом, можно выделить следующие типы почв:

- черноземы типичные среднегумусные;
- черноземы выщелоченные;
- черноземы оподзоленные;
- пойменные (аллювиальные);
- дерново-подзолистые.

Черноземы типичные среднегумусные и выщелоченные занимают около 80 % селитебной территории г. Тольятти, преобладают в Автозаводском (обозначены символом ●) и Центральном (обозначены символом **o**) районах. В Комсомольском районе распространены песчаные и дерново-подзолистые почвы (обозначены символами × и *) (рис. 1).

Большая часть дождеприёмников в городе размещена на автомобильных дорогах в жилых и промышленных секторах. Муниципальные

Рис. 1. Места отбора проб почвы в г. Тольятти:
А – Автозаводский район; Ц – Центральный район; К – Комсомольский район
Fig. 1. Soil sampling sites in Tolyatti A – Avtozavodsky district; C – Central district; K – Komsomolsky district

объекты, лечебные, учебные заведения, как правило, находятся в жилой застройке. Поэтому целесообразно проводить отбор проб почв на территории этих объектов и вблизи дорог, чем и обусловлен выбор точек. Отбор проб почвы осуществлялся согласно требованиям ГОСТа [7] и Приказу [8].

Гранулометрический состав почв и почвообразующих пород характеризуется относительным содержанием в почве элементарных почвенных частиц разного размера независимо от их минералогического и химического состава и определяется массовым процентом фракций. Гранулометрический состав почв отражает содержание минеральных частиц в мелкоземе, в состав которого входят частицы менее 1 мм [9].

Приведем классификацию механических элементов почв по Н.А. Качинскому (1957 г.):

Граничные значения, мм	Название фракции
< 0,0001	Коллоиды
0,0001 – 0,0005	Тонкий ил
0,0005 – 0,001	Грубый ил
0,001 – 0,005	Мелкая пыль
0,005 – 0,01	Средняя пыль
0,01 – 0,05	Крупная пыль
0,05 – 0,25	Тонкий песок
0,25 – 0,5	Средний песок
0,5 – 1	Крупный песок
1 – 3	Гравий
Больше 3	Каменистая часть почвы

Основным параметром при расчёте коэффициента поверхностного стока Ψ_i является коэффициент вида поверхности z_i, а интенсивность и продолжительность дождя – случайными переменными. Поэтому необходимо найти взаимосвязь коэффициента z_i с какой-либо физико-механической характеристикой почвы [2]. Значения коэффициента стока Ψ_i и коэффициента покрова z для разного вида поверхностей согласуются с типом почвы и, очевидно, с её составом. Таким образом, в качестве исходного параметра для расчёта z можно использовать гранулометрический состав почвы.

Отобранные образцы были просушены в лабораторном помещении при средней температуре +22 °С, влажности воздуха 42 %. Просушенная почва размята в ступке, из пробы удалены посторонние включения (крупные органические остатки, мелкие камни) на сите для песка по ГОСТ 32727-2014 с квадратной ячейкой 4 мм. На рис. 2 представлены отобранные образцы проб почвы в различных районах г. Тольятти.

Центральный район г. Тольятти

Комсомольский район г. Тольятти

Рис. 2. Образцы проб почвы
Fig. 2. Soil samples

Гранулометрический состав образцов определен при помощи ситового метода по ГОСТу [10]. Результаты вычисления гранулометрического состава грунтов следует определять с погрешностью до 0,1 %.

Для снижения вероятности ошибок проведен анализ не менее 5 образцов из разных точек по районам города. Результаты приведены в табл. 1. Так как разброс значений фракционного состава находится в пределах 20 %, т. е. состав почв практически идентичен, для контроля образцы были смешаны и получен средний гранулометрический состав для каждого района г. Тольятти.

Для описания и расчета основных физико-механических параметров почвы применяется непрерывная функция распределения. Вид графика может различаться в зависимости от фракционного состава проб. Интегральная кривая отражает суммарное содержание фракций мельче определенного диаметра Q_i и представляет собой, в общем виде, некую функцию $Q = f(d)$ (рис. 3). Принимая общее содержание частиц за 100 %, уравнение нормального распределения может быть записано как

Таблица 1. Фракционный состав проб почвы по районам города
Table 1. Fractional composition of soil samples by city districts

Район города	№ пробы	Фракционный состав, мм			
		>1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	<0,25
Автозаводский	1	16	32	28	24
	2	22	25	34	19
	3	20	24	42	14
	4	24	25	33	18
	5	19	22	38	21
Средний %		**20**	**26**	**35**	**19**
% частиц Q_i		**100,00**	**79,80**	**54,20**	**19,20**
Центральный	1	20	22	40	18
	2	18	23	31	28
	3	22	16	29	33
	4	19	22	34	25
	5	20	22	27	31
Средний %		**20**	**21**	**32**	**27**
% частиц Q_i		**100,00**	**80,20**	**59,20**	**27,00**
Комсомольский	1	82	9	7	2
	2	74	18	5	3
	3	76	11	8	5
	4	84	7	8	1
	5	78	11	6	5
Средний %		**79**	**11**	**7**	**3**
% частиц Q_i		**100,00**	**21,20**	**10,00**	**3,20**

$$F_G(d) = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp((-0{,}5\frac{d-\overline{d}}{\sigma})^2), \quad (2)$$

где d – средний размер частиц, величина которого зависит от метода усреднения, мм; σ – стандартное отклонение распределения вокруг среднего.

По оси ординат откладывается суммарное содержание фракций в процентах в нарастающем порядке от наименьшего диаметра к наибольшему. Разность ординат двух точек кривой однородности показывает, чему равно процентное содержание в почве частиц, диаметры которых находятся в пределах промежутка, соответствующего разности абсцисс этих двух точек [11]. Разбивая интегральную кривую на интервалы по оси абсцисс и откладывая соответствующие ординаты точек пересечения вертикальных линий с интегральной кривой для каждого интервала Δd_i, получаем ряд интервалов ΔQ_i. Усреднённое значение ΔQ_i для оценки фракции пробы обычно выбирается около 60 %.

Таким образом, почвы из Автозаводского и Центрального районов можно отнести к фракциям «средний песок» (0,25 – 0,5); из Комсомольского района – к «крупному песку» (0,5 – 1) согласно классификации Н.А. Качинского.

Опираясь на данные табл. 2 и классификации механических элементов почв, можно сопоставить значения коэффициента покрова z_i с размерами частиц почвы.

На рис. 4 представлен график зависимости коэффициента покрова z_i от фракционного состава почвы d, построенный по экспериментальным данным. Он отражает расчётную зависимость, которая описывается уравнением

$$Z_i = 0{,}074 \cdot d^{0{,}35}. \quad (3)$$

Графики имеют степенную зависимость и достаточно близко подходят друг к другу, критерий Пирсона $R^2 = 0{,}9959$.

Используя полученную зависимость (3), можно определить значение коэффициента покрова z_i от фракционного состава грунта d для районов г. Тольятти: Автозаводский, Центральный – 0,054; Комсомольский – 0,071. Следует

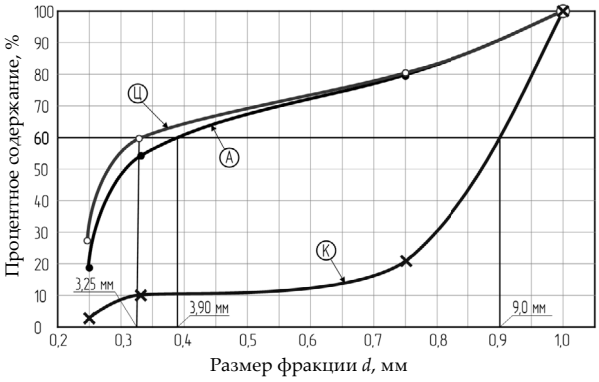


Рис. 3. Интегральное распределение частиц образцов почвы по размерам:
А – Автозаводский район; Ц – Центральный район;
К – Комсомольский район
Fig. 3. Integral particle size distribution of soil samples
A – Avtozavodsky district; C – Central district;
K – Komsomolsky district

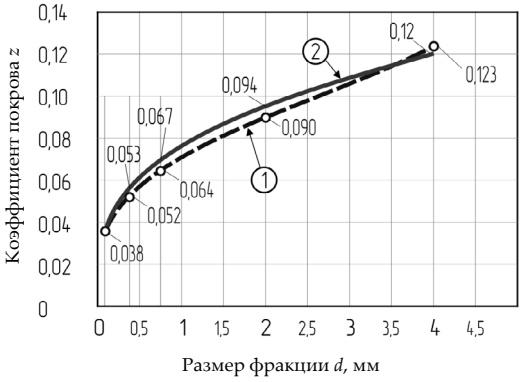


Рис. 4. Зависимость коэффициента покрова z_i от фракционного состава почвы d:
1 – экспериментальный; 2 – расчётный
Fig. 4. Dependence of the coefficient of cover z_i on the fractional composition of the soil d:
1 – experimental; 2 – calculated

Таблица 2. Значения коэффициента покрова z_i для разного вида поверхностей
Table 2. Values of the zi cover coefficient for different types of surfaces

Вид поверхности стока	Коэффициент покрова z_i	Размер фракции d, мм
Кровли и асфальтобетонные покрытия (водонепроницаемые поверхности)	0,33 – 0,23	
Брусчатые мостовые и щебеночные покрытия	0,224	
Булыжные мостовые	0,145	
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,123	Больше 3
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09	1 – 3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064	0,5 – 1
Грунтовые поверхности без растительности	0,52	0,25 – 0,5
Газоны, органо-минеральный грунт, содержащий от 3 до 50 % (по массе) органического вещества	0,038	0,05 – 0,25

отметить, что расчёт проведён для поверхности, практически свободной от растительности (грунтовые дороги, площадки хранения, стоянки, неблагоустроенные территории).

Выводы

1. В результате проделанной работы определены коэффициенты покрова z_i для наиболее характерных типов естественных поверхностей в г. Тольятти.

2. На основе анализа фракционного состава проб, отобранных в разных районах города, определено среднее (обобщённое) значение размеров частиц почвы d.

3. Установлено математическое соответствие и предложено уравнение, которое позволяет рассчитать коэффициент покрова z_i, при известном среднем значении размеров частиц почвы.

4. Научная новизна заключается в установлении математической зависимости и возможности точного расчёта коэффициента покрова z_i для определения коэффициента поверхностного стока Ψ, на котором базируются коммерческие расчёты за водоотведение дождевых и талых вод в систему ливневой канализации. Это будет способствовать более точным расчетам между абонентами и ресурсоснабжающими организациями, позволит прогнозировать работу ливневой канализации, снизит вероятность подтопления территорий, особенно городских дорог, и в целом повысит урбанистический комфорт в г. Тольятти.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Анциферов С. А., Маслова Н.В., Грызунова Л.В.* Влияние изменений ландшафта на формирование ливневого стока // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2022. № 4(23). С. 61–69. DOI: 10.36622/VSTU.2022.23.4.007.

2. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / сост. Ю.А. Меншутин, Л.М. Верещагина, А.С. Керин, Е.В. Фомичёва, А.Ю. Логунова. М.: НИИ ВОДГЕО, 2015. 146 с.

3. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями № 1, 2). Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2019.

4. *Пупырев Е.И.* Комплексные решения в системах ливневой канализации // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, № 5(116). С. 651–659. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.651-659.

5. *Теплых С. Ю.* Количественные характеристики поверхностного стока с железнодорожных путей // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 4(49). С. 42–51. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.06.

6. *Обущенко С. В., Гнеденко В.В.* Анализ плодородия почв Самарской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 4–1. С. 90–94.

7. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. 2019-01-01. М.: Стандартинформ, 2018.

8. О порядке проведения отбора проб почвогрунтов, их компонентов в целях определения их соответствия установленным экологическим требованиям // Приказ Правительства Москвы от 10 июля 2007 года № 89.

9. *Вадюнина А.Д., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М., 1986. 416 с.

10. ГОСТ 12536–2014. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2015.

11. *Роул А.* Основные принципы анализа размеров частиц // Техническая аннотация Malvern Instruments Limited. 2009. 12 с.

REFERENCES

1. Antsiferov S.A., Maslova N.V., Gryzunova L.V. The influence of landscape changes on the formation of storm runoff. *Zhilishhnoe hozjajstvo i kommunal'naja infrastruktura* [Housing and utilities infrastructure], 2022, no. 4(23), pp. 61–69. (in Russian) DOI: 10.36622/VSTU.2022.23.4.007

2. Menshutin Yu.A.,Vereshchagina L.M., Kerin A.S., Fomicheva E.V., Logunova A.Yu. *Rekomendacii po raschetu sistem sbora, otvedenija i ochistki poverhnostnogo stoka selitebnyh territorij, ploshhadok predprijatij i opredeleniju uslovij vypuska ego v vodnye ob#ekty* [Recommendations on calculation of systems for collection, disposal and treatment of surface runoff of residential areas, sites of enterprises and determination of conditions for its release into water bodies]. Moscow, NII VODGEO, 2015. 146 p.

3. SP 32.13330.2012. Sewerage. External networks and structures. Updated version of SNiP 2.04.03-85 (with Amendments N. 1, 2). Tikhanovskaya. Moscow, Standartinform, 2019. (In Russian)

4. Pupyrev E.I. Integrated Solutions in Storm Sewer Systems. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2018, vol. 13, no. 5(116), pp. 651–659. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.651-659

5. Teplykh S.Yu. Quantitative characteristics of surface runoff from railway tracks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 42–51. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.6

6. Obushchenko S.V., Gnedenko V.V. Soil fertility analysis of the Samara region. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij* [International Journal of Applied and Basic Research], 2015, no. 4–1, pp. 90–94. (in Russian)

7. GOST 17.4.4.02-2017. Conservation. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Tikhanovskaya. Moscow, Standartinform, 2018. (In Russian)

8. On the procedure for sampling soils and their components in order to determine their compliance with the established environmental requirements. Order of the Government of Moscow dated July 10, 2007 N. 89.

9. Vadyunina A.D., Korchagina Z.A. *Metody issledovanija fizicheskih svojstv pochv* [Methods for studying the physical properties of soils]. Moscow, 1986. 416 p.

10. GOST 12536-2014. Methods for laboratory determination of grain size distribution and microaggregation. Tikhanovskaya. Moscow, Standartinform, 2015. (In Russian)

11. Rawle A. Basic Principles of Particle Size Analysis. Technical Abstract. Malvern Instruments Limited, 2009. 12 p.

Об авторах:

МАСЛОВА Наталья Викторовна
кандидат технических наук, доцент Центра архитектурных, конструктивных решений и организации строительства
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
E-mail: n.maslova@tltsu.ru

MASLOVA Natalia V.
PhD of Engineering Sciences
Associate Professor of the Center for Architectural, Constructive Solutions
and Construction Organization
Tolyatti State University
445020, Russia, Tolyatti, Belorusskaya st., 14
E-mail: n.maslova@tltsu.ru

АНЦИФЕРОВ Сергей Александрович
старший преподаватель Центра инженерного оборудования
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
E-mail: salan63@mail.ru

ANTSIFEROV Sergey Al.
Senior Lecturer of the Center for Engineering Equipment
Tolyatti State University,
445020, Russia, Tolyatti, Belorusskaya st., 14
E-mail: salan63@mail.ru

ГРЫЗУНОВА Людмила Владимировна
ведущий документовед архива управления делами
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

GRYZUNOVA Lyudmila V.
Lead Document Scientist of the Case Management Archive
Tolyatti State University
445020, Russia, Tolyatti, Belorusskaya st., 14

Для цитирования: Маслова Н.В., Анциферов С. А., Грызунова Л.В. Определение коэффициента покрова для почвенных поверхностей стока селитебных территорий // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 41–48. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.05.
For citation: Maslova N.V., Antsiferov S.A., Gryzunova L.V. Determination of the cover coefficient for soil surfaces of the runoff of residential areas. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 41–48. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.05.

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «САМАРАСТРОЙИСПЫТАНИЯ»

Проведение сертификационных испытаний строительной продукции; экспериментальных и опытных образцов зданий и сооружений в процессе приемки и эксплуатации; испытание серийно выпускаемой продукции; периодические испытания образцов, взятых в торговле; проверка состояния производства; обследование зданий и сооружений; выполнение судебных экспертиз в области строительства

Надежда Владимировна КОНДРАТЬЕВА
кандидат технических наук, доцент

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194
(846) 242-50-87
samstroyisp@gmail.ru

УДК 628.543.3 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06

С. Ю. ТЕПЛЫХ
Е. Е. КОТОВСКАЯ
П. А. ГОРШКАЛЕВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПАВОДКОВЫЙ ПЕРИОД

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF DRINKING WATER PURIFICATION AT THE WATER TREATMENT FACILITIES OF THE CHERNORECHENSK RESERVOIR DURING THE FLOOD PERIOD

Рассмотрены природные и технические аспекты, способствующие поступлению на водопроводные очистные сооружения города Севастополя воды некондиционного качества в паводковый период, вызывавшие неоднократную остановку водопроводных очистных сооружений. Рассмотрены варианты переоснащения существующей схемы подачи и очистки воды, с определением укрупненной стоимости. В работе представлено технологическое обоснование применения схемы двухступенчатого отстаивания, которое может быть реализовано в рамках имеющегося оборудования и небольшого технологического переоснащения.

The paper considers the natural and technical aspects that contribute to the supply of substandard quality water to the water treatment facilities of the city of Sevastopol during the flood period, which caused repeated shutdown of water treatment facilities. Options for retrofitting the existing water supply and purification scheme are considered, with the determination of the enlarged cost. The paper presents a technological justification for the application of a two-stage sedimentation scheme, which can be implemented within the framework of existing equipment and a small technological re-equipment.

Ключевые слова: *паводковый период, гидравлическая крупность, радиальный отстойник, горизонтальный отстойник, скорый фильтр, контактная камера, каньон, донный водозабор, гипохлорит натрия*

Keywords: *flood period, hydraulic size, radial sump, horizontal sump, rapid filter, contact chamber, canyon, bottom intake, sodium hypochlorite*

Введение

Источниками централизованного водоснабжения Республики Крым служат водохранилища зарегулированного естественного стока рек, а также водохранилища наливного типа (источником наполнения которых ранее являлись воды реки Днепр, поступавшие по руслу Северо-Крымского канала). Качественный состав водохранилищ естественного стока подвергается значительному изменению в паводковый период, что оказывает существенное влияние на технологический процесс очистки воды на водопроводных очистных сооружениях (ВОС), вплоть до полного прекращения работы. Например, в июле 2018 г., после прошедших сильных дождей в городе Севастополе, в течение суток полностью была прекращена подача воды [1]. Эксплуатирующая организация представила следующие разъяснения: «Из-за шестикратного превышения уровня мутности в реке Черная было принято решение временно приостановить работу водопроводных очистных сооружений и понизить давление в сети водоснабжения. В частности, уровень мутности воды достиг 3 тыс. мг/л, очистные сооружения допускаются к работе при уровне до 500 мг/л» [1]. В конце января 2024 г. подобная ситуация повторилась, город вновь был отключен от системы водоснабжения, были объявлены выходные дни с прекращением работы социальных учреждений (школы, детские сады) [2]. В январе-феврале 2024 г. затруднения технологического процесса очистки отмечались и на других водопроводных очистных станциях Республики Крым, без остановки работы, но потребовавшие оперативных мероприятий.

Еще одной проблемой эксплуатационного персонала ВОС города Севастополя в паводковый период является неудовлетворительная работа гипохлорита натрия, при том что при незначительных показателях мутности, на которых работает станция больший период года, подобной проблемы не возникает.

CC BY

Вышеперечисленное обусловило выбор темы исследования, заключающейся в совершенствовании технологии очистки воды Чернореченского водохранилища в паводковый период.

Цель и задачи данного исследования – рассмотрение вариантов переоснащения технологической схемы очистных сооружений с получением обоснования принятого решения.

Для достижения заявленной цели были сформулированы и реализованы следующие задачи:

- рассмотреть условия формирования источника централизованного водоснабжения – Чернореченского водохранилища;
- оценить условия поступления воды на ВОС, имеющие отличительные характеристики, обуславливающие многократные изменения качественного состава в паводковый период, а также влияющие на технологический процесс очистки;
- выполнить анализ качественных показателей воды Чернореченского водохранилища, определяющих технологическую схему очистки;
- подготовить анализ существующей схемы очистки воды на ВОС с определением технологических параметров;
- провести экспериментальные исследования на реальной воде с последующим анализом полученных результатов;
- составить рекомендации.

Качественный состав воды поверхностных источников централизованного водоснабжения (ИЦВ), поступающей на очистку, определяет технологическую схему, порядок и дозы введения реагентов и оказывает значительное влияние на эффективность работы очистных сооружений. На всех этапах очистки осуществляется отбор проб и их тщательный анализ по органолептическим, физико-химическим и бактериологическим показателям, направленный на контроль работы сооружений и дающий возможность принять оперативные действия по изменению технологической схемы [3, 4]. В табл. 1 представлены сведения по качественному составу воды, поступающей на водопроводные очистные сооружения города Севастополя – гидроузел 3 (ГУ-3) в межень и паводковый период.

Для понимания факторов, оказывающих значительное влияние на формирование качественного состава вод, наполняющих Чернореченское водохранилище, рассмотрим ***условие образования источников питания реки Черная***.

Для обеспечения водой города Севастополя в 1954 г. было построено Чернореченское водохранилище, располагающееся в самой низкой части Байдарской долины, обладающее полезным объемом 64,2 млн. м^3, площадь водного зеркала составляет 64 га. В водохранилище аккумулируется природная вода из небольших горных рек, ручьев, родников, питающих реку Черная. Одним из таких питателей является Скельский источник, расположенный в юго-восточной части Байдарской долины, на окраине с. Родниковского. Скельский источник имеет ряд выходов воды на поверхность, разбросанных вдоль дна ущелья, в половодье основной поток воды выбивается из-под аллювий правого берега шлейфом шириной до 20–25 м. Водовмещающие карстующие породы – известняки верхней юры; максимальный расход источника составляет 11400 л/с, минимальный – 30 л/с, средний многолетний – 1380 л/с. Воды

Таблица 1. Данные качественного состава воды, поступающей на ГУ-3
Table 1. Data on the qualitative composition of water supplied to waterworks -3

Показатель	Содержание в исходной воде		Требование СанПиН 2.1.4.1074-01 к очищенной воде	Схема очистки
	межень	паводок		
Мутность, мг/л	1,5	1,5–480	<1,5 (2)[1]	Осветление
Цветность, град ПКШ	20	40–50	<20 (35)[1]	Обесцвечивание
Перманганатная окисляемость, мгО$_2$/л	1,65–2,8	4	5	
pH	7,8	7,8	6–9	–
Щелочность, мг-экв/л	3–5	3–5		
Аммоний солевой, мг/л	<0,005	<0,005	2	
Нитриты, мг/л	<0,003	<0,003		
Нитраты, мг/л	3,6		45	
Хлориды, мг/л	25–40		350	
Железо, мг/л	<0,1		0,3 (1)[1] (1,0)	
Коли-индекс, клеток/л	1200	240000		

в известняках верхней юры имеют температуру 11–12 °С и являются гидрокарбонатными кальциевыми с минерализацией 0,3–0,5 г/л [5].

Река Черная вытекает из Чернореченского водохранилища, и ее русло проходит по самому длинному каньону Крыма – Чернореченскому. Длина реки – 35 км, площадь водосбора – 427 км^2. Основные притоки: р. Байдарка, р. Сухая Речка, р. Айтодорка [5]. Метки расположения водозабора и гидроузлов показаны на рис. 1.

Водозаборные сооружения. Из Чернореченского водохранилища вода поступает в отводящий канал по естественному руслу реки Чёрная до гидроузла 2 (ГУ-2) (абсолютная отметка – 46,000), ниже по течению расположен ГУ-14 (29,000), при помощи которого осуществляется забор и подача воды на водопроводные очистные сооружения города – ГУ-3. Расстояние от Чернореченского водохранилища до ГУ-2 (рис. 2, а) составляет около 20 км. Водозаборное сооружение представляет собой выпуск тоннельного типа. Подача воды от ГУ-2 до ГУ-3 может осуществляться как самотёком, за счёт перепада отметок, так и при помощи насосных агрегатов. Среднесуточная производительность насосной станции рассчитана до 63 тыс. м^3/сут. Второй водозабор (ГУ-14) расположен ниже по течению, в районе с. Штурмовое (рис. 2, б, в) [6].

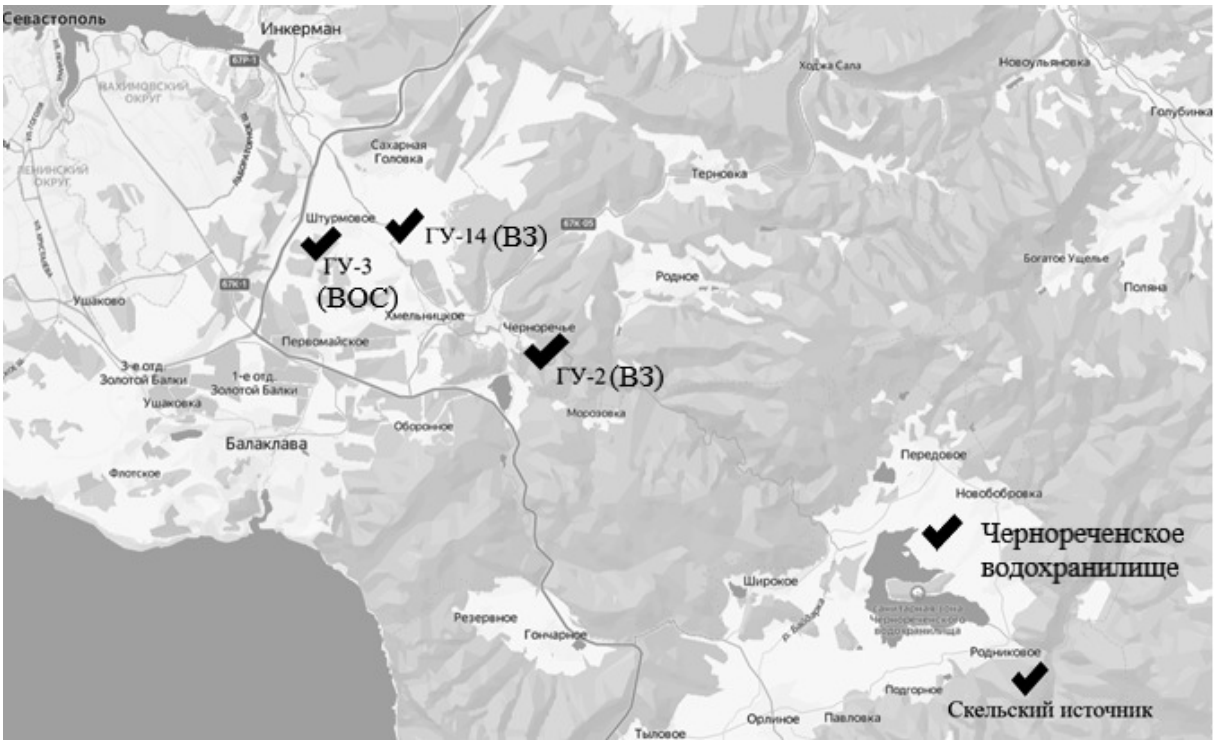


Рис. 1. Схема размещения водопроводных сооружений города Севастополя
Fig. 1. The layout of the water supply facilities of the city of Sevastopol

а б в

Рис. 2. Фотофиксация водозаборных сооружений Севастополя:
а – фотофиксация ГУ-2; б, в – фотофиксация ГУ-14 [6]
Fig. 2. Photo fixation of Sevastopol water intake structures:
a – photo fixation of waterworks-2; b, c – photo fixation of waterworks-14 [6]

Гидроузел 14 (ГУ-14) представлен насосной станцией и небольшой напорной плотиной, расположен в 6 км ниже по течению р. Чёрная от ГУ-2. Сырая вода при помощи насосной станции подается от ГУ-14 на очистные сооружения ГУ-3 по стальному водоводу Ду600 мм, *l* = 2,5 км. Производительность станции – до 63 тыс. м^3/сут. Подача воды от ГУ-2 осуществляется на блок очистных сооружений БОС-2, а от ГУ-14 вода поступает на БОС-1 [6].

Технологические схемы очистки воды. Водопроводные очистные сооружения представлены двумя блоками: первый блок состоит из двух очередей. Суммарная производительность первого блока Q = 63 000 м^3/сут. В состав сооружений первого блока 1-й очереди (1954 г.) входят горизонтальные отстойники (ГО) (6 секций, габаритные размеры: 5×40×4,5 (h)) и скорые фильтры (СФ) (8 шт., габаритные размеры: 5×5×3,2 (h) м), 2-й очереди (1968 г.) – ГО (4 секции, габаритные размеры: 5×40×4,5 (h)) и СФ (6 шт., 5×5×3,2 (h) м). Производительность второго блока (БО-2) (1987 г.) составляет Q = 63 000 м^3/сут. В состав БО-2 включены ГО со встроенными камерами хлопьеобразования (КХО) (8 секций, габаритные размеры: 6×40×3,8 (h)) и СФ (9 шт., габаритные размеры: 7,5×5 м). Технологическая схема водопроводных очистных сооружений г. Севастополя – БО-1 представлена на рис. 3, а технологическая схема БО-2 – на рис. 4.

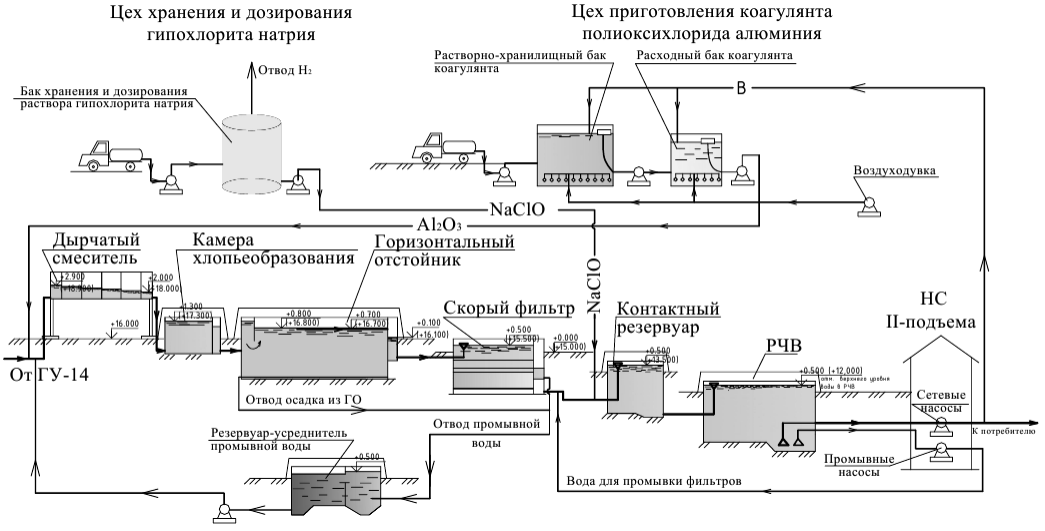


Рис. 3. Высотно-технологическая схема обработки природной воды БО-1 ГУ-3
Fig.3. High-altitude technological scheme of natural water treatment cleaning unit-1 waterworks-3

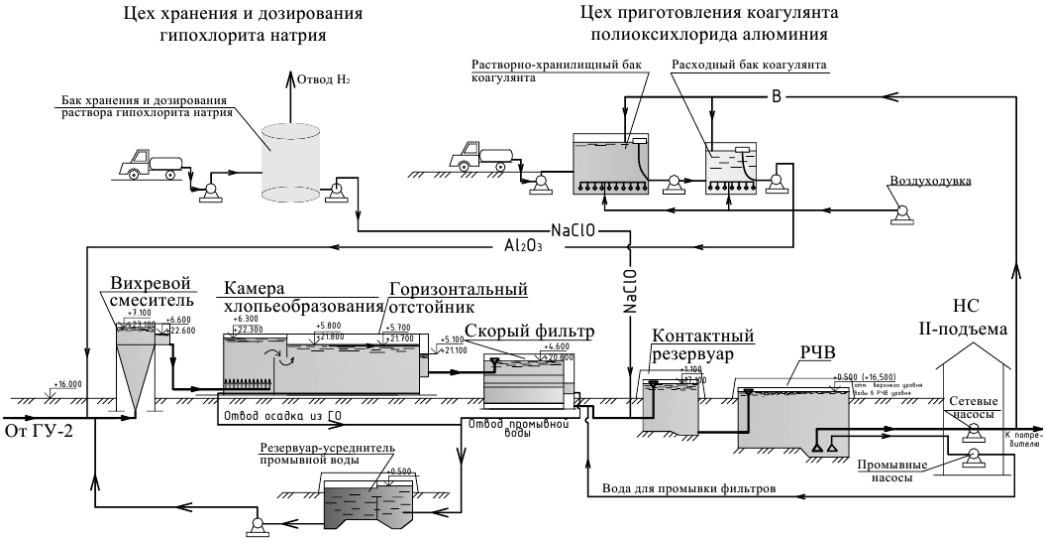


Рис. 4. Высотно-технологическая схема обработки природной воды БО-2 ГУ-3
Fig.4. High-altitude technological scheme of natural water treatment cleaning unit-2 waterworks-3

Анализ высотно-технологических схемы и генплана площадки водопроводных очистных сооружений показал, что технологическая линия, построенная и введенная в эксплуатацию во второй половине 80-х гг. XX в., имеет отметки выше на 5 м по зеркалу воды, чем отметки в аналогичных сооружениях технологической линии, построенной в середине 60-х гг., что может позволить осуществить последовательное включение сооружений отстаивания в технологическую цепочку. Еще одна характерная особенность блока очистных сооружений (БО-1) (в эксплуатации с середины 60-х гг.) заключается в том, что они построены по принципу деблокирования: камеры хлопьеобразования (КХО) и секции горизонтальных отстойников (ГО) размещены на расстоянии от фильтровальных сооружений, находящихся в здании, а секции КХО и ГО выполнены в обваловании, что соответствует п. 16.23 СП 31.13330.2021, так как поблизости функционирует достаточное количество различных карьеров.

Основная часть работы. Для выработки плана мероприятий, направленных на изменение технологии очистки воды поверхностного источника в паводковый период, прежде всего необходимо разобраться в определении самого явления, обуславливающего препятствия для бесперебойной работы ВОС. Согласно [7] паводком называется фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризующаяся интенсивным, обычно кратковременным, увеличением расходов и уровня воды и вызываемая интенсивными дождями или снеготаянием во время оттепелей. При этом отсутствует четко выраженная периодичность, характеризующаяся интенсивным и сравнительно кратковременным подъемом уровня воды. К факторам, оказывающим влияние на величину максимального подъема уровня воды во время паводка, относятся: количество осадков, их интенсивность, продолжительность, площадь охвата, предшествующее выпадение осадков, увлажненность и водопроницаемость почвы, рельеф бассейна, величина уклонов рек [7].

Представленные описания раскрывают природно-климатические факторы, способные оказывать значимое влияние на технологию очистки ВОС.

Для разработки технических мероприятий в первую очередь необходимо обратиться к мировому опыту в технологии подготовки воды. Например, для станции очистки питьевой воды для города Александрия (Северная Африка) указано, что при входящей мутности 3000 мг/л в состав водопроводных очистных сооружений включены горизонтальные отстойники и скорые фильтры – на одной станции, и радиальные отстойники и скорые фильтры – на другой [8]. То есть при достижении величин мутности 3000 мг/л за рубежом применяют различные типы отстойников.

Рассмотрим следующие возможные технические решения:

- *заключение потока воды, направляемого на ВОС, в два водовода протяженностью 20 км и DN 630 мм каждый;*
- *обустройство инфильтрационного подруслового водозабора (рис. 5, б);*
- *применение дополнительной ступени отстаивания (рис. 5, а);*
- *подготовка сооружений для предварительной очистки в водозаборе [9];*
- *применение процессов осветления в поле центробежных сил – применение гидроциклонов.*

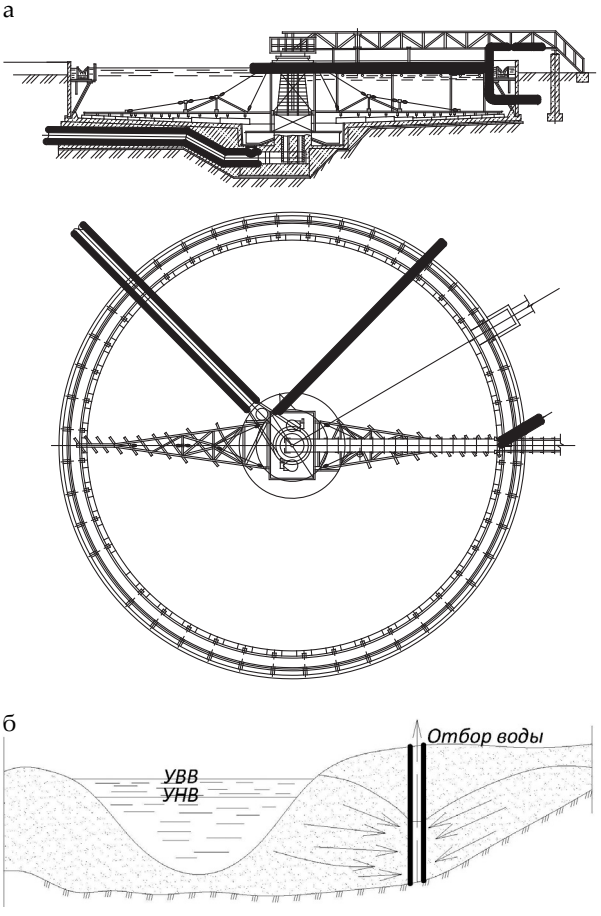


Рис. 5. Варианты сооружения для переоснащения существующих очистных сооружений г. Севастополя:
а – строительство радиальных отстойников;
б – устройство инфильтрационного водозабора
Fig. 5. Construction options for retrofitting existing wastewater treatment plants in Sevastopol:
a – construction of radial settling tanks;
b – installation of infiltration water intake

Для технико-экономического обоснования принятых проектных решений выполним сравнение перечисленных вариантов (Пособие по водоснабжению и канализации городских и сельских поселений (к СНиП 2.07.01-89):

1 вариант – строительство двух напорных водоводов диаметром DN630*70,3 ПЭ100 PN20 bar [9]. Общая стоимость с учетом всех видов работ и укрупненной стоимости материалов определили в соответствии с НЦС 81-02-14-2023, которая составляет ***C = 26231,88 × 2 × 20 = 1 049 275,200 тыс. р***.

2 вариант – устройство инфильтрационного водозабора без учета прокладки водоводов. Общая сметная стоимость в ценах1984 г. составляет 840 тыс. р., что равно ***206,02 млн. р***. в ценах 2024 г.

3 вариант – строительство двух групп по 4 радиальных отстойника в каждой секции с распределительной чашей по типовому проекту ТП 902-2-472.89. Стоимость строительно-монтажных работ составляет ***179,78 × 2 = 359,56 тыс. р.*** в ценах 1984 г.; стоимость оборудования – ***32,89 × 2 = 65,78 тыс. р.***; общая сметная стоимость составит ***188,485 млн. р.*** в ценах 2024 г.

4 вариант – прокладка стального трубопровода DN630*8, l = 186 м на территории ВОС, которая позволит переключить в последовательное соединение две группы горизонтальных отстойников, а также арматуры. ***C = 0,186 × 28895 = 5374,47 тыс. р.*** в ценах 2024 г.

При выполнении укрупненных технико-экономических расчетов применяли различные методики оценки стоимости, и для лучшей наглядности целесообразно было выполнить обобщение в виде табл. 2.

После выполнения сравнения укрупненной стоимости вариантов наименее затратным методом является вариант строительства дополнительного трубопровода, последовательно соединяющего два горизонтальных отстойника. Подобная схема позволит получить производительность в два раза меньше требуемой и позволит обеспечить минимальные потребности водоснабжения или подать воду в некоторые районы города.

Для обоснования предложенного варианта необходимо рассмотреть не только экономическую составляющую и техническую возможность реализации, но и физико-химические аспекты, являющиеся главными при выборе схемы переоснащения. К таким вопросам относится определение гидравлической крупности осаждаемой взвеси, поступающей на очистные сооружения в паводковый период.

Для определения гидравлической крупности была проведена серия опытов на реальной воде с мутностью: 80, 81, 120, 550 мг/л. Воду для лабораторных исследований отбирали из реки Черная в районе села Черноречье в непосредственной близости от водозабора после прошедших сильных интенсивных дождей (декабрь 2018 г.). По стандартной методике [10] определяли ***гидравлическую крупность, которая является тангенсом угла наклона касательной к седиментационной кривой*** [11], исходящей из определенного значения процентного осаждения. Результаты определения гидравлической крупности представлены на рис. 6.

Результаты вычислений тангенсов углов наклона касательных к седиментационным кривым приведены в табл. 3.

Таблица 2. Приведение стоимости вариантов к ценам 2024 г.
Table 2. Bringing the cost of options to the prices of 2024

Рассматриваемый вариант	Стоимость СМР в ценах 1984 г., тыс. р.	Стоимость оборудования в ценах 1984 г., тыс. р	Общая стоимость в ценах 2024 г., млн. р.	Общая стоимость в ценах 2024 г., млн. р.
1. Строительство двух напорных водоводов диаметром DN630*70,3 ПЭ100 PN20 bar			**1 049,28** (НЦС 81-02-14-2023)	**1 049,28** (НЦС 81-02-14-2023)
2.Устройство инфильтрационного водозабора	**840** [10]			**206,02**
3. Строительство двух секций по 4 радиальных отстойника	**359,56** (ТП 902-2-472.89)	**65,78** (ТП 902-2-472.89)		**188,485**
4. Прокладка стального трубопровода DN630*8, l = 186 м на территории ВОС			**5,374** (НЦС 81-02-14-2023)	**5,374**

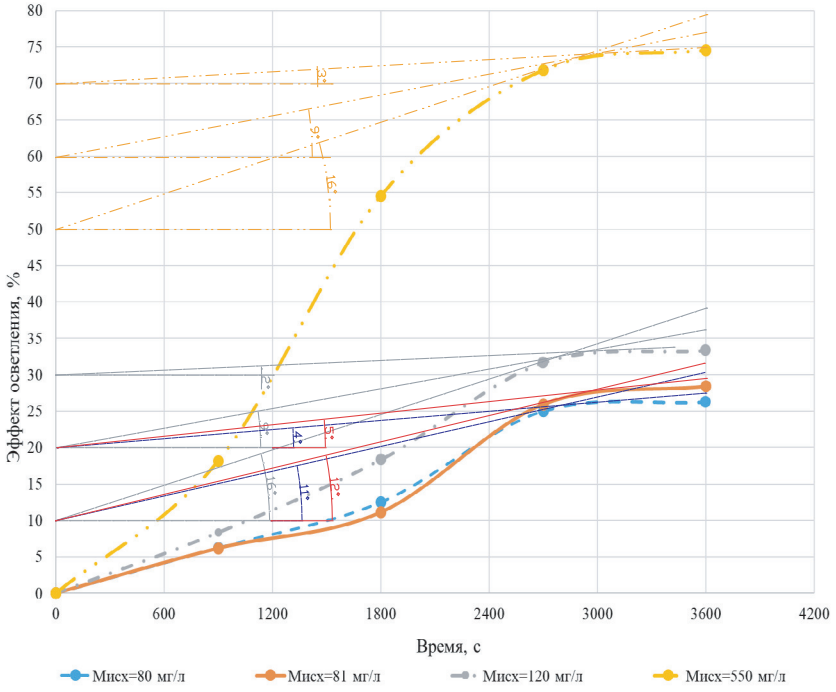


Рис. 6. Кривые осаждения при различных значениях исходной мутности с нанесенными касательными
Fig. 6. Deposition curves at different values of the initial turbidity with applied tangents

Таблица 3. Рассчитанные значения гидравлической крупности
Table 3. Calculated values of hydraulic size

Значение исходной мутности, мг/л	Эффект осветления, %	Угол наклона, град	Значение тангенса угла наклона
$M_{исх}$ = 550	50	16	0,286
	60	9	0,158
	70	3	0,052
$M_{исх}$ = 120	10	16	0,286
	20	9	0,158
	30	2	0,035
$M_{исх}$ = 81	10	12	0,212
	20	5	0,087
$M_{исх}$ = 80	10	11	0,194
	20	4	0,07

Для графического восприятия рассчитанные значения были нанесены на график (рис. 7), при помощи которого можно определить охват области значений гидравлической крупности.

Анализ диапазона значений гидравлической крупности позволил определить охват, соответствующий значениям от 0,052 до 0,286 мм/с. Сопоставление полученных значений с данными, представленными в табл. 4, позволяет определить, что мутность частиц соответствует илистому виду частиц, а это не противоречит применению отстойников.

Второй проблемой, возникающей при эксплуатации ВОС города Севастополя в паводковый период, является негативное действие первичного хлорирования при введении гипохлорита натрия. Первоначально на ВОС функционировала схема обеззараживания, работающая на жидком хлоре. Первичное дозирование – в трубопровод перед смесителем, а вторичное – в трубопровод перед контактным резервуаром. После строительства в Севастополе завода по производству гипохлорита натрия обеззараживание на ВОС осуществляется

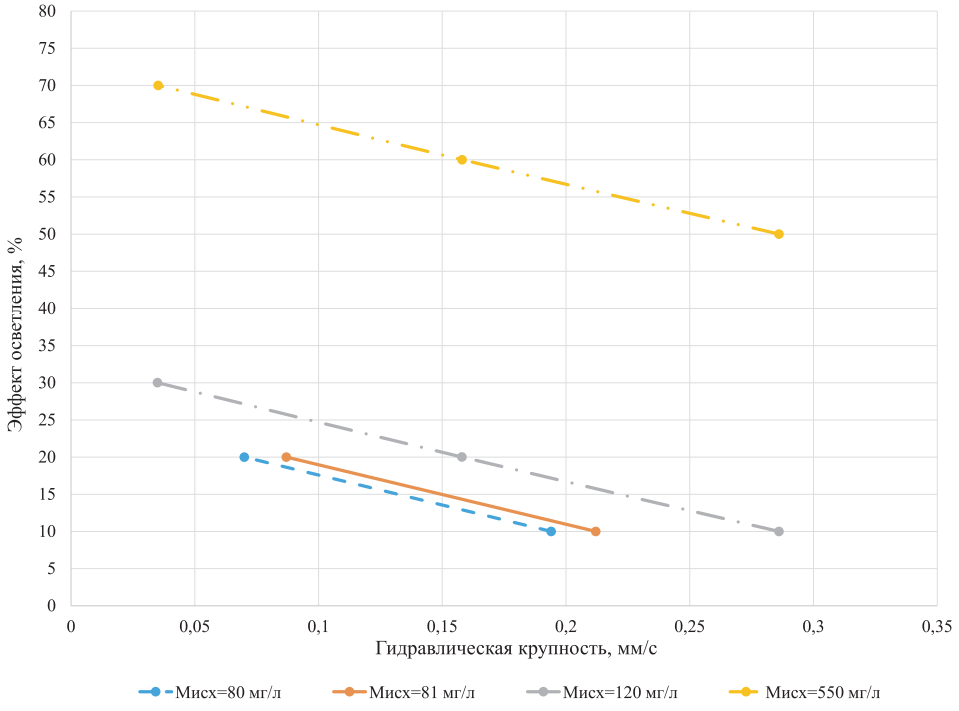


Рис. 7. Результаты определения гидравлической крупности
Fig. 7. Results of determining the hydraulic size

Таблица 4. Гидравлическая крупность некоторых частиц [12]
Table 4. Hydraulic size of some particles [12]

Вид частиц	d, мм	$\nu_{г.к.}$, м/с
Песок	1	100×10^{-3}
	0,5	53×10^{-3}
	0,1	$6,9 \times 10^{-3}$
Ил	**0,05**	**$1,7 \times 10^{-3}$**
	0,01	**$0,07 \times 10^{-3}$**
Глина	0,0027	$0,005 \times 10^{-3}$
	0,001	$0,0007 \times 10^{-3}$

раствором гипохлорита натрия, доставляемого на станцию. Введение данного обеззараживающего агента нарушает процесс коагуляции. Для подтверждения или опровержения этого факта в лабораторных условиях была проведена серия опытов по предварительному хлорированию. В лабораторные цилиндры с водой, имеющей исходную мутность 120 мг/л, ввели гипохлорит натрия с дозой 1 мг/л по активной части, через 3 мин ввели коагулянт «Полвак» (аналог коагулянта «Акванорм») с предварительно определенными дозами (22 и 24 мг/л по активной части) и наблюдали за процессом коагуляции, при этом каждые 15 мин осуществляли отбор проб. Результаты приведены в табл. 5, при этом произошло резкое увели-

Таблица 5. Результаты прехлорирования при исходной мутности 120 мг/л
Table 5. Results of pre-chlorination at an initial turbidity of 120 mg/l

Дата проведения эксперимента	Время введения гипохлорита натрия	Время введения «Полвака»	Время отбора проб	$М_{ост}$, мг/л, в цилиндре без введения гипохлорита натрия	$М_{ост}$, мг/л, в цилиндре с введением гипохлорита натрия
14.12.2018	14.30	14.33			
			14.48	117,5	110
			15.03	110	155
			15.18	115	130
			15.33	95	110

чение мутности, процесс коагуляции протекал с образованием хлопьев (рис. 8, г), но через час наблюдения остаточная мутность превышала входящую, а также был существенно повышен водородный показатель pH.

Таким образом, после проведения прехлорирования можно заключить, что введение хлора в виде гипохлорита натрия негативно влияет на процесс коагуляции, что обусловлено повышенным содержанием щелочности в воде Чернореченского водохранилища, а также содержанием щелочи в составе гипохлорита натрия. При подкислении обрабатываемой воды процесс очистки улучшился.

Можно рекомендовать включение в технологическую схему очистки установки обеззараживания при помощи ультрафиолета, исполненной в виде набора кассет.

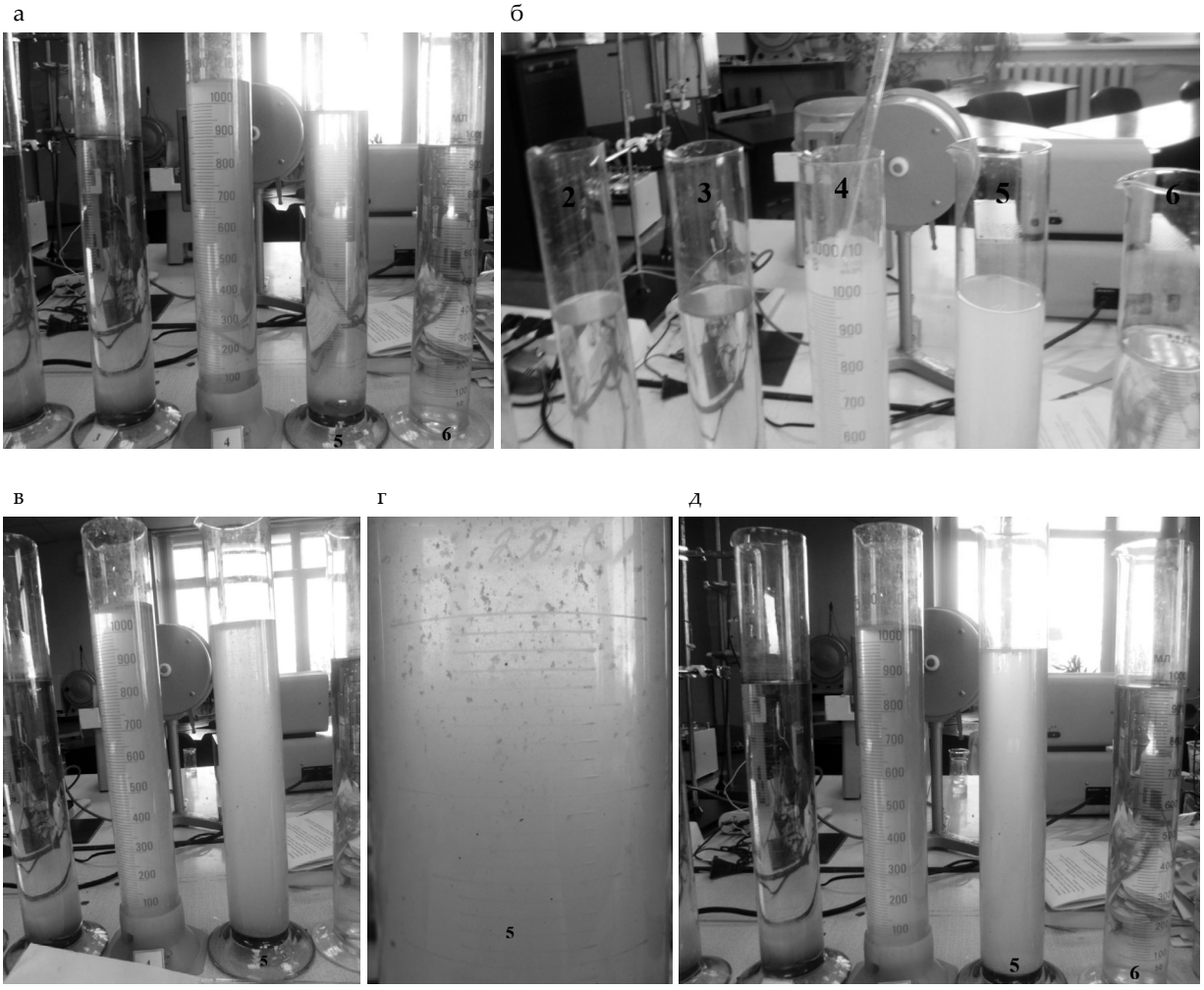


Рис. 8. Этапы процесса коагуляции при предварительном обеззараживании с помощью гипохлорита натрия:
а – введение гипохлорита натрия в 4-й и 5-й цилиндры с дозой по активной части 1 мг/л; б – введение в 4-й и 5-й цилиндры коагулянта «Полвак» с дозой 22 и 24 мг/л; в– фотофиксация 4-го и 5-го цилиндров через 15 мин после введения коагулянта; г – фотофиксация образовавшихся незначительных хлопьев взвеси после введения коагулянта через 15 мин (5-й цилиндр); д – фотофиксация окончания процесса коагуляции через 60 мин после введения коагулянта

Fig. 8. The stages of the coagulation process during preliminary disinfection with sodium hypochlorite:
a – the introduction of sodium hypochlorite into the 4th and 5th cylinders with a dose of 1 mg/l for the active part; b – the introduction of the "Polvak" coagulant into the 4th and 5th cylinders with a dose of 22 and 24 mg/l; c – photofixation of the 4th and 5th cylinders 15 minutes after the introduction of the coagulant; d – photofixation of the formed minor flakes of suspension after the introduction of the coagulant 15 minutes later (5th cylinder); e – photofixation of the end of the coagulation process 60 minutes after the introduction of the coagulant

Выводы. 1. В исследовании рассмотрены основные причины, оказывающие негативное влияние на параметры очистки воды в паводковый период.

2. Выполнено технико-экономическое сравнение возможных вариантов, направленных на устранение негативных факторов очистки воды в паводковый период.

3. На основании полученных экспериментальных данных были предложены технические решения, позволяющие более эффективно эксплуатировать водопроводные очистные сооружения города Севастополя в паводковый период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вести Севастополя. «Подачу воды в районы Севастополя восстановят к 18.00» [Электронный ресурс]. URL: https://vesti-sevastopol.ru/podachu-vody-vosstanovjat (дата обращения: 14.06.2024).

2. РИА НОВОСТИ. «Режим ЧС и отключения воды: все о последствиях непогоды в Севастополе» [Электронный ресурс]. URL: https://crimea.ria.ru/20240122/rezhim-chs-i-otklyucheniya-vody-vse-o-posledstviyakh-nepogody-v-sevastopole-1134380505.html (дата обращения: 14.06.2024).

3. *Котовская Е.Е.* Оценка качественных показателей источников централизованного питьевого водоснабжения г. Симферополя и их влияния на технологию очистки // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр. Симферополь : АСиА, КФУ им. В.И. Вернадского, 2017. Вып. 7(59). С. 73–81.

4. *Стрелков А.К., Котовская Е.Е., Теплых С. Ю.* Определение эффективности очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений на примере г. Симферополя // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 3(28). С. 35–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.7.

5. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / В.С. Тарасенко, Б.И. Боровский, З.В. Тимченко и др. Симферополь: Таврида, 2003. 413 с.

6. *Крымова Ю.* Как очищают воду для Севастополя: репортаж из Севастопольского водоканала [Электронный ресурс]. URL: https://crimea.vgorode.ua/news/kommunalka/172132-kak-ochyschauit-vodu-dlia-sevastopolia-reportazh-yz-sevastopolskoho-vodokanala (дата обращения: 14.06.2024).

7. Методические рекомендации по организации мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего половодья и паводков. М.: Министерство РФ по ГО и ЧС, 2005. 106 с.

8. *Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманец С. В.* Коагулянты в технологии очистки природных вод. М.: Наука, 2005. 576 с.

9. Группа компаний ПРОМБАЗА. Пластиковые трубы [Электронный ресурс]. URL: https://www.prombase.ru/water/truby-pe-100/sdr-9/ (дата обращения: 14.06.2024).

10. *Кульский Л.А., Горановский И.Т., Когановский Л.М., Шевченко М.А.* Справочник по методам анализа и очистки воды. К.: Наукова думка, 1980. 1205 с.

11. *Фрог Б.Н.* Водоподготовка. М.: МГУ, 2001. 680 с.

12. *Карашев А.В.* Теория и методы расчета речных наносов. *Л.*: Гидрометеоиздат, 1977. 271 с.

REFERENCES

1. News of Sevastopol. “Water supply to the districts of Sevastopol will be restored by 18.00.” Available at: https://vesti-sevastopol.ru/podachu-vody-vosstanovjat (accessed 23 July 2024).

2. RIA NOVOSTI. “Emergency mode and water shutdown: all about the consequences of bad weather in Sevastopol.” Available at: https://crimea.ria.ru/20240122/rezhim-chs-i-otklyucheniya-vody-vse-o-posledstviyakh-nepogody-v-sevastopole-1134380505.html (accessed 23 July 2024).

3. Kotovskaya E.E. Assessment of the quality indicators of the sources of centralized drinking water supply in Simferopol and their impact on the purification technology. *Stroitel’stvo i tehnogennaja bezopasnost’* [Construction and technogenic safety]. 2017, no. 7(59). pp. 73–81. (in Russian)

4. Strelkov A.K., Kotovskaya E.E., Teplykh S.Yu. Determination of the effectiveness of water purification from surface sources of centralized water supply from organic pollutants on the example of Simferopol. *Gradostroitel’stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 3(28). pp. 35–45. (in Russian) DOI 10.17673/Vestnik.2017.03.7

5. Tarasenko V.S., Borovsky B.I., Timchenko Z.V, etc. *Ustojchivyj Krym. Vodnye resursy* [Sustainable Crimea. Water resources]. Simferopol, Tavrida, 2003. 413 p.

6. Yulia Krymova. “How to purify water for Sevastopol: a report from the Sevastopol water utility.” Available at: https://crimea.vgorode.ua/news/kommunalka/172132-kak-ochyschauit-vodu-dlia-sevastopolia-reportazh-yz-sevastopolskoho-vodokanala (accessed 23 July 2024).

7. *Metodicheskie rekomendacii po organizacii meroprijatij, napravlennyh na snizhenie posledstvij vesennego polovod’ja i pavodkov* [Methodological recommendations on the organization of measures aimed at reducing the effects of spring floods and floods]. Moscow. Ministry of Civil Defense and Emergencies of the Russian Federation, 2005. 106 p.

8. Draginsky V.L., Alekseeva L.P., Getmanets S.V. *Koaguljanty v tehnologii ochistki prirodnyh vod* [Coagulants in natural water purification technology]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 576 p.

9. PROMBAZA Group of companies. Plastic pipes. Available at: https://www.prombase.ru/water/truby-pe-100/sdr-9/ (accessed 23 July 2024).

10. Kulsky L.A., Goranovsky I.T., Koganovsky L.M., Shevchenko M.A. *Spravochnik po svojstvam metodam analiza i ochistki vody v 2-h chastjah.* [Handbook of properties of methods of analysis and purification of water in 2 parts]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1980. 1205 p.

11. Frog B.N. *Vodopodgotovka* [Water treatment]. Moscow, MSU, 2001. 680 p.

12. Karaushev A.V. *Teorija i metody rascheta rechnyh nanosov.* [Theory and methods of calculating river sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 271 p.

Об авторах:

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

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

КОТОВСКАЯ Елена Евгеньевна
старший преподаватель кафедры инженерных систем в строительстве
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
295050, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
E-mail: elevkot@gmail.com

KOTOVSKAYA Elena Ev.
Senior Lecturer of the Engineering Systems in Construction Chair
Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky
295050, Russia, Simferopol, Kievskaya st., 181
E-mail: ekevkot@gmail.com

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

GORSHKALEV Pavel Al.
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Теплых С. Ю., Котовская Е.Е., Горшкалев П.А. Совершенствование технологии очистки питьевой воды на водопроводных очистных сооружениях Чернореченского водохранилища в паводковый период // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 49–59. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06.
For citation: Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Gorshkalev P.A. Improving the technology of drinking water purification at the water treatment facilities of the Chernorechensk reservoir during the flood period. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 49–59. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.06.

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

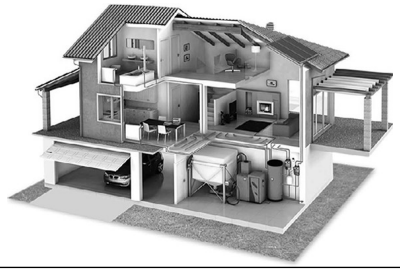
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГЕОТЕХНИКА»

Инженерные изыскания, обследования зданий и сооружений, судебная экспертиза, консультационные услуги

Андрей Валентинович МАЛЬЦЕВ
кандидат технических наук, директор

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0304Б
(846) 339-14-69; 8(987)953-46-23
geotehnika@yandex.ru
geotehnika@ya.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 69:53:721.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.07

А. А. КУДИНОВ
С. К. ЗИГАНШИНА

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THERMAL INSULATION PARAMETERS ON THE EFFECTIVENESS OF ENCLOSING STRUCTURES AND BUILDING HEATING SYSTEMS

Представлены результаты теплотехнических расчетов наружных многослойных ограждающих конструкций зданий и тепловой мощности системы отопления помещений жилого здания, включающие расчеты температурных полей и парциальных давлений водяного пара при различных параметрах конструктивных слоев и слоев тепловой изоляции. Рассмотрены варианты и дана оценка варьирования параметров и различного расположения тепловой изоляции в наружных многослойных ограждениях на изменения полей температур и парциальных давлений водяного пара в ограждении, а также на изменение тепловой мощности системы отопления помещений здания для двух климатологических районов проектирования. Расчеты выполнялись по представленной в статье методике с применением специально разработанной программы для ЭВМ.

Ключевые слова: *здания, ограждающие конструкции, тепловая изоляция, теплотехнический расчет, сопротивление теплопередаче, температурное поле, диффузия водяных паров, точка росы, система отопления, тепловая мощность*

The results of thermal engineering calculations of external multilayer enclosing structures of buildings and the thermal power of the heating system of residential buildings are presented, including calculations of temperature fields and partial pressures of water vapor at various parameters of structural layers and thermal insulation layers. Variants are considered and an assessment is given of the variation of parameters and the different location of thermal insulation in external multilayer fences for changes in temperature fields and partial pressures of water vapor in the fence, as well as for changes in the thermal power of the heating system of the building premises for two climatological design areas. The calculations were performed according to the methodology presented below using a specially developed computer program.

Keywords: *buildings, enclosing structures, thermal insulation, thermal engineering calculation, heat transfer resistance, temperature field, water vapor diffusion, dew point, heating system, thermal power*

Введение. В настоящее время основными задачами в области строительства являются проектирование отапливаемых зданий и оборудования объектов энергетики с эффективным использованием энергоресурсов, а также модернизация существующего фонда зданий в целях экономии тепловой энергии. При проектировании современных зданий требуется исследование процессов теплопередачи и влажностного режима наружных ограждающих конструкций, которые выполняются из сборных облегченных многослойных элементов, включающих эффективную тепловую изоляцию. С переходом к новому виду высотной многоэтажной застрой-

ки создаются и совершенствуются сборные конструкции зданий, используются новые теплоизоляционные, облицовочные и конструкционные материалы с разнообразными физическими свойствами, что обеспечивает высокую надежность зданий и энергоэффективность систем отопления. Ограждающие конструкции зданий и других строительных сооружений подвержены наиболее сложным физическим воздействиям. Процессы тепло- и массообмена в помещениях зданий и ограждающих конструкциях связаны с действием изменяющихся наружных климатических условий, а также с работой систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Поэтому ясное представление о процессах, происходящих в ограждениях при теплопередаче, и умение пользоваться соответствующими расчетами дают возможность проектировщику обеспечить требуемые теплотехнические качества наружных ограждающих конструкций. Аналогичные задачи возникают при разработке ограждающих конструкций энергетического оборудования объектов тепловой и атомной энергетики.

Методика проведения исследований. На *первом этапе* исследования формируются теплозащитные свойства наружных ограждений (стен, перекрытий, покрытий) путем выполнения следующих расчетов [1–3].

1. Определяют требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$, м²·К/Вт, наружного ограждения по формуле

$$R_o^{тр} = \frac{(t_в - t_н)n}{\Delta t^н \alpha_в}, \qquad (1)$$

где $t_в$, $t_н$ – расчетная температура внутреннего и наружного воздуха, $t_в$ принимается по ГОСТ 30494, $t_н$ – по СНиП 23-01–99*; n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху; $\Delta t^н$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и внутренней поверхностью ограждения; $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи от воздуха помещения к поверхности ограждения, Вт/(м²·К), [2–5].

2. Рассчитывают градусо-сутки отопительного периода (ГСОП):

$$ГСОП = (t_в - t_{оп})Z_{оп}, \qquad (2)$$

где $t_{оп}$, $Z_{оп}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительный период, °С, и продолжительность отопительного периода, сут/год.

3. По ГСОП определяют минимальное приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{эн}$, м²·К/Вт, ограждающих конструкций здания, исходя из условий энергосбережения (СНиП 23-02–2003), [1, 2].

4. Производят сравнение сопротивлений теплопередаче $R_0^{тр}$ и $R_0^{эн}$. Большее значение сопротивления теплопередаче (обозначим его через R_0) принимают для выполнения последующих расчетов. При этом согласно п. 5.13 СНиП 23-02–2003 при выборе уровня теплозащиты здания предлагается величину приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций принимать не ниже значений $R_0^{min} = R_0^{эн} \times 0{,}63$ для стен жилых и общественных зданий.

5. Рассчитывают толщину $\delta_{из}$, м, теплоизоляционного слоя:

$$\delta_{из} = \lambda_{из}\left(\frac{R_o}{r} - \frac{1}{\alpha_в} - \sum_{i=1}^{k} R_i - \frac{1}{\alpha_н}\right), \qquad (3)$$

где $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя Вт/м²·К; $R_0 = R_0^{эн}$, если $R_0^{эн} \geq R_0^{тр}$, в противном случае $R_0 = R_0^{тр}$; r – коэффициент теплотехнической однородности ограждения; $\sum_{i=1}^{k} R_i = \sum_{i=1}^{k} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сумма сопротивлений теплопроводности конструктивных слоев ограждения, м²·К/Вт; δ_i, λ_i –толщина, м, и коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), i-го конструктивного слоя; i = 1, 2,..., k; k – количество конструктивных слоев в ограждении; $\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·К), [2–5].

6. Округляют расчетное значение $\delta_{из}$ в большую сторону, принимая фактическое значение толщины слоя изоляции $\delta_{из}^ф$ кратной 0,05 м.

7. Определяют фактическое сопротивление теплопередаче $R_0^ф$, м²·К/Вт:

$$R_o^ф = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{k} R_i + \frac{\delta_{из}^ф}{\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_н}. \qquad (4)$$

8. Рассчитывают температурные поля в различных элементах наружного ограждения [1, 4, 5]. Одномерное стационарное температурное поле глади наружного ограждения определяют, используя зависимость

$$\tau_x = t_в - \frac{R_{в-x}}{R_o^ф}(t_в - t_н)n, \qquad (5)$$

где τ_x – температура в произвольном сечении x ограждения, °С; $R_{в-x}$ – сопротивление теплопередаче от воздуха помещения до рассматриваемого сечения x.

Температура внутренней поверхности наружного ограждения должна быть выше точ-

ки росы $t_р$, °С, в противном случае необходимо предусмотреть специальные мероприятия, предупреждающие конденсацию водяного пара на внутренней поверхности ограждения.

Приближенное значение $t_р$, °С, можно рассчитать по формуле

$$t_р = 20{,}1 - (5{,}75 - 0{,}00206 \cdot p_в)^2, \quad (6)$$

где $p_в$ – парциальное давление водяного пара в воздухе помещения, Па.

9. Производят подбор заполнений световых проемов по СНиП II-3–79*. Требуемое сопротивление теплопередаче окна $R^{тр}_{о.ок}$ из условий энергосбережения определяют по табл. 1б*(К). Затем принимают конструкцию остекления по приложению 6*(К) (справочное) с заданным для него приведенным сопротивлением теплопередаче $R^{пр}_{о.ок}$. При этом должно соблюдаться условие $R^{пр}_{о.ок} \geq R^{тр}_{о.ок}$.

На *втором этапе* исследования выполняют анализ влажностного режима ограждения. Расчеты проводят исходя из стационарного состояния с учетом только диффузии водяного пара через ограждение. При этом значения $t_в$ и $\varphi_в$ принимают те же, что и для расчетов конденсации на внутренней поверхности ограждения, а $t_н$ – равной средней температуре наиболее холодного месяца $t_{х.м}$.

Парциальное давление водяного пара p_x, Па, в расчетном сечении х ограждения рассчитывается по формуле [1, 2]:

$$p_x = p_в - \frac{(p_в - p_н)}{R_{п.о}} R_{п.в-x}, \quad (7)$$

где $p_в$, $p_н$ – парциальные давления водяного пара во внутреннем и наружном воздухе, Па, ($p_в = P_в\varphi_в/100$ и $p_н = P_н\varphi_н/100$); $P_в$, $P_н$ – парциальные давления водяного пара во внутреннем и наружном воздухе при полном насыщении, Па; $R_{п.в-x}$ – сопротивление паропроницанию от воздуха помещения до сечения x; $R_{п.о}$ – полное сопротивление паропроницанию ограждения, м²·ч·Па/мг. $P_в$ определяют по $t_в$, а $P_н$ – по $t_н = t_{хм}$.

Полное сопротивление паропроницанию $R_{п.о}$, Па, рассчитывается по формуле

$$R_{п.о} = R_{п.в} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{п.н}, \quad (8)$$

где $R_{п.в}$ и $R_{п.н}$ – сопротивления паропроницанию на внутренней и наружной поверхности ограждения ($R_{п.в}$ = 0,027, $R_{п.н}$ = 0,013 м²·ч·Па/мг); δ_i и μ_i – толщина, м, и коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), i -го слоя ограждения.

По известному температурному полю в сечениях ограждения по [1, 2] определяют парциальное давление P водяного пара при полном насыщении для характерных сечений ограждения и строят графики изменения действительного парциального давления водяного пара $p = f_1(x)$ и парциального давления водяного пара при полном насыщении $P = f_2(x)$ в сечении ограждения.

На *третьем этапе* исследования определяется тепловая мощность системы отопления здания и производится расчет поверхностей нагрева отопительных приборов. Методики расчетов тепловой мощности системы отопления и теплотехнического расчета отопительных приборов приведены в [6–8] и СНИП 41-01-2003.

Результаты исследований. Результаты численных расчетов температурных полей в наружных ограждениях для различных граничных условий при $\lambda_{из}$ = 0,05 Вт/(м·К) представлены в табл. 1–8, а парциальных давлений – в табл. 9, 10. На рис. 1 приведены графики изменения температуры в многослойных ограждениях при расположении тепловой изоляции с наружной стороны ограждения (рис. 1, а), с внутренней стороны ограждения (рис. 1, б) и при отсутствии тепловой изоляции в ограждении (рис. 1, в). На рис. 2 представлены графики распределения температур и парциальных давлений водяного пара в ограждении при расположении тепловой изоляции снаружи ограждения (рис. 2, а) и с его внутренней стороны (рис. 2, б). Расчеты выполнялись по программе для ЭВМ [9].

Обсуждение полученных результатов. 1. Анализ результатов расчетов показывает, что при расположении тепловой изоляции снаружи ограждения отапливаемого здания происходит равномерное понижение температуры от внутренней поверхности к наружной. Например, для г. Казани (см. табл. 1) при $t_н = t_{н5}$ = -32 °С, $t_в$ = 20 °С и $\delta_3 = \delta_{из}$ = 0,15 м имеем: $t_1 = \tau_В$ = 18,36; t_2 = 17,99; t_3 = 11,87; t_4 = -31,32; $t_5 = \tau_Н$ = -31,38 °С. При этом конструктивный слой ограждения δ_2 = 0,37 м (второй слой по направлению теплового потока q, см. рис 1, а) имеет положительную температуру при всех расчетных температурах наружного воздуха от 0 до -32 °С, что обеспечивает его высокую надежность. Резкое падение температуры происходит в теплоизоляционном слое от 11,87 до -31,32 °С.

При расположении тепловой изоляции с внутренней стороны в конструктивном слое ограждения в зимний период температура становится отрицательной (см. табл. 2, рис 1, б), что приводит к снижению его теплотехнических и механических свойств.

При снижении толщины слоя тепловой изоляции до 0,1 м характер изменения темпе-

Таблица 1. Результаты расчета температур в четырехслойном наружном ограждении при различных температурах наружного воздуха $t_н$.
Климатологический район г. Казань ($t_{н5}$ = -32 °С). δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,37 м; $\delta_3 = \delta_{из}$ = 0,15/0,1 м; δ_4 = 0,0035 м; $t_в$ = 20 °С. Тепловая изоляция расположена снаружи ограждения

$t_н$, °С	$t_1 = \tau_В$, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С	$t_5 = \tau_н$, °С
0,0	19,36/19,12	19,23/18,93	16,87/15,68	0,26/0,36	0,24/0,33
-10	19,05/18,68	18,84/18,40	15,31/13,51	-9,61/-9,46	-9,64/-9,50
-20	18,73/18,24	18,45/17,86	13,74/11,35	-19,48/-19,28	-19,52/-19,33
-32	18,36/17,71	17,99/17,22	11,87/8,75	-31,32/-31,06	-31,38/-31,13

Таблица 2. Результаты расчета температур в четырехслойном наружном ограждении при различных температурах наружного воздуха $t_н$.
Климатологический район г. Казань ($t_{н5}$ = -32 °С). δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,15/0,1 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м; $t_в$ = 20 °С. Тепловая изоляция расположена с внутренней стороны ограждения

$t_н$, °С	$t_1 = \tau_В$, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С	$t_5 = \tau_н$, °С
0,0	19,37/19,13	19,23/18,94	2,72/3,75	0,38/0,52	0,24/0,33
-10	19,05/18,69	18,85/18,41	-5,93/-4,38	-9,44/-9,22	-9,64/-9,51
-20	18,73/18,25	18,46/17,88	-14,57/-12,50	-19,25/-18,96	-19,52/-19,34
-32	18,36/17,73	18,00/17,24	-24,94/-22,26	-31,02/-30,65	-31,38/-31,14

Таблица 3. Результаты расчета температур в трехслойном наружном ограждении при различных температурах наружного воздуха $t_н$.
Климатологический район г. Казань ($t_{н5}$ = -32 °С). δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м; $t_в$ = 20 °С. Тепловая изоляция отсутствует (трехслойное ограждение)

$t_н$, °С	$t_1 = \tau_В$, °С	t_2, °С	t_3, °С	$t_4 = \tau_н$, °С
0,0	17,50	16,97	1,48	0,95
-10	16,25	15,45	-7,78	-8,58
-20	15,01	13,93	-17,04	-18,11
-32	13,51	12,11	-28,15	-29,54

Таблица 4. Результаты расчета температур в четырехслойном наружном ограждении при различных температурах наружного воздуха $t_н$.
Климатологический район г. Москва ($t_{н5}$ = -26 °С). δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,37 м; $\delta_3 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_4 = 0,0035 м; $t_в$ = 18 °С. Тепловая изоляция расположена снаружи ограждения

$t_н$, °С	$t_1 = \tau_В$, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С	$t_5 = \tau_н$, °С
0,0	17,21/16,72	17,04/16,44	14,11/11,69	0,33/0,53	0,30/0,49
-10	16,77/16,00	16,50/15,58	11,95/8,19	-9,49/-9,18	-9,53/-9,26
-20	16,33/15,29	15,97/14,71	9,78/4,68	-19,31/-18,89	-19,37/-18,98
-26	16,06/14,86	15,65/14,19	8,48/2,56	-25,20/-24,71	-25,27/-24,81

Таблица 5. Результаты расчета температур в четырехслойном наружном ограждении при различных температурах наружного воздуха $t_н$.
Климатологический район г. Москва ($t_{н5}$ = -26 °С). δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м; $t_в$ = 18 °С. Тепловая изоляция расположена с внутренней стороны ограждения

$t_н$, °С	$t_1 = \tau_В$, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С	$t_5 = \tau_н$, °С
0,0	17,21/16,73	17,06/16,46	3,73/5,44	0,47/0,75	0,30/0,48
-10	16,78/16,03	16,52/15,61	-4,75/-1,54	-9,28/-8,83	-9,54/-9,26
-20	16,34/15,36	15,99/14,75	-12,88/-8,52	-19,02/-18,41	-19,37/-19,99
-26	16,08/14,9	15,67/14,24	-17,75/-12,71	-24,86/-24,16	-25,27/-24,83

Таблица 6. Результаты расчета температур в трехслойном наружном ограждении при различных температурах наружного воздуха $t_{н.}$
Климатологический район г. Москва ($t_{н5}$ = -26 °С). δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м; $t_в$ = 18 °С. Тепловая изоляция отсутствует (трехслойное ограждение)

$t_н$, °С	$t_1 = \tau_в$, °С	t_2, °С	t_3, °С	$t_4 = \tau_н$, °С
0,0	15,75	15,27	1,33	0,85
-10	14,50	13,75	-7,93	-8,68
-20	13,26	12,24	-17,19	-18,21
-26	12,51	11,33	-22,74	-23,92

Таблица 7. Результаты расчета температур в четырехслойном наружном ограждении при $t_н = t_{х.м}$ при различных расположениях тепловой изоляции (ТИ) ($\lambda_{из}$ = 0,05 Вт/(м·К)). Казань ($t_{х.м}$ = -13,5 °С, $t_в$ = 20 °С); δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,37 м; $\delta_3 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_4 = 0,0035 м; δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м; δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м

Расположение ТИ в ограждении	$t_1 = \tau_в$, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С	$t_5 = \tau_н$, °С
1. С наружной стороны $\delta_{из}$ = 0,15/0,1 м	18,93/18,53	18,71/18,21	14,76/12,76	-13,06/-12,89	-13,10/-12,94
2. С внутренней стороны $\delta_{из}$ = 0,15/0,1 м	18,94/18,54	18/71/18,22	-8,95/-7,22	-12,87/-12,63	-13,10/-12,95
3. ТИ отсутствует (трехслойное ограждение)	15,82	14,92	-11,02	-11,92	

Таблица 8. Результаты расчета температур в четырехслойном наружном ограждении при $t_н = t_{х.м}$ при различных расположениях тепловой изоляции (ТИ). Москва ($t_{х.м}$ = -10,2 °С, $t_в$ = 18 °С). 1. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,37 м; $\delta_3 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_4 = 0,0035 м; 2. δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м; 3. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м

Расположение ТИ в ограждении	$t_1 = \tau_в$, °С	t_2, °С	t_3, °С	t_4, °С	$t_5 = \tau_н$, °С
1. С наружной стороны $\delta_{из}$ = 0,1 м	16,76/15,99	16,49/15,56	11,90/8,12	-9,69/-9,37	-9,73/-9,44
2. С внутренней стороны $\delta_{из}$ = 0,1 м	16,77/16,02	16,50/15,59	-4,92/-1,68	-9,47/-9,02	-9,73/-9,45
3. ТИ отсутствует (трехслойное ограждение)	14,48	13,72	-8,11	-8,87	

Таблица 9. Результаты расчета парциальных давлений водяного пара в четырехслойном ограждении при различных расположениях тепловой изоляции (ТИ). ($\lambda_{из}$ = 0,05 Вт/(м·К)), Казань ($t_{х.м}$ = -13,5 °С, $t_в$ = 20 °С). 1. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,37 м; $\delta_3 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_4 = 0,0035 м; 2. δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м; 3. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м

Расположение ТИ в ограждении	p_1, Па	p_2, Па	p_3, Па	p_4, Па	p_5, Па
Парциальное давление при полном насыщении водяного пара в воздухе					
1. С наружной стороны	2187,3/2132,8	2156,2/2090,3	1678,7/1473,6	197,5/201,0	197,0/189,5
2. С внутренней стороны	2188,1/2133,8	2157,2/2092,2	287,0/332,0	203,0/207,0	197,0/204,0
3. ТИ отсутствует (трехслойное ограждение)	1796,5	1695,8	236,0	219	
Фактическое парциальное давление водяного пара					
1. С наружной стороны	1280,7/1279,9	1252,4/1248,6	681,3/573,54	171,9/173,4	143,6/140,0
2. С внутренней стороны	1280,8/1280,1	1253,1/1247,5	753,4/856,5	193,7/198,9	165,9/166,3
3. ТИ отсутствует (трехслойное ограждение)	1280,3	1249,2	197,3	166,2	

Таблица 10. Результаты расчета парциальных давлений водяного пара в четырехслойном ограждении при различных расположениях тепловой изоляции (ТИ) ($\lambda_{из}$ = 0,05 Вт/(м·К)). Москва ($t_{х.м}$ = -10,2 °С, $t_в$ = 18 °С). 1. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,37 м; δ_3 = $\delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_4 = 0,0035 м; 2. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = $\delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м; 3. δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м

Расположение ТИ в ограждении	p_1, Па	p_2, Па	p_3, Па	p_4, Па	p_5, Па
Парциальное давление при полном насыщении водяного пара в воздухе					
1. ТИ с наружной стороны	1970,6/1816,4	1875,6/1766,9	1393,2/1081,4	266/275,0	265,5/273,0
2. ТИ с внутренней стороны	1908,8/1819,4	1877,0/1770,5	405/531,0	270,5/284,0	266/270,0
3. ТИ отсутствует (трехслойное ограждение)	1658,4	1569,6	307	286,5	
Фактическое парциальное давление водяного пара					
1. ТИ с наружной стороны	1130,2/1129,3	1102,9/1095,9	550,2/423,5	221,6/223,3	194,2/190,0
2. ТИ с внутренней стороны	1130,3/1129,4	1103,6/1097,0	782,51/902,6	242,5/248,6	215,8/216,2
3. ТИ отсутствует (трехслойное ограждение)	1130,5	1105,0	241,2	215,7	

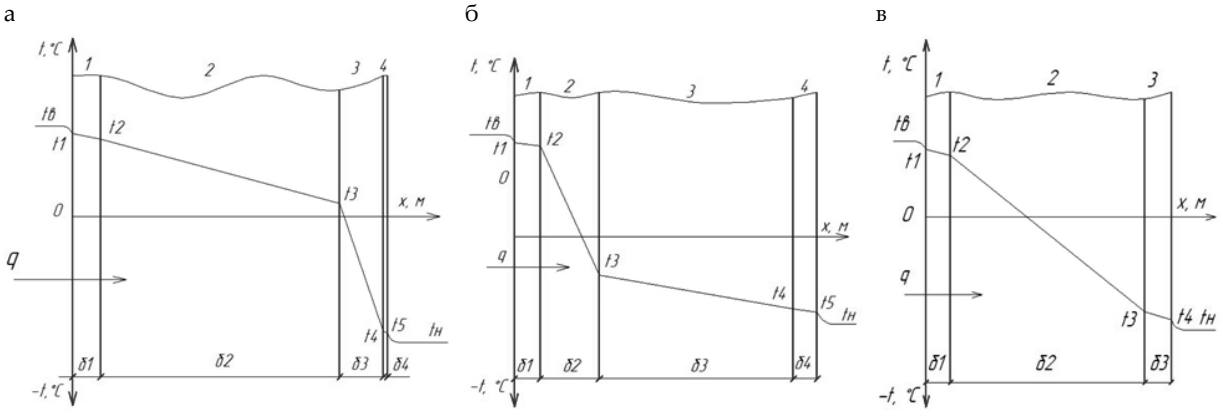


Рис. 1. Схемы наружных ограждающих конструкций зданий при расположении тепловой изоляции снаружи ограждения (а), с внутренней стороны ограждения (б), при отсутствии тепловой изоляции в ограждении (в):
1, 2, 3, 4 – номера слоев ограждения; t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, – температуры на границах слоев ограждения; δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 – толщины слоев ограждения; $t_в$, $t_н$ – температура внутреннего и наружного воздуха

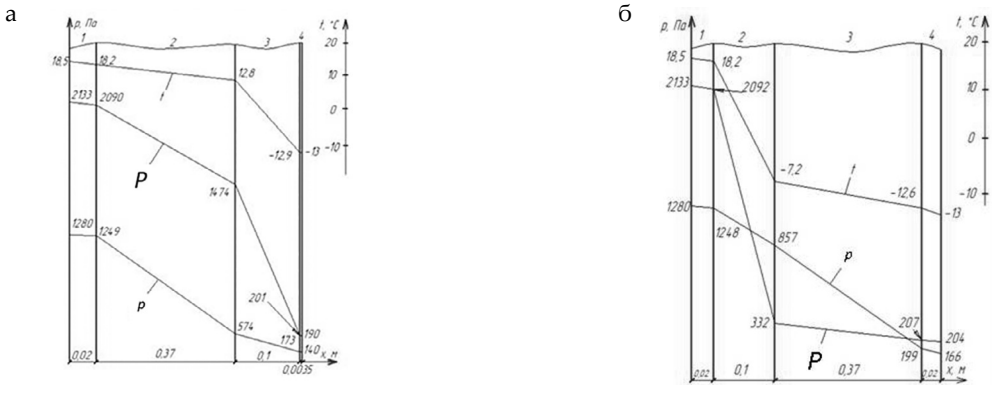


Рис. 2. Графики распределения температур и парциальных давлений водяного пара в ограждении при расположении тепловой изоляции снаружи ограждения (а), с внутренней стороны ограждения (б):
1, 2, 3, 4 – номера слоев ограждения; *t* – график изменения температуры;
P – график изменения парциального давления водяного пара при полном насыщении;
p – график изменения действительного парциального давления водяного пара

ратуры в ограждении остается таким же, как и при $\delta_{из}$ = 0,15 м. При этом числовые значения температур на границах слоев ограждения незначительно снижаются (см. значения температур в знаменателях дробей табл. 1, 2).

При отсутствии в наружном ограждении тепловой изоляции (ограждение состоит из трех слоев: 1-й внутренний и 3-й наружный слои – известково-песчаная штукатурка, δ_1 = δ_3 = 0,02 м; 2-й конструктивный слой – кирпич силикатный, δ_2 = 0,62 м) происходит резкое изменение температуры в конструктивном слое (см. рис. 1, в, табл. 3): при $t_н = t_{н5}$ = -32 °С $t_в$ = 20 °С имеем: $t_1 = \tau_В$ = 13,51; t_2 = 12,11; t_3 = -28,15; $t_4 = \tau_Н$ = -29,54 °С. В конструктивном слое в зимний расчетный период ($t_н$ = -32 °С) температура изменяется от +12,11 до -28,15 °С, что снижает теплотехнические и механические свойства этого слоя ограждения вследствие замерзания влаги в нем.

Аналогичный характер изменения температуры в наружном ограждении отапливаемого здания наблюдается для климатологического района г. Москвы. Исследования выполнены при $t_в$ = 18 °С, $t_{н5}$ = -26 °С для четырехслойных ограждений при расположении тепловой изоляции с наружной стороны (δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,0035 м) и с внутренней стороны ограждения после слоя штукатурки по направлению теплового потока q (δ_1 = 0,02 м; $\delta_2 = \delta_{из}$ = 0,1/0,05 м; δ_3 = 0,37 м; δ_4 = 0,02 м) (см. табл. 4, 5). При этом рассмотрены случаи, когда $\delta_{из}$ = 0,1 м и $\delta_{из}$ = 0,05 м. Результаты исследований для ограждения при отсутствии тепловой изоляции (δ_1 = 0,02 м; δ_2 = 0,62 м; δ_3 = 0,02 м) приведены в табл. 6. При расположении тепловой изоляции с внутренней стороны, а также при отсутствии тепловой изоляции в конструктивном слое ограждения в зимний период температура становится отрицательной (см. табл. 5, 6), что приводит к снижению его теплотехнических и механических свойств.

2. Анализ влажностного режима наружного ограждения проведен для стационарного состояния и с учетом только диффузии водяного пара через ограждение при значениях $t_н = t_{х.м}$. Вначале выполнен расчет температурных полей в ограждениях (см. табл. 7, 8, рис. 2), а затем по известным значениям температур рассчитывались парциальные давления водяного пара при полном насыщении и фактические значения парциальных давлений водяного пара, движущегося внутри ограждения (см. табл. 9, 10, рис. 2). Рассмотрены четырехслойные конструкции при расположении тепловой изоляции с наружной и с внутренней стороны ограждения и трехслойная конструкция при отсутствии тепловой изоляции. Исследования проведены для двух климатологических районов Российской Федерации – г. Казани и г. Москвы.

Анализ результатов исследований влажностных режимов ограждений показывает, что при расположении тепловой изоляции с внутренней стороны в конструктивном слое ограждения в зимний период всегда происходит конденсация водяных паров (см. рис. 2, б), что приводит к его увлажнению и последующему разрушению. Расположение тепловой изоляции с внутренней стороны ограждения недопустимо. При отсутствии тепловой изоляции конденсация влаги в ограждении не наблюдается, однако в зимний период конструктивный слой ограждения работает при отрицательных температурах (см. табл. 3, 6–8).

3. Выполнена оценка влияния толщины тепловой изоляции на изменение тепловой мощности системы отопления на примере девятиэтажного жилого дома для углового помещения, имеющего следующие размеры: Ас = 3,5; Аз = 6; $h_{эт}$ = 2,8, $h_{ок} \times b_{ок}$ = 1,5 × 1,5 м. Тепловая мощность системы отопления помещений здания рассчитывалась по СНиП 41-01-2003 и [6–8]. Установлено, что при снижении толщины тепловой изоляции с 0,15 до 0,1 м ($\lambda_{из}$ = 0,05 Вт/(м·К)) расчетная тепловая мощность системы отопления помещения здания повышается с 1136,52 до 1306,06 Вт (на 14,92 %) для климатологического района г. Казани. Для г. Москвы снижение толщины слоя с 0,1 до 0,05 м обусловливает повышение тепловой мощности на 28,84 % (с 1066,31 до 1373,83 Вт).

Дополнительно проведено исследование влияния числового значения коэффициента теплопроводности теплоизоляционного слоя $\lambda_{из}$ на распределение температуры в многослойном ограждении и на величину тепловой мощности системы отопления помещений здания. При повышении $\lambda_{из}$ в два раза с 0,05 до 0,1 Вт/(м·К) мощность системы отопления помещения здания возрастает на 27,07 % (с 1306,06 до 1659,63 Вт). При этом температура на внутренней поверхности ограждения понижается на 1,42 °С (с 17,71 до 16,29 °С). Расчеты выполнены для климатологического района г. Казани при условиях, что тепловая изоляция расположена снаружи ограждения, $\delta_{из}$ = 0,1 м, $t_н$ = -32 °С, $t_в$ = 20 °С. Аналогичные результаты получаются для климатологического района г. Москвы. Мощность системы отопления помещения здания возрастает на 28,25 % (с 1066,31 до 1367,5 Вт), температура на внутренней поверхности ограждения понижается на 1,2 °С (с 16,06 до 14,86 °С).

Выводы. 1. Разработаны методика и программа для ЭВМ теплотехнических расчетов наружных многослойных ограждений и тепловой мощности системы отопления зда-

ния. Выполнены теплотехнические расчеты четырехслойных и трехслойных ограждений для двух климатологических районов Российской Федерации – г. Казани и г. Москвы. Рассмотрены варианты расположения тепловой изоляции с наружной и внутренней стороны ограждения и трехслойная конструкция при отсутствии тепловой изоляции. Установлено, что при расположении тепловой изоляции с внутренней стороны в конструктивном слое ограждения в зимний период всегда происходит конденсация водяных паров, что приводит к увлажнению и последующему разрушению конструктивного слоя.

2. Произведена оценка влияния параметров тепловой изоляции на изменение температурного поля в ограждении и тепловой мощности системы отопления на примере девятиэтажного жилого дома. Показано, что при снижении $\delta_{из}$ с 0,15 до 0,1 м расчетная тепловая мощность системы отопления помещения здания повышается на 14,92 % для климатологического района г. Казани и на 28,84 % для г. Москвы при снижении $\delta_{из}$ с 0,1 до 0,05 м. При повышении $\lambda_{из}$ в два раза с 0,05 до 0,1 Вт/(м·К) мощность системы отопления помещения здания, расположенного в г. Казани, возрастает на 27,07 %, а для г. Москвы – на 28,25 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кудинов А.А.* Строительная теплофизика. М.: ИНФРА–М, 2012. 262 с.

2. Справочник проектировщика: внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление / под. ред. И.Г. Староверова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1990. 344 с.

3. *Фокин К.Ф.* Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.

4. *Кудинов А.А.* Тепломассообмен. М.: ИНФРА–М, 2012. 375 с.

5. *Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А.* Тепломассообмен. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 562 с.

6. *Сканави А.Н., Махов Л.М.* Отопление. М.: АСВ, 2002. 576 с.

7. *Кудинов А.А., Зиганшина С.К.* Отопление гражданского здания. Самара : СамГТУ, 2020. 83 с.

8. *Кудинов А.А., Зиганшина С.К.* Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: монография. М.: Машиностроение, 2011. 374 с.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024617810 Российская Федерация. Расчет ограждающих конструкций и системы отопления здания / А.А. Кудинов, С. К. Зиганшина; заявл. 28.03.2024; опубл. 05.04.2024.

REFERENCES

1. Kudinov A.A. *Stroitel'naja teplofizika* [Construction Thermal Physics]. Moscow, INFRA, 2012. 262 p.

2. Staroverova I.G. *Spravochnik proektirovshhika: vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva. Ch.1. Otoplenie* [Designer's Handbook: internal sanitary facilities. Ch.1. Heating]. Moscow, Stroyizdat, 1990. 344 p.

3. Fokin K.F. *Stroitel'naja teplotehnika ograzhdajushhih chastej zdanij. Izd. 4-e, pererab. i dop.* [Construction heat engineering of enclosing parts of buildings. Ed. 4th, revised. and add.]. Moscow, INFRA-M, 1973. 287 p.

4. Kudinov A.A. *Teplomassoobmen* [Heat-and-mass transfer]. Moscow, INFRA-M, 2012. 375 p.

5. Tsvetkov F.F., Grigoriev B.A. *Teplomassoobmen* [Heat-and-mass transfer]. Moscow, MPEI Publishing House, 2011. 562 p.

6. Scanavi A.N., Makhov L.M. *Otoplenie* [Heating]. Moscow, ACV, 2002. 576 p.

7. Kudinov A.A., Ziganshina S.K. *Otoplenie grazhdanskogo zdanija* [Heating of civil building]. Samara, SamSTU, 2020. 83 p.

8. Kudinov A.A., Ziganshina S.K. *Jenergosberezhenie v teplojenergetike i teplotehnologijah: monografija* [Energy saving in heat power engineering and heat technologies: monograph]. Moscow, Mechanical Engineering, 2011. 374 p.

9. Kudinov A.A., Ziganshina S.K. *Raschet ograzhdajushhih konstrukcij i sistemy otoplenija zdanija* [Calculation of enclosing structures and building heating system]. Patent RF, no. 2024617810, 2024.

Об авторах:

КУДИНОВ Анатолий Александрович
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры тепловых электрических станций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: a.a.kudinov@yandex.ru

ЗИГАНШИНА Светлана Камиловна
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры тепловых электрических станций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: svet.zig@yandex.ru

KUDINOV Anatolii Al.
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Thermal Power Plants Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: a.a.kudinov@yandex.ru

ZIGANSHINA Svetlana K.
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
Professor of the Thermal Power Plants Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: svet.zig@yandex.ru

Для цитирования: Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Анализ влияния параметров тепловой изоляции на эффективность ограждающих конструкций и системы отопления здания // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 60–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.07.
For citation: Kudinov A.A., Ziganshina S.K. Analysis of the influence of thermal insulation parameters on the effectiveness of enclosing structures and building heating systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 60–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.07.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ЖУРНАЛ INNOVATIVE PROJECT

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

Основан в 2016 году. Учредителем журнала является Самарский государственный технический университет
Журналу присвоен международный номер периодических изданий ISSN 2500-3437

Статьи, представленные для публикации в журнале, проходят обязательное независимое рецензирование, рецензентами выступают члены редакционной коллегии и ведущие российские ученые, работающие в сфере научной тематики журнала

Журнал выходит по следующим тематическим специальностям:

- Архитектура и градостроительство:
  2.1.11. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия
  2.1.12. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности
  2.1.13. Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов
- Прикладное искусство и дизайн:
  5.10.1. Теория и история искусства

Журнал индексируется: РИНЦ, Crossref.
Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНАЯ

ТЕРЯГОВА Александра Николаевна
кандидат архитектуры, главный редактор

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, АСА СамГТУ
Техническая поддержка:
Филиппов Василий Дмитриевич
Телефон: +7 (846) 339-14-59
E-mail: filippov.vd@samgtu.ru

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 711.8(24).69.035.4/470.43 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.08

Д. И. ВАСИЛЬЕВА
М. Н. БАРАНОВА

ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И КУЛЬТУРНЫЕ СЛОИ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКА В 101 КВАРТАЛЕ Г. САМАРЫ

UNDERGROUND STRUCTURES AND CULTURAL LAYERS XIX – BEGINNING OF XX CENTURY IN 101 QUARTERS OF SAMARA

В статье изучены культурные слои и подземные сооружения, обнаруженные в ходе охранно-спасательных археологических раскопок в 101 квартале г. Самары. Выделены типы фундаментов разновозрастных зданий, и сделана попытка определить стадии использования территории под строительство. Описано петрографическое изучение образцов кирпичей. Исследованы природные слабонарушенные почвы на территории 101 квартала Самары.

Ключевые слова: *культурные слои, история города, подземные сооружения, древние сооружения, подземные части зданий*

The article studied cultural layers and underground structures that were discovered during security and rescue archaeological excavations in the 101 quarter of Samara. The types of foundations of buildings of different ages were identified and an attempt was made to determine the stages of use of the territory for construction. Petrographic study of brick images is described. Natural weak soils were investigated in the territory of 101 quarters of Samara.

Keywords: *cultural layers, city history, underground structures, ancient structures, underground parts of buildings*

В настоящее время археологические исследования часто проводятся в исторических частях городов, в которых планируется реконструкция или новая застройка земельных участков. Для получения разрешения на строительство в соответствии с федеральным законом № 73 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» требуется провести историко-культурную экспертизу на земельном участке и, в случае обнаружения на нем культурных слоев возрастом более 100 лет, организовать археологическое исследование выявленного объекта [1].

В процессе археологических раскопок в старых частях города можно получить информацию о прошлом не только в виде остатков материальной культуры, но и о строительных материалах и конструкциях, истории развития представлений о возведении подземных частей зданий и сооружений, технологиях строительства и т. п.

О создании подземных сооружений известно с глубокой древности [2, 3]. В настоящее время они изучаются не только археологами, но и геологами, геоморфологами, почвоведами, палеоэкологами и др. Разнообразие таких объектов очень велико: подземные города, храмы, мечети, кельи, некрополи, коммуникации, катакомбы, ходы, резервуары для сбора воды и пр. [4]. Первые конструкции фундаментов относятся еще к эпохе каменного века; например, на территории современного Кипра в 1934 г. был найден неолитический памятник (поселение) Хирокития (Khirokitia), который датируется VII – IV вв., где обнаружены древние жилища с фундаментами мелкого заложения из крупных булыжников, уложенных на песчаные грунты [5].

В Самаре изучение культурных слоев города ведется не первый год. В процессе археологических раскопок на территории Хлебной

CC BY

площади было выявлено, что при строительстве второй Самарской крепости для укрепления основания и защиты от экзогенных геологических процессов (оползней, оврагов) использовались деревянные конструкции в виде прямоугольных клетей из сосновых бревен, засыпанные песком [6, 8].

Целью представленной статьи является изучение подземных сооружений и культурных слоев, датируемых концом XIX – началом XX в., расположенных в так называемом «101 квартале» в Железнодорожном районе Самары в границах улиц Никитинской, Вилоновской и Буянова. Этот земельный участок находится в планируемых границах объекта культурного наследия федерального значения «Историческое поселение Самары». Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: во-первых, исследование строения, состава и свойств культурных слоев, вскрытых в археологических раскопах; во-вторых, анализ особенностей строительства подземных сооружений в Самаре в конце XIX – начале XX в.; в-третьих, петрографическое изучение найденных строительных материалов.

Почвенно-археологические исследования культурных слоев проводились летом 2022 г., в процессе раскопок были отобраны образцы и затем проведено петрографическое изучение строительных материалов (в основном обломков кирпича с клеймами). Археологические раскопки проводились ООО НПЦ «Бифас», держатель открытого листа П.П. Барынкин, руководитель раскопа Л.С. Кулакова. Размеры раскопа – чуть больше 2 000 м^2.

Использовались следующие методы: рекогносцировочное обследование территории памятника, полевое морфологическое изучение и описание почвенных разрезов культурных слоев и расположенных рядом остатков ненарушенных почв, камеральная обработка материалов, петрографическое изучение кирпича под микроскопом и др. Макроскопическое визуальное исследование образцов строительных материалов (в основном кирпича, имеющего клейма), общее описание внешнего вида, изучение морфологического облика, цвета, блеска (при наличии), структуры, текстуры, твердости (по шкале Мооса), реакции на соляную кислоту минералов и обломков горных пород в образце. Макроскопические исследования выполнялись на бинокулярном микроскопе БМ-51-2 при увеличении 8,7 крат. Микроскопическое исследование состоит в описании микротекстуры, микроструктуры, кристаллических констант для определения оптических признаков минералогического состава. Микроскопические исследования выполнялись на поляризационном микроскопе МИМ-8 с рабочим увеличением 25–56 крат [9–11].

Общий вид изученных культурных слоев в секторе 1 представлен на рис. 1.

В археологическом раскопе были обнаружены подземные части разновозрастных зданий, сделанные из глыб известняка, остатки подземных конструкций из кирпича, остатки сгоревших деревянных конструкций (полы), засыпанные ямы (погреба, колодец или сливная яма) и культурный слой, достигающий 2–2,5 м (рис. 2). Культурные слои отличаются высокой неоднородностью по мощности и составу, слоистостью, местами практически целиком состоят из антропогенных включений.

В составе культурного слоя кроме обломков кирпича, бетона, известняка, костей, угля разного размера были обнаружены следующие находки: стекло и стеклянные изделия

Рис. 1. Общий вид сектора 1
Fig. 1. General view of sector 1

Рис. 2. Культурный слой
на западной стенке раскопа в секторе 1
Fig. 2. Cultural layer
on western wall of excavation in sector 1

(флаконы, бутылки, стаканы), пломбы Самаро-Златоустовской железной дороги, монеты (например 1896 г.), бижутерия и др. В разрезах культурного слоя на памятнике имеются мощные прослои угля (до 40-50 см), расположенные на разных глубинах, что говорит о неоднократных и многочисленных пожарах. В том числе самый нижний прослой угля покрывает почвообразующие породы, представленные буровато-палевыми однородными легкими и средними суглинками четвертичного возраста. Поэтому можно предположить, что первое на данном земельном участке здание было построено из дерева и разрушено в результате пожара.

Слабонарушенные почвенные профили были обнаружены на восточном участке раскопа между фундаментами зданий и хозяйственными ямами (рис. 3) под насыпным слоем. Они отличаются достаточно большой мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта (А1+АВ = 105 (110) см). Для верхнего гумусово-аккумулятивного горизонта (А1 0-70 см) характерно: однородная окраска, темно-серый цвет, комковато-пылеватая структура с признаками зернистости, слабая уплотненность, пористость, среднесуглинистый гранулометрический состав, высокая перерытость норами почвенных животных. Ниже расположен переходный горизонт АВ (70-105(110)см), буровато-темно-серого цвета, неоднородной окраски, комковатой структуры. Горизонт В (105(110)-125 см) неоднородной окраски, на коричнево-буром фоне темно-серые языки, много нор с темно-серым заполнением, комковатой структуры, пористый, слабоуплотненный. Встречаются солевые белесые новообразования в виде налета, точек. Почвообразующей породой является однородный средний суглинок буровато-палевого цвета, комковатой структуры, с солевыми новообразованиями в виде трубочек, точек, налета на гранях структурных отдельностей. Перерыт редкими норами 3–4 см в диаметре с темным заполнением вышележащих горизонтов.

Таким образом, в ненарушенном виде почвы изученного участка близки к черноземам обыкновенным мощным на четвертичных лессовидных суглинках.

Изучены остатки подземных частей зданий разного возраста, общий вид раскопа представлен на рис. 4.

Среди изученных подземных конструкций можно выделить: во-первых, целиком сделанные из глыб известняка размером от 10 × 20 до 10 × 40 см, с заполнением между ними известковистым щебнем и песком (рис. 5).

Рис. 3. Слабонарушенные почвы в восточной части раскопа
Fig. 3. Weakly broken soils in the eastern part of the excavation

Рис. 4. Общий вид археологического раскопа с остатками подземных конструкций
Fig. 4. General view of the archaeological excavation with the remains of underground structures

Рис. 5. Общий вид подземной части здания из глыб известняка с кирпичной стеной
Fig. 5. General view of the underground part of the building made of limestone blocks with a brick wall

Можно предположить, что это наиболее древний из представленных в раскопе в 101 квартале типов подземных конструкций, поскольку он сделан полностью из природных материалов и залегает на слое практически ненарушенной черноземной почвы. Следует отметить, что известняк для изготовления подземной части брался, скорее всего, в выработках на территории Сокольих гор. При этом не был использован материал, отобранный на берегах р. Волги или из приповерхностных слоев, поскольку глыбы известняка не содержат следов выщелачивания, биологического выветривания, характеризуются плотным сложением, отсутствием трещиноватости.

Второй тип подземных конструкций сделан из смеси более мелких обломков известняка с примесью битого кирпича (рис. 6, а). Третий тип фундаментов сложен целиком из целого кирпича (рис. 6, б).

Два последних типа подземных конструкций, возможно, сооружены несколько позднее, чем первый, так как местами под ними встречаются простои мощностью около 10 см из угля и битого кирпича, что говорит о вторичном использовании территории после пожара (рис. 7).

В некоторых случаях в подземных конструкциях третьего типа (сделанных из целого кирпича) отсутствовал скрепляющий кирпичную кладку раствор (рис. 8).

Таким образом, можно выделить следующие стадии использования земельного участка под строительство: на первой стадии строительство велось на слабонарушенных или ненарушенных черноземных почвах, которые не использовались здесь под пашню, так как следов пахотного горизонта в остатках ненарушенных почвенных профилей и под подземными конструкциями первого типа не имеется. На второй стадии строительство велось на месте бывших пожаров, при этом территория расчищалась, остатки почвы срезались до уровня горизонта BC/C почвы (от которой остались только норы землероев диаметром 3–4 см с темным заполнением гумусового горизонта). Под более поздними подземными конструкциями имеются прослои угля и перемешанного насыпного грунта.

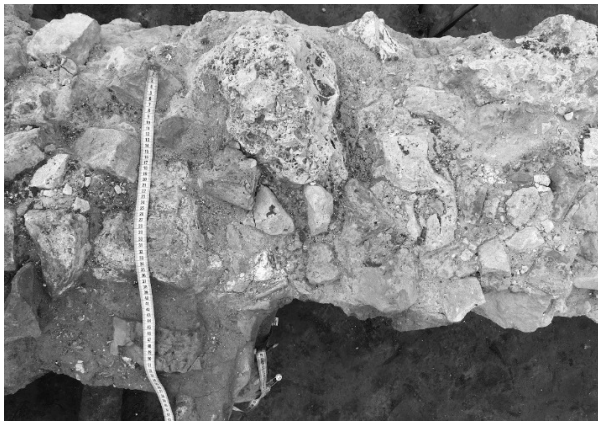
Для создания подземных сооружений на изученном археологическом памятнике были использованы в основном природные материалы – хемогенный известняк, дерево, запесоченный суглинок, а также искусственные материалы – кирпич разных изготовителей. По нашему мнению, подземные конструкции из глыб чистого хемогенного известняка были построены раньше, чем из смеси известняка с кирпичом и из кирпича.

В раскопе были найдены обломки кирпича со штампами изготовителей (рис. 9).

Изучая штампы на кирпичах, можно определить, на каком кирпичном заводе они были изготовлены. Например, первый образец (см. рис. 9) скорее всего был изготовлен на заводе купца Василия Ивановича Литягина, который был открыт в Самарской губернии в 1879 г. и по объемам производства был в четверке самых крупных заводов.

Для петрографического исследования предоставлены образцы кирпича, найденного на территории археологического раскопа. В качестве примера приведем петрографическое описание

а



б

Рис. 6. Разные типы подземных частей зданий в 101 квартале:
а – из смеси известняка и обломков кирпича; б – из цельного кирпича
Fig. 6. Different types of underground building parts in the 101 block:
a – from a mixture of limestone and brick fragments; b – from solid brick

образца. Образец (№ 7) представлен обломком светло-серого цвета, размером 110х90х45 мм, со сколами на ребрах и углах. На поверхности сохранился штамп с буквами «ПР» (рис. 10).

Внешний вид образца: имеет плотное строение с мелкими неглубокими выемками округлого очертания (рис. 11, а), и с одной стороны кирпича отмечается параллельная штриховка (рис. 11, б).

Рис. 7. Фундамент из глыб известняка с небольшой примесью битого кирпича (второй тип)
Fig. 7. Limestone block foundation with a small admixture of broken brick (second type)

Рис. 8. Подземная конструкция из кирпича без раствора
Fig. 8. Underground brickwork without mortar

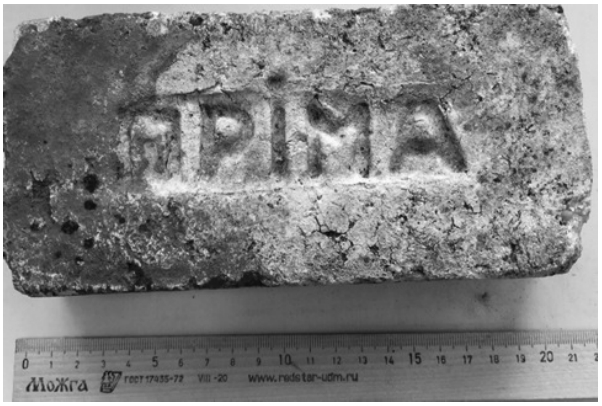


Рис. 9. Кирпич и со штампами
Fig. 9. Stamped brick

Рис. 10. Поверхность образца № 7 с буквой «Р»
Fig. 10. Surface of sample N. 7 with letter "P"

В сколе образец имеет светло-серый цвет с прозрачными песчинками кварца, сцементированными белой карбонатной массой с единичными пятнами краснокирпичной глины. Зерна кварца имеют форму от слабоугловатой до хорошо окатанной, прозрачные, с сильным стеклянным блеском, размером от 0,5 до 2,5 мм. Цементирующая масса угловатого очертания имеет слабовытянутое очертание между зернами песка (рис. 12, а, б).

Структура образца в сколе зернистая, текстура пористая. Поры имеют изометрическую, вытянутую, щелевидную и кавернозную форму размером от 0,15 до 1,8 мм (рис. 13, а), с единичными растительными включениями (рис. 13, б).

Таким образом, в качестве строительных материалов, использованных для изготовления подземных сооружений в 101 квартале г. Самары,

а б

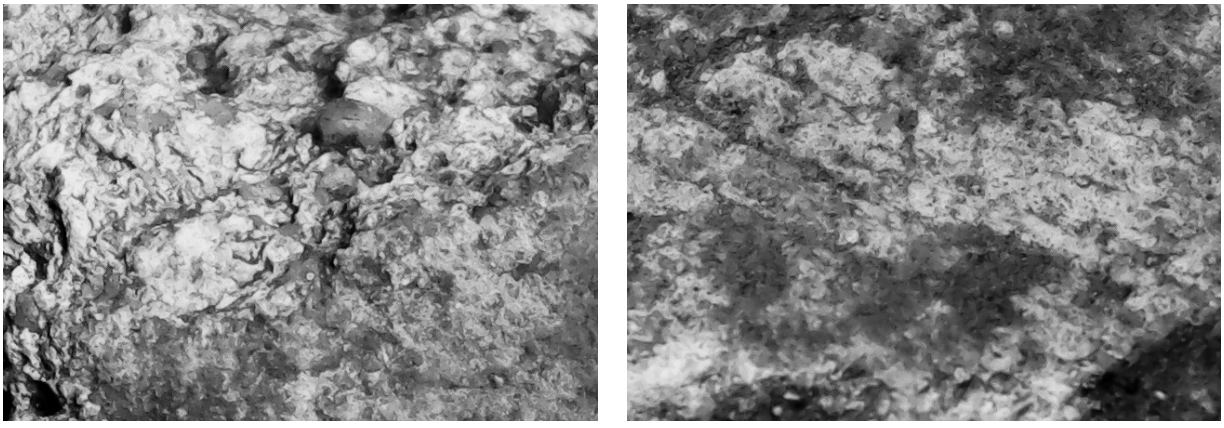


Рис. 11. Внешний вид образца № 7:
а – поверхность образца; б – штриховки на поверхности кирпича
Fig. 11. Appearance of sample N. 7:
a – sample surface; b – hatches on the surface of the brick

а б

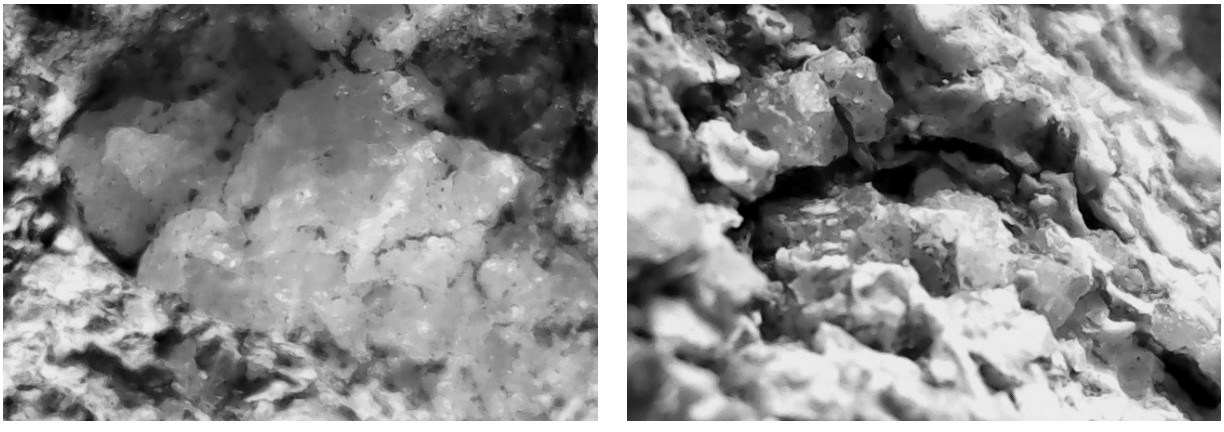


Рис. 12. Макрофотографии образца № 7:
а – угловатое и округлое зерна кварца в цементе; б – зерна кварца в цементной массе
Fig. 12. Macrophotographs of sample N. 7:
a – angular and rounded quartz grains in cement; b – quartz grains in cement mass

а б

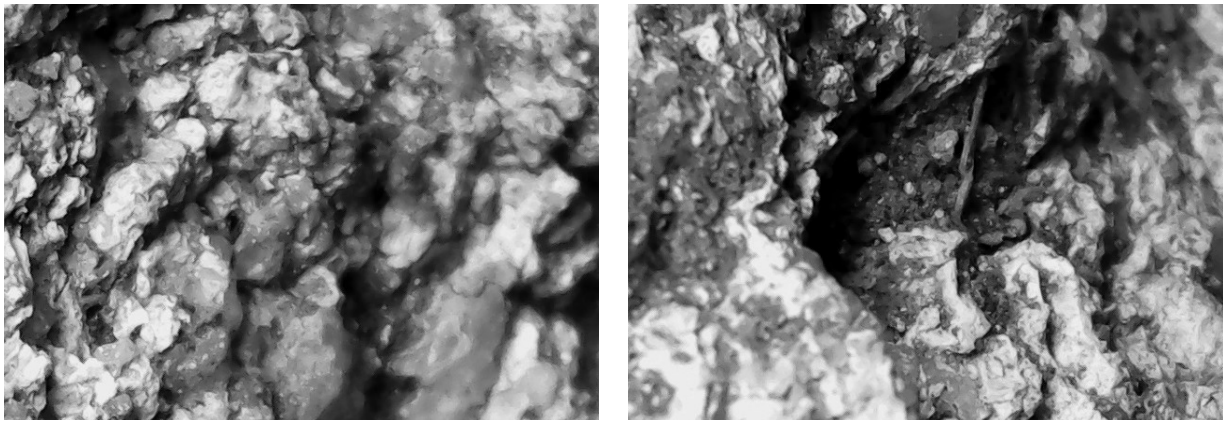


Рис. 13. Макрофотографии образца № 7:
а – внешний вид структуры в сколе; б – единичное растительное включение в образце
Fig. 13. Macrophotographs of sample No. 7:
a – appearance of the structure in the chip; b – single plant inclusion in the sample

применялись в основном хемогенный известняк и кирпич разных изготовителей.

В результате проведенного исследования почв, культурных слоев, подземных сооружений и строительных материалов, найденных в археологическом раскопе на территории 101 квартала г. Самары, можно сделать следующие **выводы:** 1) культурные слои конца XIX – начала XX в. характеризуются большой неоднородностью, наличием антропогенных включений, которые преобладают над природными компонентами; 2) изученные остатки подземных частей зданий подразделяются на три типа: целиком из природных материалов (из крупных глыб известняка до 40 см); из смеси более мелких обломков известняка и битого кирпича; из целого кирпича. Первый тип, возможно, является несколько более ранним, поскольку залегает на гумусово-аккумулятивном горизонте практически ненарушенной почвы. Под двумя другими типами подземных частей зданий прослеживаются прослои антропогенных наносов до 10 см толщиной; 3) известняк для изготовления фундаментов брался из карьерных разработок на территории Сокольих или Сокских гор, а не отбирался на дневной поверхности или на берегах р. Волги, так как характеризуется отсутствием следов выветривания, трещиноватости, высокой прочностью; 4) петрографическое изучение кирпича из археологического раскопа показало наличие в обожжённой глине различных включений в виде кварцевого песка, кремнистых гравийных обломков органических остатков и карбонатных кристаллов в однородной зернистой массе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 14.04.2023) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru (дата обращения: 14.07.2023).

2. *Каздым А.А.* Воздействие на геосферу в древности // Минералогия техногенеза. 2009. Т. 10. С. 240–250.

3. *Каздым А.А.* Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий (палеоэкологический аспект). М.: Наука, 2006. 158 с.

4. *Каздым А.А.* Древние техногенные спелеообъекты как историко-археологические памятники и проблемы аутигенного спелеоминерагенеза // Минералогия техногенеза. 2006. Т. 7. С. 53–68.

5. *Шаламова Е.А.* Вопросы методологии в истории возникновения и развития наук фундаментостроения с древнейших времен до начала XVII в. // Construction and Geotechnics. 2021. Т. 12, № 2. С. 51–63. DOI: 10.15593/2224-9826/2021.2.05.

6. *Васильева Д.И., Баранова М.Н.* Древние культурные слои города и их влияние на современное использование территории (на примере Самарской крепости) // Региональное развитие. 2015. № 1. С. 17.

7. *Васильева Д.И., Баранова М.Н., Мальцев А.В.* Влияние геологических и геоморфологических факторов на строительство Самарской крепости XVIII века // Градостроительство и архитектура. 2015. № 3(20). С. 6–12. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.03.1.

8. *Васильева Д.И., 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.

9. Испытания кирпича и камней керамических / сост. Н.Г. Чумаченко, В.В. Тюрников. Самара: СГАСУ, 2002. 32 с.

10. *Кочурова Р.Н.* Основы практической петрографии. *Л.*: *Л*ГУ, 1977. 176 с.

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

REFERENCES

1. Federal Law of 25.06.2002 No. 73-FZ (as amended by 14.04.2023) "On Objects of Cultural Heritage (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation". Available at: https://www.consultant.ru (accessed 14 July 2023).

2. Kazdym A.A. Impact on the geosphere in antiquity. *Mineralogija tehnogeneza* [Mineralogy of technogenesis], 2009, vol. 10, pp. 240–250. (in Russian)

3. Kazdym A.A. *Tehnogennye otlozhenija drevnih i sovremennyh urbanizirovannyh territorij (paleojekologicheskij aspekt)* [Man-made deposits of ancient and modern urbanized territories (paleoecological aspect)]. Moscow, Nauka, 2006. 158 p.

4. Kazdym A.A. Ancient technogenic speleobjects as historical and archaeological sites and problems of authigenic speleomineragenesis. *Mineralogija tehnogeneza* [Mineralogy of technogenesis], 2006, vol. 7, pp. 53–68. (in Russian)

5. Shalamova E.A. Issues of methodology in the history of foundation engineering from ancient times to the beginning of XVII. Construction and Geotechnics. 2021. V. 12, N.2. P. 51–63. DOI: 10.15593/2224-9826/2021.2.05

6. Vasilieva DI, Baranova M.N. Ancient cultural layers of the city and their influence on the modern use of the territory (on the example of the Samara fortress). *Regional'noe razvitie* [Regional development], 2015, no. 1, P. 17. (in Russian)

7. Vasilyeva D.I., Baranova M.N., Maltsev A.V. The influence of geological and geomorphological factors on the construction of the Samara fortress of the XVIII century. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2015, no. 3(20), pp. 6–12. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.03.1

8. Vasilyeva D.I., Baranova M.N., Maltsev A.V., Sokolova S.V. Geotechnical and petrographic features of technogenic layers on the territory of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 4–15. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.1

9. Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V. *Ispytanija kirpicha i kamnej keramicheskih* [Tests of ceramic bricks and stones]. Samara, SGASU, 2022. 32 p.

10. Kochurova R.N. *Osnovy prakticheskoj petrografii* [Fundamentals of practical petrography]. Leningrad, Leningrad State Univercity, 1977. 176 p.

11. Platonov M.V., Tugarova M.A. *Petrografija oblomochnyh i karbonatnyh porod* [Petrography of clastic and carbonate rocks]. St. Petersburg, St. Petersburg State University, 2004. 72 p.

Об авторах:

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

VASILIEVA Daria Ig.
PhD of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Structural Mechanics,
Engineering Geology, Bases and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 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
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: mnbaranova@yandex.ru

BARANOVA Margarita N.
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Structural Mechanics,
Engineering Geology, Bases and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 2440
E-mail: mnbaranova@yandex.ru

Для цитирования: *Васильева Д.И., Баранова М.Н.* Подземные сооружения и культурные слои XIX – начала XX века в 101 квартале г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 69–76. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.08.

For citation: Vasilyeva D.I., Baranova M.N. Underground structures and cultural layers XIX – beginning of XX century in 101 quarters of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 69–76. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.08.

УДК 624.154.046.001.6 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.09

Д. Н. КУТЛИЯРОВ
А. Н. КУТЛИЯРОВ
Л. Р. ЗАГИТОВА
А. Ю. КОНОНОВА

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

GEOTECHNICAL ENGINEERING SURVEYS AND SOIL TESTING IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Предлагается способ повышения эффективности инженерно-геотехнических изысканий за счет рационального использования быстрых приближенных методов испытаний грунта («экспресс-методов»). Такие испытания рекомендуется выполнять в большом объеме и рассматривать как средство оценки геотехнического строения площадки в целом. В работе эти вопросы рассматриваются на примере определения несущей способности свай по данным статического зондирования и статических испытаний натурных свай. Предложена математическая модель оценки информативности комплекса испытаний, основанная на понятиях теории информации. Расчеты по этой модели показывают, что информативность большого числа приближенных испытаний может (из-за неоднородности грунта) превышать информативность малочисленных точных испытаний.

Ключевые слова: *испытания грунтов, точность (достоверность) испытаний, статическое зондирование грунтов, несущая способность свай, погрешность, строительство*

The article suggests a way to increase the efficiency of geotechnical engineering surveys through the rational use of fast approximate methods of soil testing ("express methods"). Such tests are recommended to be carried out in large volume and considered as a means of assessing the geotechnical structure of the site as a whole. In this paper, these issues are considered by the example of determining the bearing capacity of piles according to static sounding data and static tests of full-scale piles. A mathematical model for assessing the information content of the test complex based on the concepts of information theory is proposed. Calculations based on this model show that the informativeness of a large number of approximate tests may (due to the heterogeneity of the soil) exceed the informativeness of a small number of accurate tests.

Keywords: *Soil testing, accuracy (reliability) of tests, static sounding of soils, bearing capacity of piles, sinfulness, construction*

Введение

Инженерно-геотехнические изыскания и испытания грунтов играют решающую роль в обеспечении надежности и безопасности при строительстве зданий и сооружений. Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания часто связаны с проведением большого числа различных испытаний грунтов (статическое зондирование, динамические испытания свай, динамическое зондирование, статические испытания эталонных или натурных свай, испытания грунта штампом, прессиометром, геофизические исследования и т. д.). Результаты таких испытаний могут существенно различаться по своей достоверности, количеству. Это обстоятельство затрудняет обобщение получаемых данных, так как изыскателю приходится иметь дело с множеством частных значений искомого показателя, отражающих не только условия различных точек площадки, но и достоверность самих испытаний. Ни российские, ни зарубежные нормативные документы по вопросам геотехники не содержат четких указаний по анализу неравноточных испытаний, что на практике приводит к упрощенному подходу, когда решения принимаются по результатам наиболее точного метода, а результаты прочих методов рассматриваются как «подстраховка» и практически не отражаются на принимаемых решениях. Естественно, что в условиях сжатых сроков работ это порождает у практика-изыскателя скептический вопрос: нужны ли вообще все эти приближенные испытания? Не ограничиться ли применением только «точных» испытаний?

CC BY

Такое недоиспользование приближенных методов испытаний характерно не только для российской, но и зарубежной изыскательской практики. Возникающая ситуация представляется ненормальной, так как на проведение приближенных испытаний приходится затрачивать много времени и материальных средств, а влияние их на окончательный результат минимально.

Методика и постановка задачи

Описанная ситуация особенно часто проявляется в изысканиях для строительства объектов на свайных фундаментах, когда искомым показателем становится несущая способность свай, а для ее определения параллельно используются методы различной точности. Такими методами обычно становятся статическое зондирование грунтов и статические испытания натурных свай (по современной терминологии «испытания грунтов сваями») [1–6]. Это наиболее точные методы оценки сопротивлений свай, но они существенно различаются по многим своим качествам, в связи с чем на их примере удобно рассматривать роль приближенных и «точных» методов испытаний в геотехнических изысканиях[4, 7, 8].

Статическое зондирование – это быстрый, дешевый метод оценки сопротивлений свай, получивший широкое применение во всем мире [3]. По достоверности оценки сопротивлений свай зондирование уступает статическим испытаниям натурных свай, но статические испытания намного дороже и продолжительнее. Статическое зондирование, проведенное на глубину 10–15 м, позволяет (при использовании соответствующих компьютерных программ) за считанные минуты оценить сопротивление свай любой длины в рассматриваемом интервале глубин (например от 3 до 15 м). При этом «погрешность» определения искомого сопротивления сваи обычно находится в пределах 30–35 % [1, 7]. Примерно такая же достоверность у зарубежных методов расчета сопротивлений свай по данным зондирования [7, 8]. В то же время статическое испытание сваи («испытание грунта сваей») продолжается несколько суток, причем перед этим требуется изготовление свай, доставка этих свай (испытуемой и анкерных) к месту испытания, забивка свай и двух- трехнедельная выдержка в грунте («отдых» свай). Все это требует затрат времени около месяца. Хотя достоверность результата такой оценки сопротивления сваи высока («погрешности» менее ±5 %), стоимость ее примерно в 20–30 раз выше стоимости определений по данным зондирования, а затраты времени (если учитывать забивку и «отдых») в десятки и даже сотни раз больше, чем при использовании статического зондирования. При этом специалисты по геотехнике во всем мире рассматривают результаты статических испытаний свай условно как «точные», а результаты расчетов по данным зондирования – как «приближенные».

Результаты исследований

Для теоретической оценки информативности любого приближенного метода необходимо установить количественные критерии достоверности его результатов. Таковыми обычно являются данные прошлого опыта в виде результатов сопоставления «точных» и приближенных показателей. Для проверки достоверности определения сопротивлений свай по данным зондирования необходимо сравнить их сопротивление, определенное через зондирование, с результатами статических испытаний натурных свай.

На рис. 1 приведены результаты таких сопоставлений, выполненные институтом БашНИИстрой [1] в период 60–80-х гг. прошлого века. Статическое зондирование выполнялось установкой С-832. Расчеты сопротивлений свай производились методом, изложенным в действовавших в то время российских нормативных документах – СНиП II-17-77, СНиП 2.02.03-85 (методика расчета сохранилась без изменения до настоящего времени).

Инженерно-геологические условия площадок, на которых проводилось сравнение, характеризовались в основном аллювиальными и делювиальными отложениями, преимущественно глинистыми, но в отдельных случаях встречались площадки с другими отложениями (флювиогляциальными, моренными и др.). Площадки располагались в европейской и западносибирской частях бывшего СССР (города Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Пермь, Тюмень, Самара и др.). Использовались результаты испытаний более 500 свай сечением от 0,2×0,2 до 0,4×0,4 м (в основном 0,3×0,3 м), длиной от 3 до 18 м. В статических испытаниях свай за предельное сопротивление принималась нагрузка, при которой осадка составляла 2 см. Аналогичные результаты для других приближенных испытаний были получены в 80-е гг. специалистами института «Фундаментпроект» [7].

Отображенные на рис. 1 сведения позволяют оценивать точность отдельных (частных или обобщенных) значений сопротивлений свай. Однако на практике часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда необходима оценка не отдельных значений сопротивлений, а площадки в целом, включая выяснение расположе-

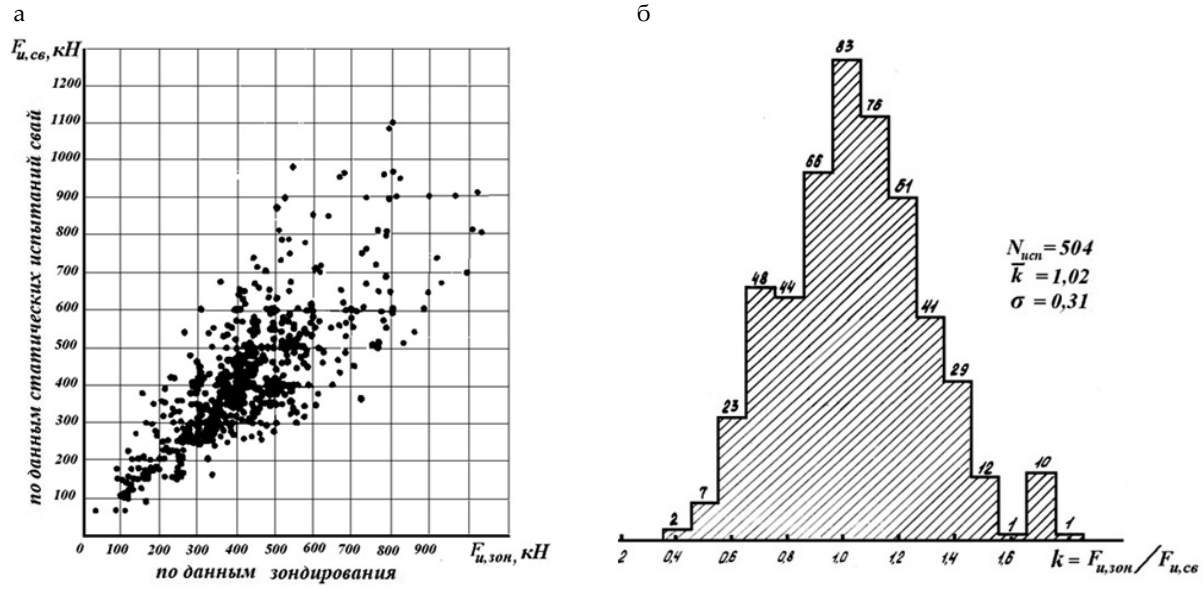


Рис. 1. Результаты сопоставления предельных сопротивлений забивных призматических свай, рассчитанных по данным зондирования, $F_{ц,зон}$, с сопротивлениями, полученными путем их статических испытаний, $F_{ц,св}$: а – диаграмма рассеяния «$F_{ц,св} \sim F_{ц,зон}$»; б – гистограмма распределения отношений $F_{ц,зон} / F_{ц,зон}$, построенная по тем же данным

ния ее участков с различными сопротивлениями свай. Иными словами, может возникнуть необходимость оценки числового «образа площадки» в виде картограммы распределения (в плане) сопротивлений свай. Если такая картограмма построена по приближенным данным, она неизбежно будет содержать искажения истинного «образа». При неточных исходных данных такой разрез тоже будет искаженным. Для теоретического анализа влияния точности исходных данных на получаемые картограммы необходимо ввести некоторые количественные критерии.

На рис. 2 приведена площадка произвольной формы, разбитая на n мелких участков,

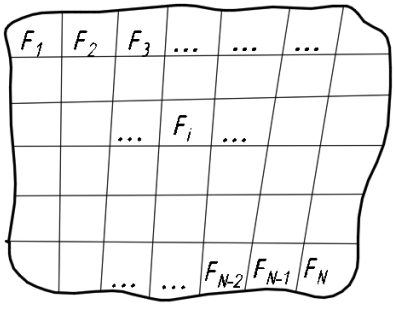


Рис. 2. Схема разделения площадки на участки (картограмма предельных сопротивлений свай F_i)

в пределах которых предельные сопротивления свай можно считать одинаковыми. Практически это возможно, например, при размерах участков 10–20 м^2.

Каждый участок будет характеризоваться своим предельным сопротивлением свай F_i, так что вся площадка может быть представлена в виде картограммы этих сопротивлений. Описанный подход применялся нами ранее, но используемые методические приемы в настоящее время представляются несколько устаревшими [7].

Рассмотрим вышесказанное подробнее с современных позиций.

Число возможных «образов площадки» N очень велико, оно должно составлять:

$$N = m^n, \quad (1)$$

где m – число возможных значений сопротивления свай (чаще всего они находятся в интервале 100–250 кН, что при точности ±10 кН соответствует m = 10–25); n – число участков, на которые разбита площадка.

Для объектов средней величины (1000–2000 м^2) при точности оценки сопротивлений свай ±10 кН число «образов площадки» будет выражаться величиной с двумя-тремя десятками цифр.

Перед проведением испытаний считается, что существует «*полная неопределенность*», т. е. все возможные значения F_i считаются одинаково вероятными. Число «образов» площадки N,

как отмечалось, должно быть равно m^n. После проведения на площадке каких-либо испытаний неопределенность будет уменьшаться, причем это уменьшение должно зависеть от точности проведенных испытаний и их количества (точнее – количества участков, на которых они проводились).

Количественный анализ таких ситуаций позволяет получить ряд интересных закономерностей, приведенных ниже. Необходимость операций с большими величинами устраняется при использовании в качестве математических моделей понятий и представлений теории информации. Так, для количественной оценки степени неопределенности сведений о сопротивлениях свай на площадке целесообразно использовать основополагающее понятие теории информации – энтропию (см. в [4, 7]). В общем случае под энтропией H (по К. Шеннону) понимается величина:

$$H = -\sum_{i=1}^{N} p_i \log_2 p_i, \qquad (2)$$

где p_i – вероятность i -го состояния системы (в данном случае i -го «образа» площадки);

N – число состояний системы (в данном случае это число возможных «образов площадки»).

Если все значения F_i принимаются равновероятными до проведения испытаний, то вероятность каждого варианта («образов» площадки) до проведения испытаний равна $p_i = 1/(m^n)$. Если оценивать неопределенность данной ситуации с помощью энтропии H, то эта энтропия будет максимальной и равной (в битах):

$$H = -N \ log_2 (1/N). \qquad (3)$$

При точности определения сопротивлений свай ±10 кН и интервале возможных значений F_i = 0–2500 кН, т. е. при m = 250 (250 возможных значений F_i), на каждом участке до проведения испытаний энтропия составит 8 битов.

После проведения первого испытания на любом участке неопределенность будет уменьшаться. Предположим, что на k-м участке было проведено испытание и получен результат F_k. Это приведет к изменению равенства вероятностей. Равенство вероятностей нарушится. На участке испытания (зона 1, закрашена черным цветом на рис. 3) величина показателя, соответствующая результату F_k, будет иметь максимальную вероятность. Близкие к ней значения F_{t-1} и F_{t+1} будут иметь меньшую вероятность, а более отдаленные (F_{t-1} и F_{t+1}) будут иметь еще меньшую вероятность. Вероятности на соседних участках могут быть определены путем интерполяции между значениями на участке испытания и за пределами зоны экстраполяции. Распределение F_k (на k-м участке) будет зависеть от точности проведенного испытания и должно соответствовать распределению возможных погрешностей, известных для данного метода. Для статического зондирования такое распределение приведено на рис. 1, а.

Изменение вероятностей на k-м участке приведет к уменьшению энтропии H_k, что отразится на общей энтропии площадки H. Это объясняется тем, что энтропия составных частей системы равна сумме их энтропий. Общая энтропия значений F_i по всей площадке равна сумме энтропий отдельных участков. В данном случае общая энтропия значений F_i по всей площадке равна сумме энтропий отдельных участков:

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + \ldots + H_k + \ldots + H_n. \qquad (4)$$

Такое уменьшение энтропии будет тем больше, чем точнее проведено испытание. Например, если испытание было проведено без ошибки, неопределенность на k-м участке была бы полностью исключена, с вероятностью значения F_k равной единице, т. е. $p(F_k) = 1$, а энтропия H_k на k-м участке стала бы равной нулю ($H_k = 1 \cdot \log 1 = 0$). Таким образом, если учитывать результат на k-м участке, общая энтропия стала бы меньше на 8 битов.

Если результаты испытания распространяются на соседние участки, уменьшение энтропии H будет еще больше. Возможность такой экстраполяции зависит от неоднородности грунтов площадки. Неоднородность может быть максимальной, высокой, средней или площадка может быть однородной. Каждое новое испытание на площадке будет уменьшать энтропию и уменьшать неопределенность о значениях F_i в пределах площадки.

Рассмотрим вышеупомянутый идеализированный пример, когда энтропия на испытательном участке стала равной нулю. Размеры участков одинаковые и составляют 3×3 м. В таком случае результаты испытания можно использовать на расстоянии 10,5 м в каждом направлении в однородном грунте, и значение энтропии в этой зоне будет составлять 4 бита (промежуточное значение между 0 и 8 битами).

Ясно, что уменьшение общей энтропии H будет тем больше, чем более однороден грунт. Разница между энтропией до и после испытания описывает количество информации по К. Шеннону [7, 8]:

$$I = H_0 - H_1, \quad (5)$$

где H_0 и H_1 – энтропия до и после испытания соответственно.

Второе испытание на другом участке этой же площадки, как уже отмечалось, приведет к аналогичному уменьшению энтропии H. Третье испытание также дополнительно уменьшит энтропию и т. д. Разность между предыдущим и последующим значениями энтропии каждый раз будет указывать на количество информации о площадке (в битах), внесенное новым испытанием. Такой метод позволяет оценить общее количество информации, содержащееся в результатах любой группы испытаний при любой их точности и неоднородности грунта.

Рассмотрим вопрос, сколько информации способен принести тот или иной метод определения сопротивлений свай в зависимости от достоверности своих результатов и количества точек площадки, в которых проводилось такое определение.

На рис. 3 показаны кривые одинакового количества информации о сопротивлениях свай, получаемой двумя независимыми видами испытаний разной точности при различном числе таких испытаний. На рис. 3, а рассматривалось статическое зондирование и статические испытания свай. На рис. 3, б сравнивались динамические испытания свай (расчеты по «отказам» при забивке) и статическое зондирование.

Сплошные линии отражают «эквивалентные» *по информативности* объемы работ, пунктирные – одинаковую *продолжительность* полевых работ. Заштрихованные зоны соответствуют ситуации, когда затраты времени на испытания свай (без подготовительных и вспомогательных работ) меньше, чем на зондирование при односменной (одинарная штриховка) или двухсменной (двойная штриховка) работе.

Отображенные на рис. 3 результаты расчетов выявляют парадоксальный на первый взгляд результат: *если на площадке имеется неоднородность грунта, то количество информации от малочисленных точных испытаний может быть меньше, чем от достаточно большого числа приближенных испытаний*. Это определено как парадокс. В данном случае понятие «неточность испытания» условно включает и недостаточную адекватность используемой расчетной схемы.

Расчет, проведенный для описанных выше идеализированных условий, показывает, что на площадке, разделенной на 100 участков в однородных грунтах, 20 приближенных испытаний с погрешностью ±30 % могут характеризовать площадку примерно так же, как одно точное испытание с погрешностью ±5 % в однородных грунтах. При неоднородности грунта такое же количество приближенных испытаний будет эквивалентно двум или пяти точным испытаниям, в зависимости от уровня неоднородности, а при «максимальной» неоднородности – девяти (при этом два точных испытания эквивалентны пяти приближенным).

К аналогичным выводам приводит и рассмотрение средних значений искомой характеристики $\bar{F}$. В этом случае удобнее пользоваться величиной стандартного отклонения результатов испытаний (σ) или ее относительной величиной – коэффициентом вариации ($v = \sigma/F$) [7]. Само же рассмотрение средних характеристик также заслуживает внимания, так как усреднение результатов испытаний является одним из этапов установления расчетных характеристик (согласно международному стандарту ISO-2394 [8] и национальным стандартам многих государств, в том числе России).

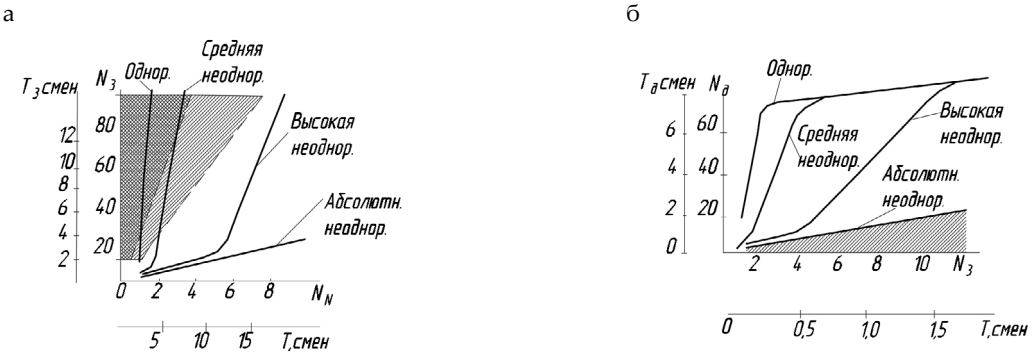


Рис. 3. Линии «эквивалентных» по своей информативности количеств испытаний грунтов разной достоверности (т. е. вносящих одинаковое количество информации о сопротивлениях свай): а – сравнение статического зондирования с испытаниями свай статической нагрузкой; б – то же с динамическими испытаниями свай; $N_з$, $N_и$, $N_д$ – числа испытаний соответственно зондированием, статическими нагрузками, динамическими испытаниями; $T_з$, $T_и$, $T_д$ – продолжительность комплекса испытаний соответственно зондированием, статической нагрузкой, динамическими испытаниями

Коэффициент вариации может быть определен как $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, где v_1 и v_2 – коэффициенты вариации, обусловленные соответственно неточностью испытания и неоднородностью грунта. Значения коэффициентов вариации для неоднородных грунтов и неточности испытаний задаются определенными значениями. Коэффициент вариации для однородных грунтов может быть принят равным 0,025, при средней неоднородности 0,1, при высокой неоднородности 0,2. Неточность испытаний может быть охарактеризована коэффициентами вариации 0,2 (приближенное испытание) и 0,025 («точное»). Относительные погрешности испытаний в соответствии с правилами теории ошибок должны быть равны:

$$\Delta = t_\alpha \upsilon, \quad (6)$$

где t_α – коэффициент Стьюдента, зависящий от принятой доверительной вероятности α и числа результатов испытания.

Расчеты показывают, что погрешность среднего результата испытаний также зависит от неоднородности грунта. Например, погрешность среднего результата из двух точных испытаний может быть такой же, как у среднего из 15 приближенных испытаний в однородных грунтах, 6 приближённых – в грунтах средней неоднородности, 3 приближенных – при высокой неоднородности.

Выводы, полученные из этих расчетов, применимы не только к площадке в целом, но и к отдельным инженерно-геологическим элементам.

Таким образом, неоднородность грунта в значительной мере снижает ценность «точных» испытаний. Она делает результаты таких испытаний как бы менее представительными. Если, например, предположить, что в какой-то точке площадки «точное» испытание выявило предельное сопротивление сваи 600 кН, есть ли гарантия, что в 15–20 м от этой точки предельное сопротивление не окажется в полтора раза ниже, если ни зондирование, ни бурение в этой части площадки не проводилось? Очевидно, что ответ на такой вопрос приходится давать отрицательный.

Недостаточное количество испытаний может быть опаснее, чем их недостаточная точность. Однако точные испытания являются дорогостоящими и требуют больших затрат времени, поэтому их применение в больших объемах с учетом неоднородности грунта невозможно. Вместо этого можно использовать более простой метод, такой как статическое зондирование, который решает данную проблему.

Однако следует отметить, что результаты любых испытаний могут содержать систематическую погрешность, которая не устраняется увеличением их числа. Чтобы устранить такую погрешность, необходимо сопоставлять приближенные результаты с «точными» данными.

В работах [1, 8] описан применяемый в Башкортостане метод совместного использования приближенного и «точного» методов определения различных геотехнических показателей, в том числе несущую способность свай. Сущность его в том, что приближенным методом («экспресс-методом») оценивается вся территория изучаемой площадки, а в наиболее типичном месте или в нескольких местах, именуемых «ключевыми участками», проводятся «точные» испытания, по которым производится корректировка приближенных оценок. Корректировка предполагает уточнение коэффициента надежности расчета применительно к условиям конкретной площадки $\gamma_к$.

Теоретической базой такой корректировки является «бейесовский» подход к совместному использованию данных, получаемых непосредственно на изучаемой площадке и в результате статистического анализа данных прошлого опыта [2, 7]. В роли «априорных гипотез» выступают статистически обработанные данные прошлого опыта. В рассматриваемом случае – это вероятности возможных значений несущей способности свай. Следует отметить, что отечественные специалисты обычно используют дискретные распределения, не задаваясь аналитическим законом распределения, зарубежные же специалисты предпочитают непрерывные распределения.

В процессе практического применения полученных результатов выявлены отдельные неточности, ненужные усложнения, которые удалось устранить, и ниже приводится их современная трактовка [8].

Коэффициент надежности γ_k предлагается определять по формуле

$$\gamma_к = \overline{\left(\frac{F_{u,зон}}{F_{u,св}}\right)} + \Delta_{сл}, \quad (7)$$

где $\overline{\left(\frac{F_{u,зон}}{F_{u,св}}\right)}$ – среднее значение отношения $F_{ц,зон}/F_{ц,зон}$, на ключевых участках;

$\Delta_{сл}$ – поправка, отражающая влияние случайных величин, определяемая по таблице;

$F_{u,зон} + F_{u,св}$ – предельные сопротивления свай по данным зондирования и статических испытаний.

Как показала практика, значения коэффициентов k'_1 и k'_2 должны быть ограничены величинами 0,8 и 1,25, т. е. при значениях k'_1 или $k'_{2,}$ меньших 0,8, – принимать 0,8, при k'_1 или $k'_{2,}$

больших 1, 25, – принимать 1,25. Кроме того, предложено не принимать коэффициент надежности γ_k меньшим 0,95, т. е. при получении значений $\gamma_k < 0{,}95$ принимать $\gamma_k = 0{,}95$.

Величины $\Delta_{сл}$ при одном ключевом участке (одно статическое испытание сваи)

k'	≤0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,25
$\Delta_{сл}$	0,12	0,11	0,10	0,10	0,08	0,02	0,00

Ясно, что количество результатов «точных» испытаний может быть незначительным и использование статического зондирования позволяет сократить его до оптимальных значений с экономической точки зрения.

В некоторых случаях информацию об изысканиях на соседних территориях с аналогичными инженерно-геологическими условиями можно использовать в качестве корректирующей информации.

Эти рассуждения показывают, что приближенные методы испытаний грунта, такие как статическое зондирование, следует рассматривать как необходимую составляющую изысканий, которая дополняет более точные испытания. Малочисленные точные испытания, несмотря на их тщательное проведение, охватывают только те участки, на которых они проводились и требуют использования более быстрых методов, которые могут охватить всю площадку.

Выводы. 1. Теоретический анализ показывает, что приближенные испытания, проводимые на изучаемой площадке в большом количестве, могут предоставить больше информации, чем небольшое количество «точных» испытаний. Это связано с тем, что в реальных условиях неоднородности грунта точность конкретного испытания не гарантирует его представительность для данной площадки.

2. Увеличение числа измерений не устраняет «систематические погрешности» (ошибки), поэтому оптимальным решением является сочетание статического зондирования с небольшим числом «точных» испытаний, по результатам которых можно скорректировать данные зондирования, минимизируя систематические погрешности (для данной площадки!)

3. Предлагается уточненная методика корректировки приближенных определений сопротивлений свай при наличии данных статического зондирования и статических испытаний свай.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ryzhkov I.B., Isaev O.N.* Con penetration testing in geotechnics. Stockholm, Sweden: ASV Construction. 2016. 387 p.

2. *Lunn T., Robertson P.K., Powell J.J.M.* Cone penetration testing in geotechnical practice. London and New York: Spoon Press. 2004. 312 p.

3. *Яглом А.М., Яглом И.М.* Вероятность и информация. М.: Наука, 1973. 511 с.

4. *Кутлияров Д.Н., Кутлияров А.Н., Файзуллин Э.В.* Расчётная программа для определения показателей погружения железобетонных свай (MS Visual Basic) / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614453, 09.04.2020. Заявка № 2020613307 от 23.03.2020.

5. *Исаев В.И., Мальцев А.В., Карпов А.А.* Исследование метода «плавающего» фундамента по определению осадки на модели фундаментной плиты // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 1(38). С. 9–15. DOI:10.17673/Vestnik.2020.01.2

6. *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 архитектуры. 2020. Т. 10, № 4. С. 4–15. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.1.

7. *Рыжков И.Б. Норшаян А.В., Хамидуллин В.А.* Статическое зондирование грунтов: краткая история и современное состояние // Сборник научных трудов. Юбилейный выпуск, посвященный 60-летию института БашНИИстрой. Уфа: БашНИИстрой, 2016. С. 11–31.

8. *Рыжков И.Б., Кутлияров Д.Н., Кутлияров А.Н.* Архитектура, проектирование и организация культурных ландшафтов. СПб.: Лань, 2021. 204 с.

REFERENCES

1. Ryzhkov I.B., Isaev O.N. Con penetration testing in geotechnics. Stockholm. Sweden. ASV Construction. 2016. 387 p.

2. Lunn T., Robertson P.K., Powell J.J.M. Cone penetration testing in geotechnical practice. London and New York. Spoon Press. 2004. 312 p.

3. Jaglom A.M., Jaglom I.M. *Verojatnost' i informacija* [Probability and information]. Moscow, Nauka, 1973. 511 p.

4. Kutliyarov D.N., Kutliyarov A.N., Fayzullin E.V. *Raschjotnaja programma dlja opredelenija pokazatelej pogruzhenija zhelezobetonnyh svaj (MS Visual Basic)* [Calculation program for determination of concrete piles immersion parameters (MS Visual Basic)]. Patent RF, no. 2020613307, 2020.

5. Isaev V.I., Maltsev A.V., Karpov A.A. Study of the floating foundation method for determining settlement on the foundation slab model. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2020, vol. 10, no. 1(38), pp. 9–15. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2020.01.2

6. Vasilyeva M.N., Baranova M.N., Maltsev A.V., Sokolova S.V. Geotechnical and petrographic features of technogenic layers on the territory of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture],

2020, vol. 10, no. 4, pp. 4–15. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.1

7. Ryzhkov I.B. Norshayan A.V., Khamidullin V.A. Static sounding of soils: brief history and current state. *Sbornik nauchnyh trudov. Jubilejnyj vypusk, posvjashhennyj 60-letiju instituta BashNIIstroj* [Collection of scientific papers. Anniversary issue dedicated to the 60th anniversary of the BashNIIstroy Institute]. Ufa, BashNIIstroy, 2016, pp. 11–31. (In Russian).

8. Ryzhkov I.B., Kutlijarov D.N., Kutlijarov A.N. *Arhitektura, proektirovanie i organizacija kul'turnyh landshaftov* [Architecture, design and organization of cultural landscapes].St. Petersburg, LAN, 2021. 204 p.

Об авторах:

КУТЛИЯРОВ Дамир Наилевич
кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, строительства и гидравлики
Башкирский государственный аграрный университет
450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
E-mail: kutliarov-d@mail.ru

KUTLIYAROV Damir N.
PhD of Engineering Sciences, Associate Professor of the Environmental Engineering, Construction and Hydraulics Chair
Bashkir State Agrarian University
450001, Russia, Ufa, 50th Anniversary of October st., 34
E-mail: kutliarov-d@mail.ru

КУТЛИЯРОВ Амир Наилевич
кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства
Башкирский государственный аграрный университет
450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
E-mail: kutliarov-a@mail.ru

KUTLIYAROV Amir N.
PhD of Economic Sciences, Associate Professor of the Land Management Chair
Bashkir State Agrarian University
450001, Russia, Ufa, 50th Anniversary of October st., 34
E-mail: kutliarov-a@mail.ru

ЗАГИТОВА Лариса Рашитовна
кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства
Башкирский государственный аграрный университет
450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
E-mail: l_zagitova@mail.ru,

ZAGITOVA Larisa R.
PhD of Geographical Sciences, Associate Professor of the Land Management Chair
Bashkir State Agrarian University
450001, Russia, Ufa, 50th Anniversary of October st., 34
E-mail: l_zagitova@mail.ru,

КОНОНОВА Александра Юрьевна
младший научный сотрудник кафедры землеустройства
Башкирский государственный аграрный университет
450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
E-mail: kononovaalexandrayurievna@gmail.com

KONONOVA Alexandra Yu.
Junior Researcher of the Land Management Chair
Bashkir State Agrarian University
450001, Russia, Ufa, 50th Anniversary of October st., 34
E-mail: kononovaalexandrayurievna@gmail.com

Для цитирования: *Кутлияров Д.Н., Кутлияров А.Н., Загитова Л.Р., Кононова А.Ю.* Инженерно-геотехнические изыскания и испытания грунтов при строительстве зданий и сооружений // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 77–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.09.
For citation: Kutliyarov D.N., Kutliyarov A.N., Zagitova L.R., Kononova A.Yu. Geotechnical engineering surveys and soil testing in the construction of buildings and structures. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 77–84. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.09.

УДК 624.15 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.10

Д. В. ПОПОВ

ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ ОТХОДАМИ СТЕКЛОБОЯ

DISPERSE REINFORCEMENT OF ARTIFICIAL BASE WITH GLASS WASTE

В статье приведены результаты лабораторных штамповых испытаний песчаных грунтов, дисперсное армирование которых производилось отходами стеклобоя в виде крошки. Испытуемые образцы грунта имели разную плотность, и соответственно для каждой плотности было выполнено несколько вариантов процентного содержания стекла в массиве от общего объема. Целью выполнения лабораторных исследований являлось получение такой механической характеристики грунта, как модуль деформации, который впоследствии сравнивался с таким же модулем деформации, но только неармированного грунта. Полученные результаты исследований показали эффективность применения стеклянной крошки в качестве дисперсного армирования несвязанных грунтов, что позволяет улучшать его прочностные свойства и значительно экономить на устройстве искусственных оснований под здания или сооружения, а также решить вопрос с утилизацией стеклянных отходов и соответственно улучшить экологические показатели окружающей среды.

Ключевые слова: *искусственное основание, отходы стеклобоя, дисперсное армирование, штамповые испытания, вторичное использование, прочность основания, улучшение экологии, характеристики грунта*

The article presents the results of laboratory stamp tests of sandy soils, the dispersed reinforcement of which was made with cullet waste in the form of crumbs. The tested soil samples had different densities and, accordingly, for each density, several options were made for the percentage of glass in the mass of the total volume. The purpose of the laboratory research was to obtain such a mechanical characteristic of the soil as the deformation modulus, which was subsequently compared with the same deformation modulus, but not of reinforced soil. The research results obtained showed the effectiveness of using glass chips as dispersed reinforcement of loose soils, which makes it possible to improve its strength properties and significantly save on the installation of artificial foundations for buildings or structures, as well as solve the issue of recycling glass waste and, accordingly, improve the environmental performance of the environment.

Keywords: *artificial foundation, cullet waste, dispersed reinforcement, stamp tests, recycling, foundation strength, environmental improvement, soil characteristics*

Освоение новых территорий под застройку из-за их экономической привлекательности в некоторых случаях требует поднятия рельефа, что достигается путем отсыпки или намыва грунта или замены структурно неустойчивых грунтов на структурно устойчивые, также путём отсыпки нового слоя. Зачастую насыпные грунты становятся основаниями, и соответственно они должны иметь соответствующие для таких целей показатели физико-механических характеристик. Улучшение свойств насыпных или намывных грунтов можно достичь путём их закрепления цементными или силикатными растворами, специальными смолами и т. д. Также искусственные основания могут быть усилены путём армирования при помощи массово производимых полотен из геотекстиля или пластиковых сеток [1]. Геосинтетики – это класс строительных материалов, предназначенных для создания слоёв различного назначения, таких как армирующих, дренирующих, защитных, фильтрующих, гидроизолирующих, теплоизолирующих. При этом следует отметить, что вопрос воздействия пластика на окружающую среду, с точки зрения экологии, еще не до конца изучен. Соответственно имеется потребность в использовании сырья для изготовления армирующих грунт материалов с гарантированно минимальным или полным отсутствием негативного воздействия на окружающую среду. Следует также уделить внимание материалам, которые можно получить в процессе вторичной переработки твёрдых коммунальных отходов. Особенно важны отходы, переработка которых производится в очень малых объёмах или не производится совсем, а соответственно такие отходы складируются на мусорных полигонах, занимая значительные площади и требуя колоссальных экономических затрат.

CC BY

Ежегодно в Российской Федерации изготавливается более 11 млн. т стекла в виде тары, листа, предметов интерьера, электрических изоляторов и прочего. Каждый день по всей стране на вторичную переработку сортировочные центры принимают лишь около 7 т стекла, что составляет 0,023 % от его общего объёма, производимого за год. Стекло – это твёрдый аморфный материал, полученный путём переохлаждения расплава. В состав стекла входят оксиды кремния, бора, фосфора, германия, теллура, фторида алюминия, другие соединения. По назначению стекло бывает строительным (оконное, стеклоблоки и т. д.), тарное (бутылки, аптечные пузырьки, ёмкости и т. д.), техническое (стеклянные волокна, светотехническое стекло, изоляторы и т. д.). Несмотря на то, что стекло является практически 100 % инертным материалом, т. е. не вступает во взаимодействие с другими химическими элементами, всё же представляет опасность для окружающей среды [2]. Опасность заключается в том, что стекло, находясь в поверхностном слое грунта, может служить препятствием для роста растений или передвижения мелких животных [3].

Следует также отметить, что при вторичной переработке стекла энергозатраты уменьшаются на 20 %, поскольку нет необходимости в течение длительного времени поддерживать температуру в процессе стеклообразования массы. Уменьшение энергозатрат в свою очередь ведет к уменьшению выбросов в атмосферу, а соответственно к улучшению экологической обстановки. Предлагаемый в данной статье способ применения стеклянных отходов вообще исключает использование тепловой энергетики.

Одним из способов утилизации стеклянных отходов может быть их использование в качестве армирующих элементов при устройстве искусственных оснований под зданиями или сооружениями, с целью увеличения их прочности и соответственно уменьшения деформативности [4, 5]. Основание – это массив грунта, который не является растительным слоем, как и не является средой для обитания мелких животных. Кроме того, стекло является инертным материалом, а соответственно применение его в качестве армирующего элемента не будет представлять какой-либо опасности флоре и фауне и не будет наносить урон окружающей среде.

При этом следует отметить, что на сегодняшний день не было сделано попыток дисперсного армирования грунтовых искусственных массивов отходами стекла, в связи с чем и была произведена серия лабораторных экспериментов [4].

Проведение эксперимента осуществлялось в лабораторных условиях, в грунтовом лотке, поперечное сечение которого имеет круглую форму, диаметром 410 мм, к краю которого была смонтирована рычажная система для проведения штамповых испытаний (рис. 1). В качестве модели грунта был использован песок мелкий, маловлажный, а армирующим элементом являлась стеклянная крошка, имеющая фракцию 2–3 мм. Армирование грунтовой толщи осуществлялось путем укладки слоя стеклянной крошки с последующей её отсыпкой слоем песка и доведением плотности при помощи трамбовки до требуемых величин (рис. 2) [6, 7]. Толщина слоя грунта, подлежащего армированию, составляла 500 мм. Перемешивание грунта со стеклянной крошкой не производилось по причине отсутствия технологии и механизмов для такого перемешивания. Обычное ручное смешивание боя стекла с песчаным грунтом могло привести к неравномерному распределению крошки в массиве. В процессе проведения исследований было осуществлено пять серий экспериментов. Первая серия была проведена на грунтах с плотностью 1,60 г/см^3, вторая на грунтах с плотностью 1,75 г/см^3, третья – 1,80 г/см^3, четвёртая – 1,85 г/см^3, пятая – 1,90 г/см^3. В каждой серии было проведено по четыре эксперимента. В трёх экспериментах испытывался грунт с процентным армированием стеклом в 10, 15 и 20 %, а в четвёртом эксперименте испыта-

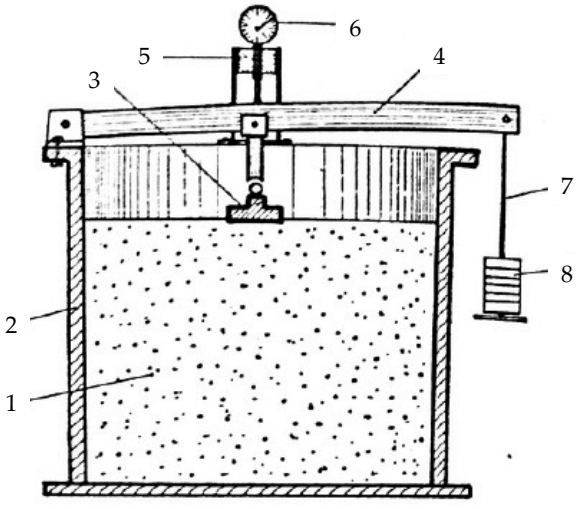


Рис. 1. Лабораторный грунтовый лоток с рычажной системой для проведения штамповых испытаний грунтов статической нагрузкой: 1 – исследуемый грунт; 2 – лоток; 3 – жесткий штамп; 4 – рычажное устройство; 5 – реперная балка; 6 – индикатор; 7 – подвеска для грузов; 8 – гири

Fig. 1. Laboratory soil tray with a lever system for stamping tests of soils with static load: 1 – test soil; 2 – tray; 3 – rigid stamp; 4 – lever device; 5 – reference beam; 6 – indicator; 7 – suspension for goods; 8 – weights

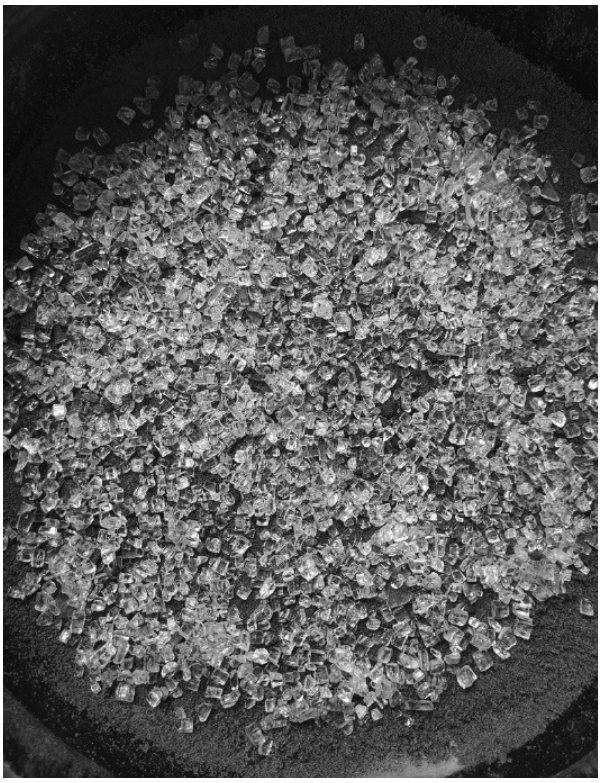


Рис. 2. Процесс укладки
стеклянной крошки на модельный грунт
Fig. 2. Process of laying glass chips on model soil

ния проводились без армирования грунтового массива.

Приложение нагрузки на модельный грунт осуществлялось через круглый металлический штамп площадью 60 см^2, ступенями по 6 кг, достигая давления в 0,01 МПа (ГОСТ 20276.1–2020 «Грунты. Метод испытания штампом»). Приложение следующей ступени нагрузки осуществлялось после полного затухания вертикальных деформаций от предыдущей ступени. Приложение нагрузок на рычажную систему производилось до тех пор, пока на определённой ступени не была достигнута осадка грунта, которая превышала величину осадки от предыдущей ступени более чем в пять раз. Величина осадки грунта фиксировалась с помощью индикатора часового типа (прогибомер), цена деления которого составляла 0,01 мм.

В процессе проведения лабораторных экспериментов были получены модули деформации разноармированных, по процентному отношению, моделей грунтов, а также грунтов без армирования, которые представлены в таблице.

По результатам выполненных лабораторных исследований можно сделать **вывод** о том, что применение отходов стеклобоя, в данном случае в виде крошки, в качестве армирующего элемента повышает несущую способность грунта, что подтверждается численным увеличением такой механической характеристики, как модуль деформации, и соответственно последний приводит к снижению деформативности искусственного основания в целом. При этом следует отметить, что наибольший эффект увеличения численного значения модуля деформации армированного грунта, вне зависимости от его плотности, достигается при 15 % армировании толщи, при котором происходит увеличение изучаемого параметра более чем на 50 % по сравнению с грунтом такой же плотности, но не подверженного армированию.

Применение отходов стеклобоя в качестве армирующих элементов при устройстве искусственных оснований позволяет повышать не только несущую способность оснований под зданиями или сооружениями, но и снижать риски негативного экологического воздействия на окружающую среду, а также частично решать вопрос по утилизации такого твёрдого коммунального отхода, как стекло.

По предварительным данным, полученным в ходе лабораторных исследований, можно сделать вывод о том, что отходы стеклобоя могут быть использованы в качестве армирующих элементов при устройстве искусственных оснований, но при условии продолжения исследований в данном направлении.

Армирование, %	Модуль деформации E, кПа				
	Плотность модельного грунта, г/см^3				
	1,60	1,75	1,80	1,85	1,90
Без армирования	54,1	57,1	59,6	60,5	61,1
10	58,7	60,5	62,3	63,6	65,0
15	83,7	88,6	89,9	91,2	92,6
20	86,0	91,2	91,2	94,0	95,5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Попов Д.В., Ачаликов И.Ю.* Усиление слабых оснований промежуточным грунто-армированным слоем // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2020. С. 341–348.

2. *Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Попов В.П.* Роль шлифовального шлама в процессе кристаллизации стекла // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 85–89.

3. *Галицкова Ю.М.* Исследование качественных свойств грунтов при проведении строительных работ // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4(53). С. 69–75.

4. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Изд. второе, доп. и перераб. / под общ. ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2016. 1040 с.

5. *Землянский А.А.* Активное армирование слабых грунтов при строительстве крупноразмерных резервуаров // Основания, фундаменты и механика грунтов. М.: Издательский дом «Экономика, строительство, транспорт», 2006. С. 15–18.

6. *Попов Д.В., Попов В.П.* Усиление оснований дисперсным армированием из пластиковых отходов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3(52). С. 70–77.

7. *Мальцев А.В., Каримов Э.А., Майорова Ю.Н.* Моделирование процессов уплотнения песчаного грунта в лабораторных условиях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сб. статей. Самара: СамГТУ, 2018. С. 279–284.

REFERENCES

1. Popov D.V., Achalikov I.Yu. Strengthening of weak bases with an intermediate ground-reinforced layer. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture: collection of articles]. Samara, SamGTU, 2020, pp. 341–348 (In Russian).

2. Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V., Popov V.P. Role of Grinding Sludge in the Process of Glass Crystallization. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 85–89. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.12

3. Galitskova Yu.M. Study of the quality properties of soils during construction work. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 69–75. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.09

4. Ilyichev V.A., Mangushev R.A. *Spravochnik geotehnika. Osnovanija, fundamenty i podzemnye sooruzhenija. Izd. 2-e, dop. i pererab.* [Geotechnics Handbook. Foundations, foundations and underground structures. Ed. 2nd, add and rework]. Moscow, Publishing House ASV, 2016. 1040 p.

5. Zemlyansky A.A. Active reinforcement of weak soils during the construction of large-sized tanks. *Osnovanija, fundamenty i mehanika gruntov* [Foundations, foundations and mechanics], 2006, pp. 15–18. (in Russian)

6. Popov D.V., Popov V.P. Strengthening foundations with dispersed reinforcement from plastic waste. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 70–77. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.10

7. Maltsev A.V., Karimov E.A., Mayorova Yu.N. Modeling of compaction processes of sandy soil in laboratory conditions. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture: collection of articles]. Samara, SamGTU, 2018, pp. 279–284. (In Russian).

Об авторе:

ПОПОВ Дмитрий Валериевич
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительной механики, инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: popov38@yandex.ru

POPOV Dmitry V.
Phd of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Structural Mechanics, Engineering Geology,
Bases and Foundations Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: popov38@yandex.ru

Для цитирования: Попов Д.В. Дисперсное армирование искусственного основания отходами стеклобоя // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 85–88. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.10.
For citation: Popov D.V. Disperse reinforcement of artificial base with glass waste. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 85–88. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.10.

АРХИТЕКТУРА

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

УДК 711.01/.09

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.11

А. Г. БОЛЬШАКОВ

ПРОТИВОРЕЧИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ФОРМЫ (НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКА)

CONTRADICTIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
URBAN PLANNING FORM (ON THE EXAMPLE OF IRKUTSK)

Проблема: *город поглощает природные и историко-культурные ресурсы территории, за счет которой растет. Технический и экономический рост города не совпадает с сохранением и процветанием природы и культуры. Качество жизни при росте города ухудшается в результате преобладания коммерческих интересов застройщиков над экологическими и историческими ценностями горожан.* ***Цель:*** *выявить особенности роста города Иркутска, экологические и историко-культурные проблемы, сопровождающие этот рост, и разработать инструмент проектирования, позволяющий защищать экологические и историко-культурные ценности города.* ***Методы:*** *фиксация планировочных форм конфликтов путем сравнительного анализа проектных и фактических морфотипов застройки; использование конфигураций природного и историко-культурного каркасов города для оценки конфликтных ситуаций; поиск компромисса в конфликтах мотиваций развития города.* ***Результаты:*** *выявлены научные направления разрешения конфликтов устойчивого развития города: принцип ландшафтосообразности планировки и застройки; принцип преемственности в развитии застройки; принцип разграничения публичных и приватных морфотипов; принцип упорядочения случайных процессов в разновременной застройке .*

Ключевые слова: *функционально-планировочная структура, природный каркас, историко-культурный каркас, планировочные конфликты, устойчивое развитие, упорядочение случайных процессов, город Иркутск*

Problem: *the city absorbs the natural and historical and cultural resources of the territory, due to which it is growing. The technical and economic growth of the city does not coincide with the preservation and prosperity of nature and culture. The quality of life with the growth of the city is deteriorating as a result of the predominance of the commercial interests of developers over the environmental and historical values of the townspeople.* ***Purpose:*** *to identify the features of the growth of the city of Irkutsk, environmental and historical-cultural problems accompanying this growth, and to develop a design tool that allows you to protect the environmental and historical-cultural values of the city.* ***Methods:*** *fixing planning forms of conflicts by comparative analysis of design and actual morphotypes of construction; use of configurations of natural and historical-cultural frames of a kind to assess conflict situations; finding a compromise in conflicts of city development motivations.* ***Results:*** *scientific directions for resolving conflicts of sustainable development of the city were identified: the principle of landscape-like planning and construction; the principle of continuity in the development of development; the principle of distinguishing between public and private morphotypes; the principle of ordering random processes in different-time buildings.*

Keywords: *functional-planning structure, natural framework, history-co-cultural framework, planning conflicts, sustainable development, streamlining of random processes, Irkutsk city*

CC BY

Введение. Город как устойчиво развивающаяся система

Первый вопрос в нашей теме: а может ли развитие города быть устойчивым? Ведь в этот процесс вшито множество коллизий. Мы знаем города, которые существуют с незапамятных времен. Например Рим, Афины, Иерусалим. А есть города, которые исчезли с лица Земли. Например Помпея, в результате природной катастрофы. Российские моногорода в результате распада Советского Союза сократились по количеству населения: например, в полтора раза – Тулун [1], в два раза – Петровск-Забайкальский [2], в четыре раза – Карабаш Челябинской области [3]. Причина – потеря рабочих мест, закрытие единственных градообразующих предприятий, на которых трудилась значительная часть населения городов. Другая причина – ухудшение экологической ситуации. Города с многопрофильной отраслевой структурой, крупные, с диверсифицированной экономикой растут и существуют благополучно на фоне моногородов с критической экологической обстановкой. Одной из причин неустойчивости городов может быть истощение такого жизненного ресурса, как вода. Например, древняя Сана в Йемене [4] в последние десятилетия испытывает серьезные трудности в связи с истощением подземных источников питьевого водоснабжения [5]. Академик В.В. Владимиров [6] использовал в районной планировке разработанное им понятие демографической емкости территории. При превышении в процессе роста города пределов потребления ресурсов территории, как правило, возникают проблемы. Другая причина потери городом населения состоит в том, что амбициозная молодежь и «белые воротнички» уезжают из городов с низким культурным потенциалом и, соответственно, бедной городской средой.

Конфликты функционально-пространственной организации города

Конфликт коммерческих и экологических мотиваций в развитии города

В градостроительстве выделяют четыре основных конфликта мотиваций. Первый конфликт – коммерции и экологии. Второй – коммерции и сохранения историко-культурного наследия. Третий – публичности и конфиденциальности, публичных и частных интересов. Четвертый конфликт – случайных процессов застройки и порядка, т. е. правил застройки и землепользования и реальной практики. Экология города как ценность реализуется в формообразовании тогда, когда природный каркас используется по назначению, устойчивая форма урбанизации обеспечивает сохранение водотоков и водоемов в чистоте. Градостроительное решение этой задачи – не допустить приближения застройки к береговой линии, в пойму. Это экологическое требование очень часто нарушается, в частности в таком крупном сибирском городе, как Иркутск.

Во-первых, центральный район города разместился на берегу. Но в 1661 г. это было вынужденной мерой, когда крепость построили на берегу реки, чтобы рядом была питьевая вода и чтобы иметь хорошие условия для обзора. Во-вторых, в районе Лисихи в нижнем бьефе под плотиной ГЭС возник и застроен район плотной застройки повышенной этажности, которая приблизилась к урезу воды, нарушив водоохранную зону (рис. 1). Это постройки компаний: «Философия города», «Новый город», «Востсибстрой» и «Норд-Вест». Застройщики, в случае с Лисихой, стремились к получению с каждого метра территории максимальной прибыли от продажи жилья. Экологическая ситуация их не интересовала. Между тем в советское время ЦНИИП градостроительства в 1979 г. был разработан ПДП, в котором экологический ресурс Ангарской прибрежной полосы рекомендовалось сохранять и благоустраивать (рис. 2). В-третьих, такой же конфликт наблюдаем и по речке Кузьмиха. Проектом ПДП юга Свердловского района в 1970 г. ЦНИИП градостроительства предлагал планировку с использованием долины речки как бульвара (рис. 3). В 2010-е гг. над речкой Кузьмихой был построен торговый комплекс (рис. 4) [7].

Конфликт коммерческих и историко-культурных мотиваций

В 2016 г. прошел международный конкурс на застройку квартала по ЦЭСовской набережной. Здесь располагалась Центральная электростанция начала 1920-х гг. постройки (рис. 5). Виден масштаб застройки – не выше средней этажности. Место самое центральное – здесь был Иркутский острог. Серое здание областной администрации построено на месте взорванного Казанского кафедрального собора. А в 2016 г. компания EN + (нынешний собственник активов энергетики и металлургии алюминия) намерилась построить 90 тыс. м^2 жилья высотой зданий по 45 м, в то время как высотный регламент для этой зоны установлен в 19 м. Один из проектов в этой коммерческой мотивации в вопиющем конфликте с историко-культурными ценностями показан на рис. 6 [8].

Рис. 1. Застройка района Нижняя Лисиха без градостроительного планирования, 2022 г.
Fig. 1. Development of the Nizhnyaya Lisikha district without urban planning, 2022

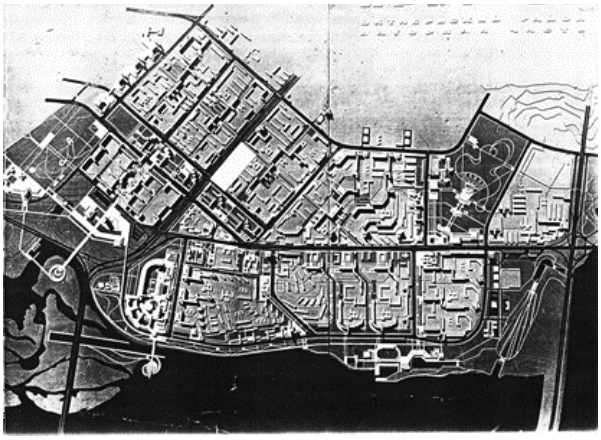


Рис. 2. Проект детальной планировки района Нижняя Лисиха, выполненный в ЦНИИП градостроительства в 1979 г.
Fig. 2. The project of detailed planning of the Nizhnyaya Lisikha district, carried out at the Central Research Institute of Urban Planning in 1979

Рис. 3. Проект детальной планировки южной части Свердловского округа, выполненный ЦНИИП градостроительства в 1970 г., в долине речки Кузьмиха
Fig. 3. Detailed planning project for the southern part of the Sverdlovsk District, carried out by the Central Research Institute of Urban Planning in 1970, in the valley of the Kuzmikha River

Рис. 4. Долина речки Кузьмиха в 2020 г. На русле речки построен торговый комплекс
Fig. 4. Kuzmikha River Valley in 2020 A shopping complex was built on the riverbed

Рис. 5. Вид ЦЭСовской набережной. Сквер на переднем плане – место острога со Спасской церковью, 1710 г. Справа – тепловая станция 1920-х гг. – ЦЭС
Fig. 5. View of the TsESovskaya embankment. Square in the foreground – the place of the prison with the Spasskaya Church, 1710. On the right – the thermal station of the 1920s. – CES

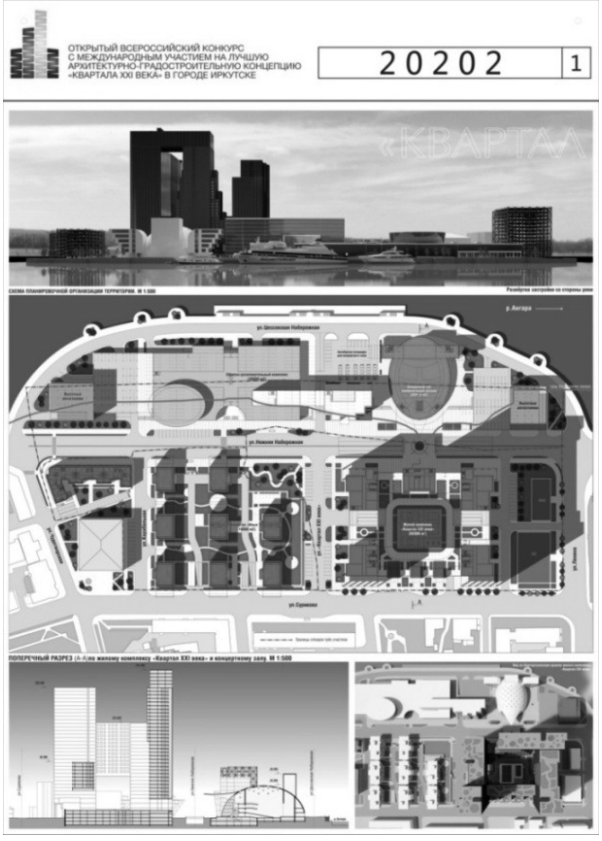


Рис. 6. Один из проектов, отвечающих условиям конкурса, – пример разрушения образа исторического города, 2016 г.
Fig. 6. One of the projects that meet the conditions of the competition is an example of the destruction of the image of a historical city, 2016

Конфликт публичности и конфиденциальности мест

Часто происходит смешение пространств проживания людей с местами для публичных действий. Если жилое пространство не защищено, не сформирован двор, отделяющий «своих» от «чужих», идущих через жилое пространство к казенному учреждению, то возникает конфликт публичности и конфиденциальности [9]. Такая ситуация показана в квартале в границах Глазковского моста, улицы Пятой армии и бульвара Гагарина. Жилые дома раскрыты для движения посетителей административного здания. Другой границей этого жилого пространства служит учебный корпус университета (рис. 7). Разрешение таких конфликтов, которые возникают из-за отдельно стоящих, без замкнутого двора, жилых многоквартирных зданий, могут быть погашены путем формирования жилого двора, что отделяет приватную зону от публичной. Алгоритм такого регулирования представлен в разработке Р.А. Селиванова [10].

Конфигурации планировочной сети обладают свойствами, которые определяют характер и состав мобильности населения. Улицы могут быть центральными и транзитными. На таких улицах мы гораздо реже встретим «своих», чем «чужих». Центральные улицы с большой интенсивностью движения на плане города выделяются тем, что они замыкают на себя на всем протяжении максимальное количество планировочных элементов [11]. В то время как

Рис. 7. Предмостный квартал у Глазковского моста. Конфликт функций
Fig. 7. The bridgehead at the Glazkovsky bridge. Feature conflict

улочки с приватным характером, где вероятность соседских отношений и знакомств гораздо выше, чем на центральных и транзитных улицах, выделяются на плане города большей изогнутостью, замедлением потока, нередко имеют тупиковый характер (рис. 8). Правильная ортогональная решетка обусловливает концентрацию свойств приватности внутри квартала и развитие публичности на улице. Смешение паттернов также может вызывать конфликты.

Конфликт порядка и случайности в пространственном развитии города

Рассмотрим три вышеприведенные ситуации конфликтующих пространств как общий случай. В результате видим, что мы имеем дело с отношениями порядка и случайности в пространственном развитии города. Порядок означает наличие правил организации пространства и то, что этих правил придерживаются застройщики и другие участники градостроительной деятельности. Правила могут быть простые и строгие, а могут и допускать большую степень свободы в пространственной локализации зданий. Решетки, или сети улиц, которые при этом возникают, получаются либо простыми, либо сложными (рис. 8). Порядок и случайность воплощаются в геометрии пространства. Точки, линии, пятна, фигуры градостроительного плана а) в своих расположениях и б) в своих конфигурациях обнаруживают способность сообществ вкладываться в создание и соблюдение правил построения геометрии городской среды или, другими словами, инвестировать в соблюдение актуальных и разумных правил землепользования и застройки. Случайность – игра без правил – в градостроительстве приводит к разрастанию проблем устойчивого развития города, к хаосу.

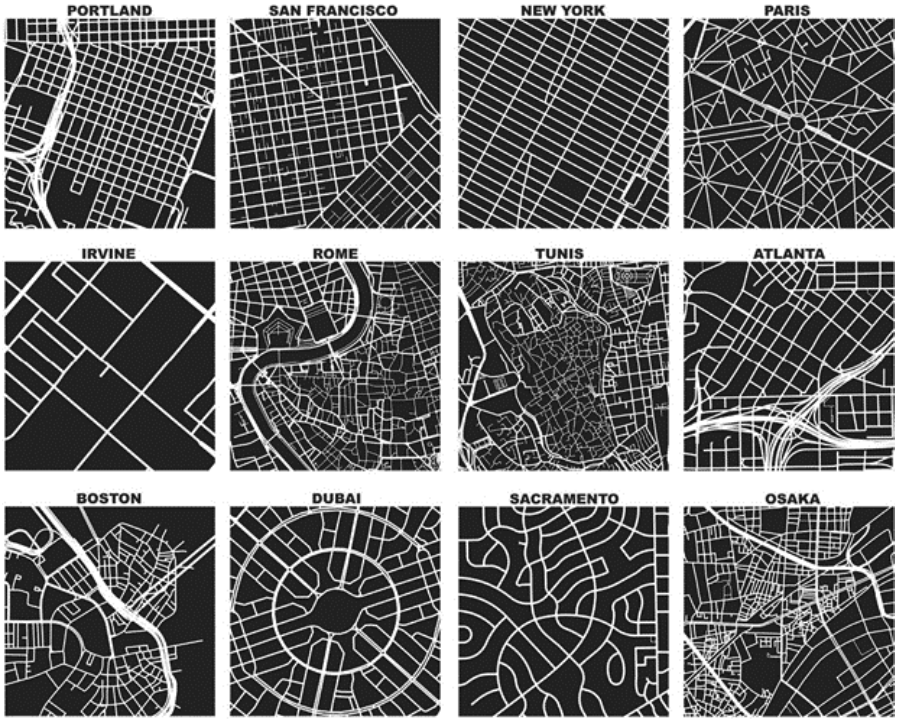


Рис. 8. Публичный или приватный характер планировки уличной сети
Fig. 8. Public or private nature of street network planning

Принципы разрешения конфликтов – путь устойчивого развития пространственной структуры города

Принцип ландшафтосообразности

Ландшафт включает пять компонентов: горные породы, почвы, воды, биота и воздух [12]. Качеством состояния и свойствами компонентов в заметной степени управляет такой фактор, как рельеф [13]. Рельеф – свойство горных пород. Горные породы сминаются в складки, фрагменты земной коры сдвигаются друг относительно друга, образовавшиеся возвышенности и низменности подвергаются как внутренним силовым воздействиям, так и внешним. Образовавшийся рельеф управляет движением всего ландшафтного материала. В результате материал с гор скатывается в низины. Там мощнее чехол рыхлых отложений, там есть обводненность. В низинах накапливается слой плодородных почв, туда смываются почвенные организмы, там продуктивнее растительность. Здесь формируется природный каркас как местоположение, отвечающее за регенерацию воды и воздуха. В итоге на возвышенности формируются ландшафты низкой продуктивности, но в результате проветривания и промывания к антропогенным воздействиям такой ландшафт оказывается более устойчивым. В низинах же, у подошв возвышенностей, ландшафт становится более биопродуктивным и потому наиболее экологически ценным, так как активнее других местоположений регулирует качество воздуха и воды [12, 13]. Эту закономерность следует учитывать в планировании городской ткани. В нижней части рельефа градостроительная ткань должна быть максимально тонкой – это озелененные ландшафты, предназначенные для рекреации. Наверху ткань может быть толще, здесь допускается застройка высокой плотности. Такое правило формирования урбанизации на земной поверхности называется принципом ландшафтосообразности [1, 14] (рис. 9). Принцип реализован автором в концепции генплана Октябрьского округа [14] (рис. 10).

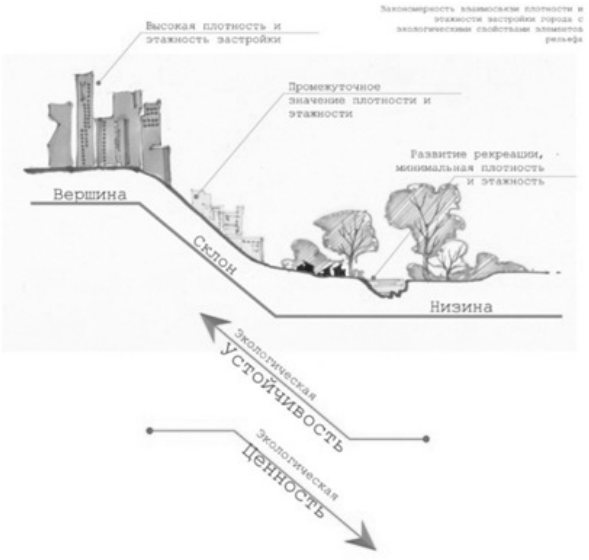


Рис. 9. Принцип ландшафтосообразности в урбанизации. Автор А.Г. Большаков, 2003 г.
Fig. 9. The principle of landscape character in urbanization. Author A.G. Bolshakov

Рис. 10. Применение принципа ландшафтосообразности в схеме зонирования Октябрьского административного округа. Автор А.Г. Большаков, 2003 г.
Fig. 10. Application of the principle of landscape character in the zoning scheme of the Oktyabrsky administrative district. Author A.G. Bolshakov

Другой пример концепции устойчивого развития территории касается кампуса Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ). В 1954 году решением Совета министров СССР была выделена площадка и средства для строительства Иркутского политехнического института, предшественником которого был Горно-металлургический институт, а ранее Навигацкая школа. Теперь площадка размером 1 км^2 вмещает университет с учебным корпусом на 18 тыс. студентов, 13 общежитий, спортивное ядро, технопарк и планировочные бульвары, которые при их надлежащем развитии могут получить форму полного креста (рис. 11). Сейчас крест неполный. При этом одна из полуосей свободна от капитальных зданий. Однако бульвара на этой полосе нет, а заполнена она боксами индивидуальных гаражей.

В 2023 г. под руководством автора разработан проект реконструкции университетской набережной (рис. 12). В проекте предложен способ преодоления двух препятствий: 1) главный путь ВСЖД и 2) крутой уклон берега (рис. 13–15). На ось железной дороги ставится здание, которое служит платформой для остановки скоростного трамвая, электропоезда, проходящих в коридоре ТрансСиба через здание. В здании осуществляется пеший переход от кампуса к берегу. Помещения служат целям учебы и обслуживания студентов. Панорамное остекление открывает вид на противоположный берег Ангары.

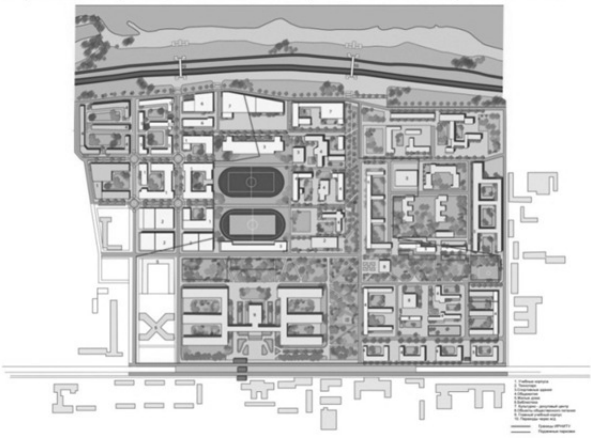


Рис. 11. Концептуальный план развития кампуса ИРНИТУ, с развитием каркаса в виде зеленого креста. Автор А.Г. Большаков, 2017 г.
Fig. 11. Conceptual plan for the development of the IRNITU campus, with the development of a frame in the form of a green cross. Author A.G. Bolshakov

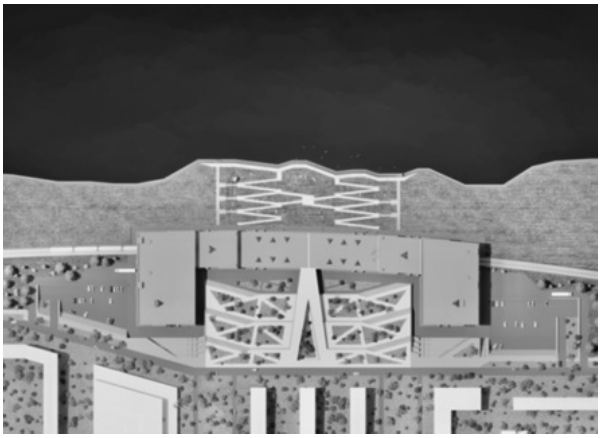


Рис. 12. Идея планировки университетской набережной ИРНИТУ
Fig. 12. The idea of planning the university embankment IRNITU

Рис. 13. Здание – набережная – платформа электропоезда – университетские корпуса. Благоустройство крутого берега Ангары. Дипломник А. Унанян. Руководитель: А.Г. Большаков, 2023 г.
Fig. 13. Building – embankment – electric train platform – university buildings. Improvement of the steep bank of the Angara. Diploma student A. Hunanyan. Head: A.G. Bolshakov, 2023

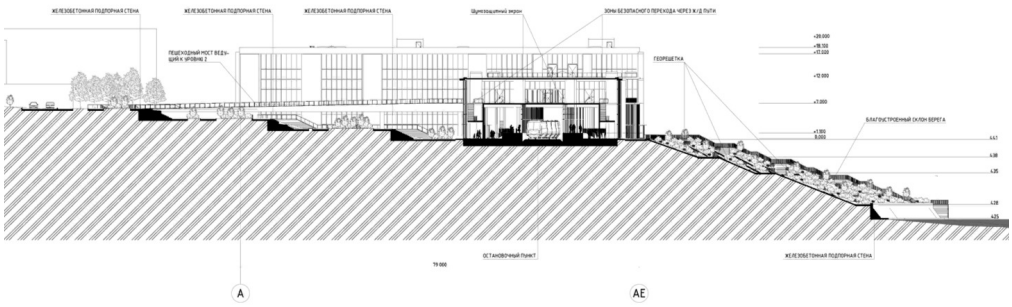


Рис. 14. Поперечный разрез через крытую платформу над железной дорогой показывает возможность безопасного перехода через железную дорогу к берегу реки. Дипломник А. Унанян, Руководитель А.Г. Большаков, 2023 г.
Fig. 14. A cross-section through a covered platform above the railway shows the possibility of a safe crossing over the railway to the river bank. Diploma A.S. Unanyan, Head A.G. Bolshakov, 2023

Рис. 15. Панорама – вид на платформу с реки. Фрагмент. Дипломник А. Унанян, Руководитель А.Г. Большаков, 2023 г.
Fig. 15. Panorama – view of the platform from the river. Fragment. Diploma A.S. Unanyan, Head A.G. Bolshakov, 2023

Принцип преемственного развития от историко-культурного каркаса

Под преемственностью развития городской застройки понимается то, что в историческом поселении, при наличии объектов историко-культурного наследия, новая застройка размещается и формируется так, чтобы вписаться в историко-культурный контекст, а объекты и места историко-культурного наследия сохранялись и выступали бы редакторами нового формообразования. Критерии преемственности: подчинение масштаба, габаритов, членений новой застройки соответствующим показателям исторической застройки. Границами зон охраны выявляются памятники историко-культурного наследия, охранные зоны и зоны регулирования застройки.

Так, в планировочном районе Глазково памятниками архитектуры, истории и культуры являются: железнодорожный вокзал Иркутск-Пассажирский, Николо-Иннокентьевский храм (1859 г.), железнодорожный лицей, территория археологического памятника федерального значения «Глазковский некрополь» и ряд других объектов (рис. 16). Попыткой обеспечения преемственности развития является пристройка к железнодорожному вокзалу нового павильона, проект Иркутскжелдорпроекта, 2019 г. (рис. 17).

Рис. 16. Охранные зоны историко-культурного наследия района Глазково, Иркутск. ЦСН, администрация Иркутской области, 2008 г. Здание вокзала – красная полоска, параллельная берегу Ангары
Fig. 16. Protected zones of the historical and cultural heritage of the Glazkovo district, Irkutsk. TsSN, administration of the Irkutsk region, 2008. The station building is a red strip parallel to the bank of the Angara

Рис. 17. Принципы преемственности в последовательном формировании зданий вокзала Иркутск-Пассажирский. Росжелдорпроект, 2019 г.
Fig. 17. Principles of continuity in the consistent formation of the buildings of the Irkutsk-Passenger station. Roszheldorproekt, 2019

Вокзал является примером здания, которое росло преемственно на протяжении более чем 125 лет – 1897 г. (архитектор В.Л. Мациевич) – 1907 г. (архитектор В.И. Коляновский) – 2023 г. (архитектор Ю.В. Краковцева) [15]. Все авторы придерживались одного стиля – ордерной эклектики (неоклассики). Постройка развивалась линейно вдоль железнодорожных путей и улицы Челнокова. Кроме стилистического подобия, в новом здании вокзала применен прием контрастного соотношения материалов. Под арками, где на зданиях 1907 г. была стена, в новом здании появились витражи.

Принцип разграничения публичных и приватных локусов

Публичные и приватные места – это общественные объекты и пространства, с одной стороны, и жилая застройка – с другой – могут находиться в конфликте. Суть конфликта в том, как было ранее сказано, что жилые придомовые территории должны сохранять конфиденциальность частной жизни, а открытые общественные пространства (площади с общественными зданиями) должны быть доступны для всех желающих и к ним направляются пешеходные потоки. Если между данными морфотипами нет соответствующих границ, то нарушаются главные режимы использования этих полярных объектов. Принцип разграничения публичных и приватных мест заключается в том, что между ними устраиваются границы разных типов: барьер, шлюз, фильтр, шов, буфер (рис. 18). Барьер – граница непроницаемая, шлюз предполагает, что переход из одной зоны в другую сопряжен с изменением уровней, на которых расположены места, фильтр пропускает потоки определенного качества и не пропускает другие. Шов скорее соединяет места друг с другом при наличии незначительных барьеров вокруг мест. Буфер означает, что между двумя полярными местами вставляется объект с промежуточными свойствами, позволяющими смягчить контрастные отношения полярных объектов [16].

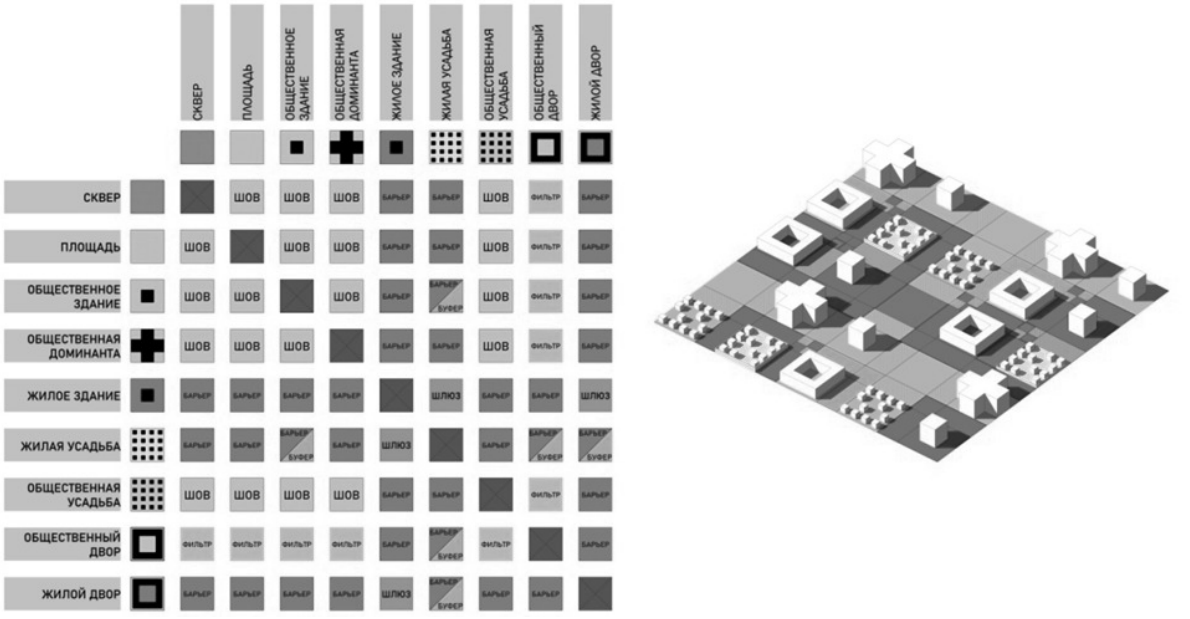


Рис. 18. Принцип разграничения публичных и приватных локусов. Р.А. Селиванов, 2023 г.
Fig. 18. Principle of distinction between public and private loci. R.A. Selivanov, 2023

Принцип управления хаосом

Случайные процессы развития городской застройки характерны для городов со слабой градостроительной дисциплиной. Градостроительная документация (генеральный план города, проект планировки, правила землепользования и застройки, градостроительный план земельного участка) либо отсутствует, либо не исполняется. И тогда возникают постройки, случайно расположенные, случайных размеров и со случайными дистанциями между собой. Привести эти случайные объекты в законосообразную упорядоченную застроечную ткань – важная градостроительная задача. Причем проблемой ограничений на случайный процесс занимались не только архитекторы, но и математики. В математике проблемой управления хаосом занимался еще в XIX в. профессор Петербургского университета Георгий Феодосьевич Вороной [17]. У математиков широко известно понятие –разбиение Вороного (рис. 19). На рисунке показано множество случайно расположенных точек, по отношению друг к другу на разных расстояниях и под случайными углами. Это образ исходного хаоса. Далее Вороной ставит задачу надстроить над этими случайными точками упорядоченную структуру. Для этого, во-первых, для каждой точки выбирается соседняя точка, расположенная к ней ближе других. Обе точки соединяются отрезком прямой. Таким образом, прямыми соединяются все пары точек, расположенные друг от друга на кратчайших расстояниях. На рисунке это светло-серые линии. Во-вторых, к середине этого отрезка восстанавливается перпендикуляр. В-третьих, для каждой пары точек проделываются указанные процедуры. В-четвертых, продолжения перпендикуляров соседних пар точек пересекаются, и точки их пересечения образуют узлы новой решетки (диаграммы Вороного). В итоге все перпендикуляры (на рисунке это жирные линии) образуют сеть ячеек уже упорядоченной (построенной по правилам) конфигурации. Этот принцип разбиения, или паттерн Вороного, применяют не только математики, но и архитекторы.

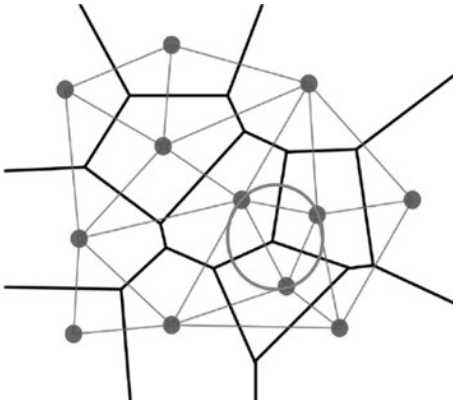


Рис. 19. Принцип управления хаосом. Разбиение Г.Ф. Вороного, конец XIX в.
Fig. 19. Chaos management principle. Breakdown of G.F. Voronoi, late XIX century

Так, финский город Кеми представил на конкурс Европан в 2014 г. проект застройки фрагмента своей территории. В качестве идеи проектировщики использовали паттерн Вороного (рис. 20). Для этого на карте местности было создано два множества точек. Первое множество было правильным. Все точки представляли собой узлы правильной ортогональной решетки с одинаковыми расстояниями между ними. На рисунке правильные точки черного цвета. Второе множество – случайное. Точки случайного множества имеют красный цвет. По отношению к черным точкам они расположены на разных расстояниях и под разными углами к осям правильной решетки. Далее вокруг этих случайных точек выстроены ячейки (мозаика) Вороного. На основе разбиения Вороного выстроены кварталы, имеющие форму, которая генерируется с использованием свойств хаоса, с одной стороны, и на основе четких правил – с другой [18]. Случайные точки называют – семенами разбиения Вороного. Так выглядит математический метод управления хаосом в построении упорядоченных планировочных решеток. Разбиение Вороного в последнее время стали использовать не только в построениях на плоскости, но и в трехмерном пространстве. Получаются упорядоченные, но очень сложные структуры – полиэдры.

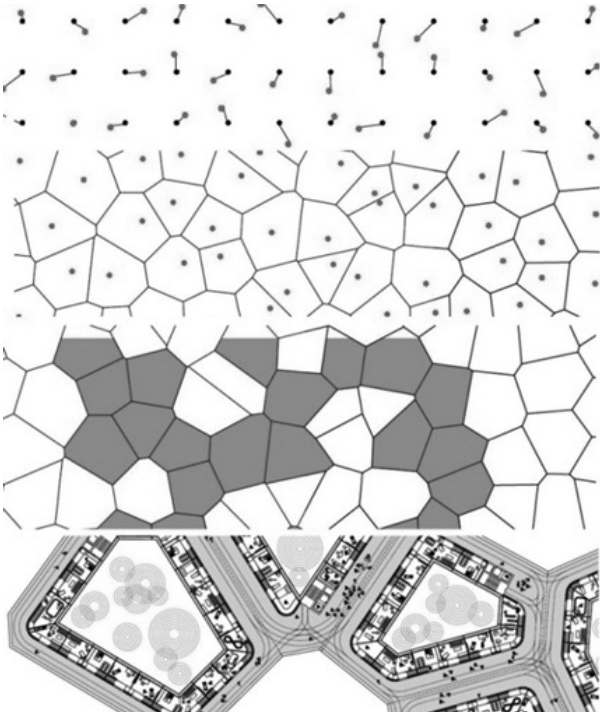


Рис. 20. Паттерн Г.Ф. Вороного в конкурсном проекте планировки района в г. Кеми, Финляндия, 2014 г.
Fig. 20. G.F. Voronoi's pattern in a competitive district planning project in Kemi, Finland, 2014

Вывод. В статье установлено четыре основных конфликта городского развития: конфликт коммерции и экологии; конфликт коммерции и историко-культурного наследия; конфликт публичности и приватности; конфликт хаоса и порядка. Для того чтобы город развивался как устойчивая система, необходимо в его развитии придерживаться четырех принципов, или четырех компромиссов: 1) принцип ландшафтосообразности. Означает согласование застроечной ткани с ландшафтом и сохранение природного каркаса; 2) принцип преемственности. Означает интеграцию новой застройки в существующую сеть, или контекст, с обязательным сохранением историко-культурного каркаса; 3) следует правильно разграничивать места публичного и приватного назначения; 4) случайные процессы и объекты, возникшие в ткани города, следует использовать для упорядочения новой ткани городской застройки, например по методу Вороного. Порядок в условиях исходного допущения случайных процессов в застройке будет сложным. Планировочная сетка будет иметь характер клеточной структуры, или мозаики, в которой возможно учесть случайные объекты с последующим выправлением ее конфигурации в пользу указанных принципов устойчивого развития города: ландшафтосообразности, преемственности, разграничения публичных и приватных морфотипов, упорядоченности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Большаков А.Г.* Уроки ландшафтосообразности из Тулуна // Проект Байкал. 2021. Т. 18, № 67. С. 130–137.

2. Петровск-Забайкальский [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Петровск-Забайкальский (дата обращения: 25.11.2023).

3. Карабаш: медная столица России [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/547260/ (дата обращения: 25.11.2023).

4. *Большаков А.Г., Сельви А.А.С.* Социальные факторы и архитектура Старого города Саны, их трансформация и принцип преемственности в пространстве Новой Саны. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 159 с.

5. *Madbouly Mostafa.* Urban Planning and Management in Sana'a municipality. Part A: Previous planning efforts and current urban planning problems and challenges. Sana: Sana'a Capital Municipality. The World Bank. 2008. 50 p.

6. *Владимиров В.В.* Расселение и окружающая среда. М.: Стройиздат, 1982. 228 с.

7. *Колосова К.А.* Исследование экологического состояния реки Большая Кузьмиха [Электронный ресурс]. URL: http:// geogr.isu.ru.- docviewer.yandex.ru. (дата обращения: 29.07.2023).

8. *Садова П.* Новый квартал. В Иркутске подвели итоги конкурса «Квартал 21 века» [Электронный ресурс]. URL: http://archi.ru/Russia/71313/novyi-kvartal (дата обращения: 29.07.2023).

9. *Селиванов Р.А., Большаков А.Г.* Баланс публичности и приватности в контексте застройки центра Иркутска // Проект Байкал. 2023. Т. 3, № 77. С. 92–99.

10. *Селиванов Р.А.* Пространственная интеграция разновременной застройки в структуру исторического центра крупного города (на примере г. Иркутска): дис. … канд. арх. СПб.: СПбГАСУ, 2023. 157 с.

11. *Hiller B., Hadson J.* Social logic of space. UCL. Cambridge University Press. 1984. 275 p.

12. *Калесник С. В.* Основы общего землеведения. М.: Учпедгиз, 1955. 471 с.

13. *Полынов Б.Б.* Геохимия ландшафта [Электронный ресурс]. URL: http://topogis.ru/geokhimicheskiye-landshafty-po-polynovu.php / (дата обращения: 1.08.2023).

14. *Большаков А.Г.* Градостроительная организация ландшафта как фактор устойчивого развития территории: дис. … д-ра арх. Иркутск: ИрГТУ, 2003. 424 с.

15. *Кашпарова А.* Каким будет новый железнодорожный вокзал Иркутска после реконструкции [Электронный ресурс]. URL: https//irkutskinform.ru/kakim-budet-novyj-zheleznodorozhnyj-vokzal-irkutska-posle-rekonstrukczii (дата обращения: 25.11.2023).

16. *Большаков А.Г.* Оценка морфотипов застройки как отражения интересов и ценностей городского сообщества и их баланс как принцип градостроительной регенерации исторического центра // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 9 (68). С. 89–97.

17. *Долбилин Н.П.* Георгий Феодосьевич Вороной (1868-1908) // Чебышевский сборник. 2018. Т. 19, вып. 3. С. 318–327.

18. *Nicolic Jelena* [Электронный ресурс]. URL: https://pinterest.com/pin/revisiting-voronoi2d-europan-8-kemi--422219339090505 2/LosdelDesierto (дата обращения: 01.08.2023).

REFERENCES

1. Bolshakov A.G. Landscaping lessons from Tulun. *Proekt Bajkal* [Project Baikal], 2021, vol. 18, no. 67, pp. 130–137. (in Russian)

2. Petrovsk-Zabaykalsky. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Петровск-Забайкальский (accessed 25 November 2023).

3. Karabash: the copper capital of Russia. Available at: https://habr.com/ru/articles/547260/ (accessed 25 November 2023).

4. Bolshakov A.G., Selvi A.A.S. *Social'nye faktory i arhitektura Starogo goroda Sany, ih transformacija i princip preemstvennosti v prostranstve Novoj Sany* [Social factors and architecture of the Old City of Sana'a, their transformation and the principle of continuity in the space of New Sana'a]. Belgorod, Publishing House of BSTU, 2014. 159 p.

5. Madbouly Mostafa. Urban Planning and Management in Sana'a municipality. Part A. Previous planning efforts and current urban planning problems and challenges. Sana. Sana'a Capital Municipality. The World Bank. 2008. 50 p.

6. Vladimirov V.V. *Rasselenie i okruzhajushhaja sreda* [Settlement and environment]. Moscow, Stroyizdat, 1982. 228 p.

7. Kolosova K.A. Study of the ecological state of the Bolshaya Kuzmikha River. Available at: http:// geogr.isu.ru.- docviewer.yandex.ru (accessed 29 July 2023).

8. Sadova P. New Quarter. Irkutsk summed up the results of the competition "Quarter of the 21st Century". Available at: http://archi.ru/Russia/71313/novyi-kvartal (accessed 29 July 2023).

9. Selivanov R.A., Bolshakov A.G. Balance of publicity and privacy in the context of the construction of the center of Irkutsk. *Proekt Bajkal* [Project Baikal], 2023, vol. 77, pp. 92–99. (in Russian)

10. Selivanov R.A. Prostranstvennaja integracija raznovremennoj zastrojki v strukturu istoricheskogo centra krupnogo goroda (na primere g. Irkutska). Cand, Diss. [Spatial integration of multi-time development into the structure of the historical center of a large city (on the example of Irkutsk). Cand. Diss.]. SPb., SPbGASU, 2023. 157 p.

11. Hiller B., Hadson J. Social logic of space. UCL. Cambridge University Press. 1984. 275 p.

12. Kalesnik S.V. *Osnovy obshhego zemlevedenija* [Fundamentals of General Geography]. Moscow, Uchpedgiz, 1955. 471 p.

13. Polynov B.B. Landscape geochemistry. Available at: http://topogis.ru/geokhimicheskiye-landshafty-po-polynovu.php / (accessed 01 August 2023).

14. Bolshakov A.G. *Gradostroitel'naja organizacija landshafta kak faktor ustojchivogo razvitija territorii* [Urban planning organization of the landscape as a factor of sustainable development of the territory. Doct. Diss.]. Irkutsk, IrSTU, 2003. 424 p.

15. Kashparova A. What will be the new railway station of Irkutsk after the recon structure. Available at: https//irkutskinform.ru/kakim-budet-novyj-zheleznodorozhnyj-vokzal-irkutska-posle-rekonstrukczii (accessed 25 November 2023).

16. Bolshakov A.G. Assessment of building morphotypes as a reflection of the interests and values of the urban community and their balance as a principle of urban regeneration of the historical center. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2012, no. 9(68), pp. 89–97. (in Russian)

17. Dolbilin N.P. Georgy Feodosievich Voronoy (1868-1908). *Chebyshevskij sbornik* [Chebyshevsky collection], 2018, vol. 19, iss. 3, pp. 318–327. (in Russian)

18. Nicolic Jelena. Available at: https://pinterest.com/pin/revisiting-voronoi2d-europan-8-kemi--422219339090505 2/LosdelDesierto (accessed 01 August 2023).

Об авторе:

БОЛЬШАКОВ Андрей Геннадьевич
доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедрой архитектурного проектирования
Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
E-mail: andreybolsh@ yandex.ru

BOLSHAKOV Andrey G.
Doctor of Architecture, Professor, Head of Architectural Design Chair
Irkutsk National Research Technical University
664074, Russia, Irkutsk, Lermontova str., 83
E-mail: andreybolsh@ yandex.ru

Для цитирования: *Большаков А.Г.* Противоречия устойчивого развития градостроительной формы (на примере Иркутска) // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 89–101. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.11.
For citation: Bolshakov A.G. Contradictions of sustainable development urban planning form (on the example of Irkutsk). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 89–101. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.11.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ВАК, индексируется в системе РИНЦ, каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

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

Рубрики:
- Строительство
- Архитектура

Полный перечень рубрик можно посмотреть на официальном сайте журнала journals.eco-vector.com

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНАЯ

Александр Кузьмич СТРЕЛКОВ
доктор технических наук, главный редактор

443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244
тел. (846) 242-36-98; +79276510709
vestniksgasu@yandex.ru

УДК 72.03(09) (086.6) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.12

Т. В. ВАВИЛОНСКАЯ
Ф. В. КАРАСЕВ

ТЕХНОЛОГИЯ РЕСТАВРАЦИИ КРАСНОКИРПИЧНОГО ФАСАДА НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ОСОБНЯК МЕЩАНИНА ГАЛАКТИОНОВА Г.И.»

THE TECHNOLOGY OF RESTORATION OF THE RED BRICK FACADE ON THE EXAMPLE OF AN OBJECT OF CULTURAL HERITAGE OF REGIONAL SIGNIFICANCE “MANSION OF THE PHILISTINE GALAKTIONOV G.I.”

В статье дана краткая историко-архивная информация об объекте культурного наследия регионального значения «Особняк мещанина Галактионова Г.И.». Приведено описание декоративного решения фасадов здания, сведения об его объемно-планировочном решении. Сделан акцент на нетипичном конструктивном решении главного фасада здания – вертикальный сруб облицован кирпичной кладкой. Приведены некоторые результаты комплексных инженерных изысканий, из которых видно, что сохранившиеся конструкции здания находятся в аварийном состоянии, имеется большой процент утрат кладки по фасадам. Однако еще существует возможность сохранить первоначальный ненесущий облицовочный слой кладки главного фасада. Приведены технологические решения по его реставрации. Дано описание мероприятий после проведения работ по сохранению краснокирпичного фасада. Сделано утверждение об индивидуальности выработанной технологии, так как каждый объект культурного наследия является уникальным с позиции степени сохранности конструкций.

Ключевые слова: *объект культурного наследия, здание, реставрация, кладка, фасад, краснокирпичный, сохранение, приспособление*

The article provides brief historical and archival information about the object of cultural heritage of regional significance “Mansion of the philistine Galaktionov G.I.”. A description of the decorative solution of the facades of the building, information about its spatial planning solution is given. The emphasis is placed on an unusual design solution of the main facade of the building – the vertical log cabin is lined with brickwork. Some results of complex engineering surveys are presented, from which it can be seen that the preserved structures of the building are in disrepair, there is a large percentage of masonry losses along the facades. However, it is still possible to preserve the original facing layer of the masonry of the main facade and technological solutions for its restoration are given. The description of the measures after the work on the preservation of the red brick facade is given. An assertion is made about the individuality of the developed technology, since each object of cultural heritage is unique from the point of view of the degree of preservation of structures.

Keywords: *cultural heritage object, building, restoration, masonry, facade, red brick, preservation, adaptation*

Рассматриваемый объект культурного наследия регионального значения «Особняк мещанина Галактионова Г.И.» расположен на территории исторического центра города Сызрани по ул. Ульяновской, 70. Здание расположено в окружении современной застройки средней этажности. Установлено, что основное здание –литера А – по фрагментам фундаментов и схемам домовладений (рис. 1–3) первоначально имело прямоугольную форму в плане с габаритными размерами 17,6×12,15 м. Позднее в глубине домовладения к основному зданию был пристроен деревянный прямоугольный объем – литеры А1, А3 с габаритными размерами 5,96×10,3 м.

Анализ историко-архивных и библиографических данных позволил выявить следующую информацию об объекте. В окладных книгах недвижимого имущества жителей г. Сызрани за 1911, 1917 гг. в квартале 31 по ул. Симбирской (современная улица Ульяновская) располагался «…дом и бревенчатый, обшитый тесом флигель во дворе мещанина Григория Ивановича Галактионова». Дом главным фасадом, длинной стороной, был вытянут вдоль ул. Ульяновской. Вышеназванный «каменный» дом на самом деле был бревенчатый, обложенный глиняным кирпичом снаружи и оштукатуренный изнутри. В 1922 г. квартиросъемщиком здания являлась Галактионова М.А.

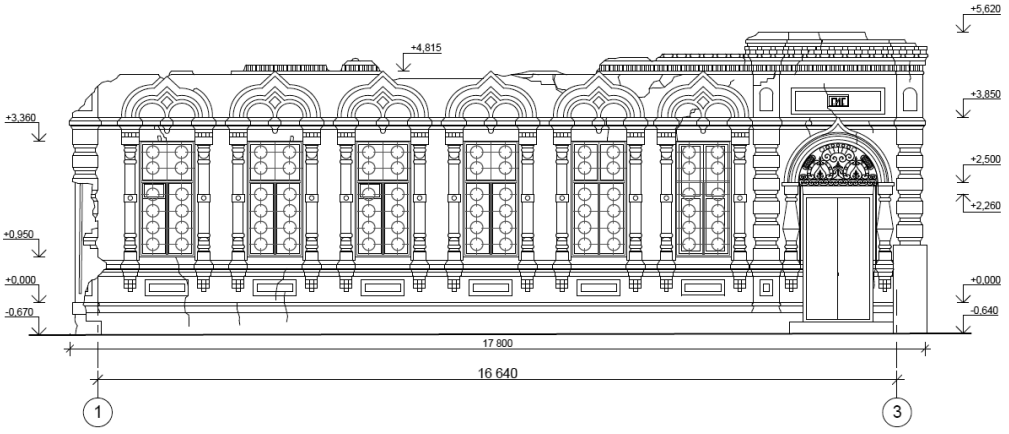
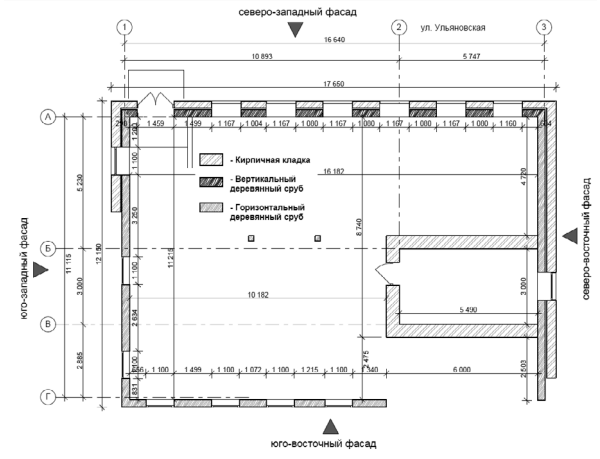


Рис. 1. Обмерочный чертеж главного фасада литера А по ул. Ульяновской
Fig. 1. Measurement drawing of the main facade of letter A on the street. Ulyanovsk

а



б

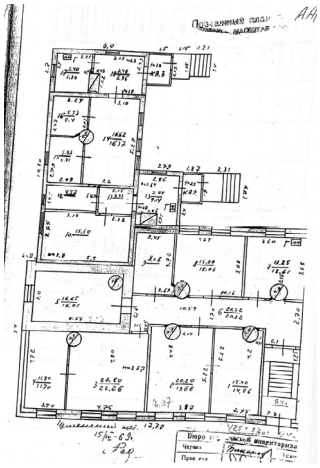


Рис. 2. Обмерочный чертеж первого этажа здания с обозначением ориентации фасадов и материала исполнения несущих конструкций (а); план первого этажа на 1969 г. (б)
Fig. 2. Measurement drawing of the first floor of the building with indication of the facade orientation and bearing structure material (a); ground floor plan for 1969 (b)

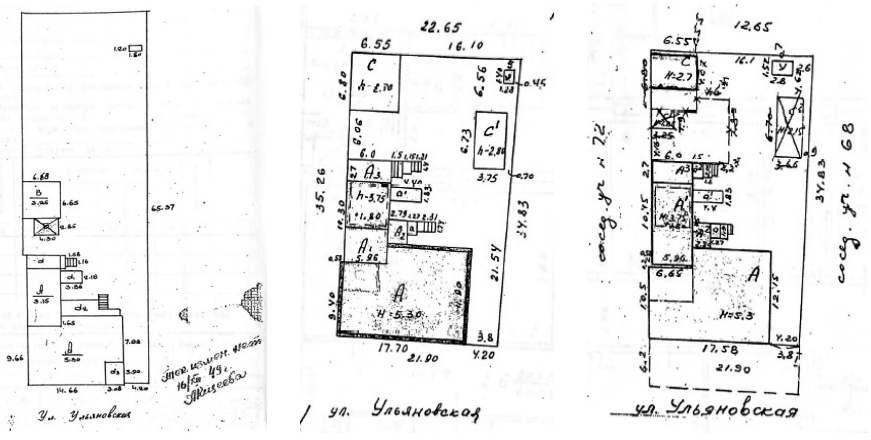


Рис. 3 Схема развития домовладения по годам: 1949, 1969, 1994
Fig. 3 Scheme of home ownership development by year: 1949, 1969, 1994

Однако после 1924 г. под жилье использовали лишь поздний деревянный пристрой – флигель, а главное здание, ориентированное по улице, имело административную функцию, где размещались домоуправления № 4, 5 и 12. В 1949 г. в здании была размещена городская музыкальная школа. В 1960-1970-х гг. в объекте располагались медицинские учреждения: пункт скорой помощи, а затем врачебно-трудовая экспертная комиссия (ВТЭК). Износ отдельных элементов здания в этот период, включая бутовый фундамент, бревенчатые с кирпичной обкладкой наружные стены, деревянные перегородки, деревянное утепленное и кирпичное сводчатое перекрытие, составлял порядка 25 %. В неудовлетворительном состоянии с износом 50 % находилась и крыша «железная по тесовой обрешетке, стропила деревянные». В 1963 г. был выполнен капитальный ремонт помещений и кровли [1]. К концу 1980-х гг. проведено центральное отопление, а печи демонтированы [2]. В 1991 г. был демонтирован некогда жилой деревянный пристрой. В период с 2013 по 2016 гг. зданию был нанесен значительный ущерб, так как его попытались снести, однако данные действия не были доведены до конца и на протяжении последних восьми лет происходит обветшание несущих конструкций. Общая площадь сохранившихся первоначальных кирпичных фасадов – 147,9 м^2, в осях 1–3 – 99,7,3 м^2, в осях А-Г – 34,5 м^2, в осях Г-А – 13,7 м^2.

В настоящее время здание одноэтажное, Г-образное в плане. Главный фасад имеет асимметричную композицию и насчитывает 7 композиционных осей (см. рис. 1). В 7-й оси раскрыт парадный вход в здание с двустворной дверью и глухой фрамугой. Над входом расположен полуциркульный навес, поддерживаемый коваными кронштейнами. По обеим сторонам от входа устроены кувшинообразные колонны, на которые опирается килевидный сандрик. Над навесом – прямоугольная ниша, углы здания и парадный вход декорированы пилястрами с нишами. Оконные проемы прямоугольные, декорированы полуколоннами, на которые опирается килевидный сандрик из нескольких уровней кирпича. Подоконный карниз декорирован нишами, между ними расположены пьедесталы полуколонн. Венчает здание карниз из нескольких уровней кирпича, поддерживаемый небольшими кронштейнами; под карнизом – ряд поребрика, прерываемый трехлопастными сандриками [3].

Северо-восточный фасад декора не имеет, за исключением идентичного главному фасаду венчающего карниза, но есть одно прямоугольное окно и фундаменты поздних пристроев. Юго-западный фасад имеет три прямоугольных окна, декорированных наличниками и килевидным сандриком. Декор фасадов выполнен в стиле эклектики с элементами русского стиля. По большому счету объект является типовым жилым домом, с характерным для краснокирпичных построек конца XIX – начала XX в. декором. Однако наибольший интерес представляет особенность здания – конструкция несущих стен, выполненная нетиповым решением не только для Сызрани, но и Поволжья в целом [4–9].

Так, сохранилась деревянная стена главного фасада, выполненная из вертикально стоящих бревен и облицованная красным полнотелым глиняным кирпичом толщиной от 260 до 640 мм. Стены боковых фасадов при этом, в классическом исполнении горизонтально уложенных бревен, также облицованы кирпичом.

Обкладка основного объема здания кирпичом выполняла несколько задач: повышала противопожарную категорию здания из-за последствий крупного пожара в городе от 1906 г., придавала внешнему облику солидность, способствовала сохранению тепла и защите бревенчатых стен от воздействия атмосферных осадков [5–7]. Наиболее многочисленными среди вновь возводимых жилых зданий как и до пожара, являлись деревянные и полукаменные, т. е. первый этаж – камень, второй – дерево. Такая застройка характерна и для интересующей нас улицы Симбирской. Тем не менее остается загадкой, почему целенаправленно главный фасад не строился по классическому варианту с горизонтальной укладкой бревен. В данном случае, скорее всего, имела место экономия средств при поэтапном строительстве объекта, от начала закладки фундаментов гораздо выше глубины промерзания до обкладки стен кирпичом, при том что деревянный сруб уже стоял не один десяток лет, о чем свидетельствует лицевая сторона бревен, скрытая кладкой, на которой видны поражения гнилью и повсеместные включения трухлявого состояния древесины. Это подтверждается и характеристикой застройки города Сызрани в «Симбирских Епархиальных Ведомостях»: «…многие дома тогда строились или возводились без проекта и смет» [5].

Подобный деревянный конструктив стен был широко распространен в России XIX столетия, однако в Поволжье встречается крайне редко [10]. Основным преимуществом вертикального сруба является отсутствие усадки, но минусов значительно больше:

- установленные вертикально бревна начинают гнить по всей длине;
- в обычном бревенчатом доме нижние и верхние венцы заменяемы, но чтобы отре-

монтировать вертикальную укладку, требуется разобрать половину стены, и т. д.

В рамках выполнения научно-проектной документации по приспособлению объекта для современного использования были выполнены комплексные инженерные изыскания, по результатам которых выявлено, что ленточный фундамент, устроенный из бута под залив известковым раствором, находится в аварийном состоянии, так как глубина заложения фундамента выполнена без учета глубины промерзания грунта на 700 мм ниже уровня земли. Сезонные промерзания и оттаивания основания создают неравномерные осадки фундамента. Бутовые камни крупные, типа «дикарь». Фундамент выполнен с уступами (рис. 4). Горизонтальная и вертикальная гидроизоляция отсутствует. Физический износ фундамента составляет 60 % (камни фундамента местами свободно отделяются от кладки, но стена не потеряла вертикальности; раствор как бутовой, так и кирпичной кладки фасада в основном имеет нулевую прочность и выкрашивается).

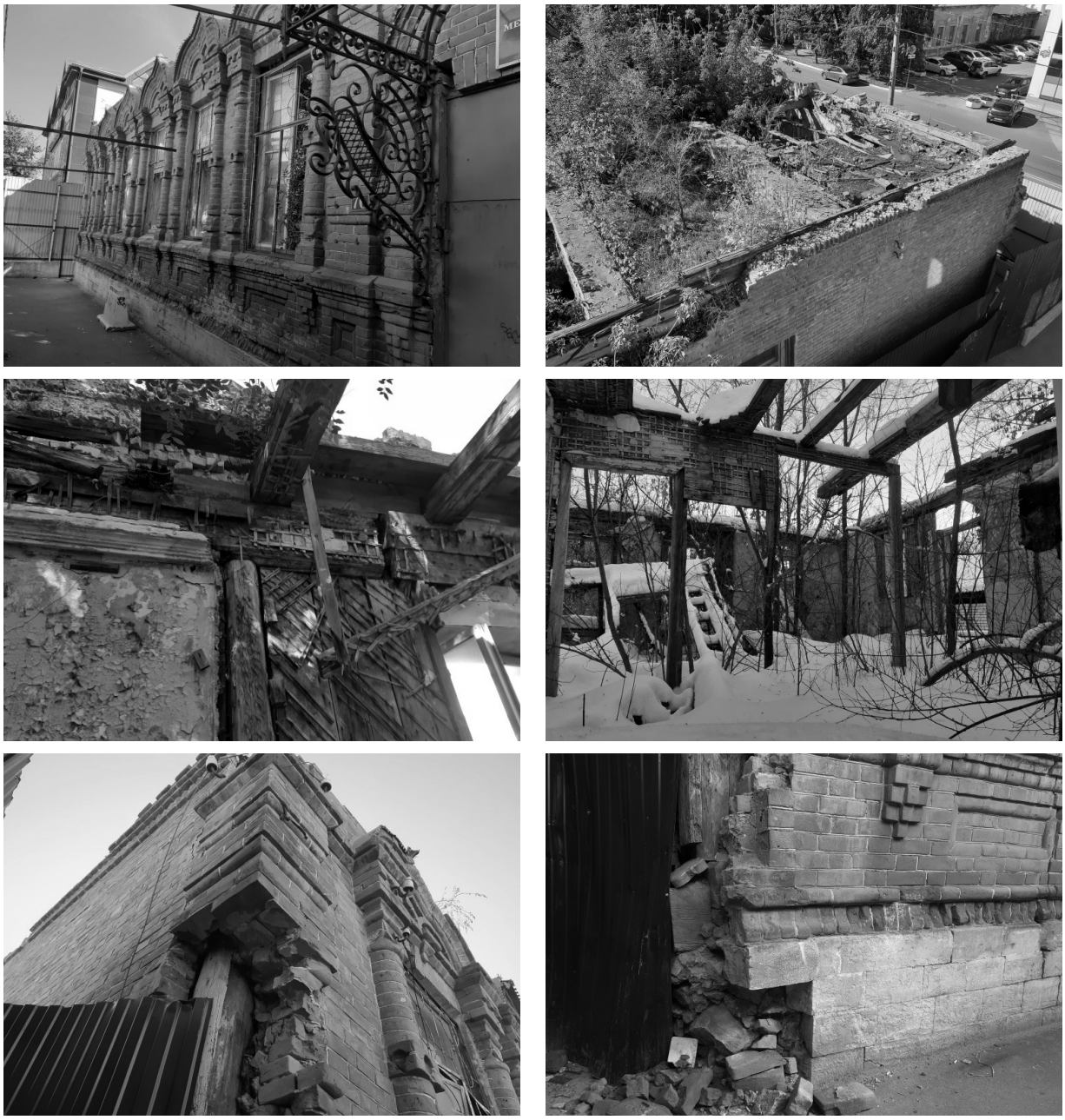


Рис. 4. Фотофиксация современного состояния объекта культурного наследия
Fig. 4. Photofixation of the current state of the cultural heritage site

Нижние и верхние обвязочные бревна диаметром 360 мм; заполнение – вертикально набранные бревна диаметром 280–360 мм. Между кирпичной и деревянной стенами выполнена глиняная обмазка и проложен слой войлока. Для связи между кирпичной кладкой и деревянной стеной по всей площади фасадов установлены металлические кованые анкеры длиной 400–450 мм (рис. 5). Анкеры забиты в деревянную стену в шахматном порядке с шагом 700–1000 мм.

Деревянные элементы внутреннего несущего слоя всех фасадов увлажнены, повсеместно видны следы биологической деструкции. В кирпичной кладке зафиксированы многочисленные трещины шириной раскрытия от 5 до 40 мм. На кладке наблюдаются локальные участки выветривания кирпича и раствора из швов кладки, биопражения в виде плесени, следы интенсивного замачивания кладки: потеки, высолы ввиду отсутствия кровли и, частично, отливов на выступающих декоративных элементах фасадов (см. рис. 4).

Также по главному фасаду зафиксированы утраты кладки в уровне венчающего карниза, в левом углу фасада в месте сопряжения с северо-восточным фасадом. Наблюдаются значительные утраты кладки по юго-западному и северо-восточному фасадам, полностью утрачена кладка юго-восточного фасада. Утрачена кровля и покрытие первого этажа, практически полностью утрачены полы и их конструкции, деревянные каркасные внутренние перегородки и несущие внутренние стены.

На основании проведенного обследования сделан вывод о том, что ограждающие конструкции здания находятся в аварийном состоянии вследствие следующих причин:

1. Естественный физический износ конструкций в результате длительного срока эксплуатации.

2. Отсутствие плановых и капитальных ремонтов фасада и кровли здания.

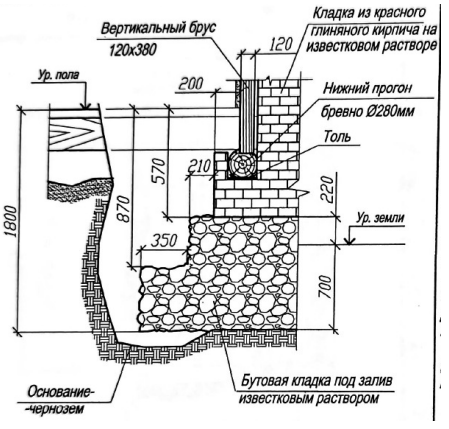
3. Отсутствие наружного водостока и частично отливов с декоративных элементов здания.

Основной задачей по сохранению здания явилось сохранение декора кирпичной кладки главного фасада. Толщина кладки в наиболее тонком месте составляет всего 260 мм, что, безусловно, стало главной проблемой, потому что при демонтаже деревянного каркаса возникает угроза обрушения всего фасада. Кирпичная кладка в данном случае не является самонесущей, что значительно усложняет процесс ее сохранения [11]. В связи с этим было принято решение, что все работы по демонтажу и последующему монтажу новых конструкций будут проводиться вручную, без применения вибрационных и ударных воздействий. Так как восстановление деревянных конструктивных элементов несущих стен здания, несмотря на их своеобразность, представляется нецелесообразным ввиду отсутствия их архитектурной ценности и практически полной деструкции материала, то были приняты следующие технологические решения по реставрации краснокирпичной кладки:

1. Установка деревянного каркаса со стороны улицы, фиксирующего положение кирпичной кладки, по сути опирание ее на новую независимую конструкцию (рис. 6). Демонтаж первоначального кованого навеса над главным входом в здание.

2. Очистка земельного участка и внутреннего пространства дома от кустарниковых самосевных растений, уборка и вывоз строительного

а



б

Рис. 5. Шурф существующего фундамента (а); кованые анкера, соединяющие кирпичную кладку и деревянную часть конструкции стены (б)
Fig. 5. Pit of existing foundation (a); forged anchors connecting the brickwork and the wooden part of the wall structure (b)

а

б

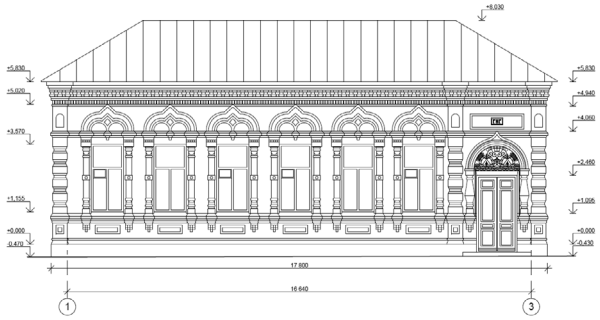


Рис. 6. Фотофиксация главного фасада здания, 2010 г. (а); чертеж главного фасада, отражающий его состояние после проведения работ по реставрации (б)
Fig. 6. Photofixation of the main facade of the building, 2010 (a); drawing of the main facade, reflecting its condition after restoration work (b)

мусора, сортировка и складирование на участке сохранившегося кирпича кладки для последующего его применения в доформировании главного фасада.

3. Демонтаж сохранившихся наружных конструкций стен остальных фасадов и внутренних элементов несущих конструкций, фрагментов полов.

4. Устройство нового фундамента по первоначальному прямоугольному контуру здания и обвязкой его с обоймой усиления главного фасада. Обойма выполняется в шахматном порядке ниже глубины промерзания грунта.

5. Последовательное устройство новой железобетонной стены с последующей обвязкой ее с сохраняемой кирпичной конструкцией главного фасада. Для этого потребуется выполнение следующего порядка действий (рис. 7):

▪ последовательный демонтаж деревянных конструкций стены с сохранением анкеров, выходящих из тела кладки;

▪ обработка внутренней стороны кладки однокомпонентным полиуретановым клеевым составом; монтаж арматурного каркаса будущей несущей железобетонной стенки и обвязка ее с сохранившимися анкерами;

▪ устройство опалубки до середины оконных проемов фасада; послойная заливка бетонной смеси марки В20 на высоту от 300 до 500 мм до венчающего карниза для предотвращения выдавливания кирпича из тела кладки с последующим повышением высоты установки опалубки;

▪ доформирование лицевого ряда кладки первоначальным кирпичом в уровне венчающего карниза с последующим возведением конструкции несущей железобетонной стены.

6. Восстановление поврежденных участков лицевого ряда кирпичной кладки сохранившимся первоначальным кирпичом с северо-восточного и юго-западного фасадов, демонтаж локальных участков известкового заполнения швов кладки с последующим ее восстановлением.

7. Очистка фасада, в том числе облицовки цоколя пиленым известняком от биопоражений, загрязнений, высолов.

8. Просушка увлажненной кладки и нейтрализация водорастворимых солей 10 %-м раствором хлорида бария (водным) для обессоливания, применение компрессов из известковой пасты (слой 3–5 см), биоцидная обработка поврежденных участков главного фасада.

9. Обработка главного фасада составом по типу Caparol REMMERS KSE 100, KSE 300 (укрепляющий комплекс для любого типа камня).

10. Обработка фасада гидрофобизаторами по типу Caparol Funcosil SNL.

11. Установка заполнения оконных проемов с расстекловкой, характерной для периода строительства здания, и дверного проема с рисунком дверного полотна, соответствующим архивной фотографии.

12. Очистка кованых элементов навеса от загрязнений и ржавчины, окраска и установка на прежнее место на анкеры, предусмотренные из новой железобетонной стены.

13. Установка отливов по выступающим декоративным элементам фасада и покрытия кованого навеса над главным входом в здание, системы водостока по углам перелома кровли.

После проведения данных мероприятий по сохранению главного фасада здания будет произведен монтаж ленточного монолитного

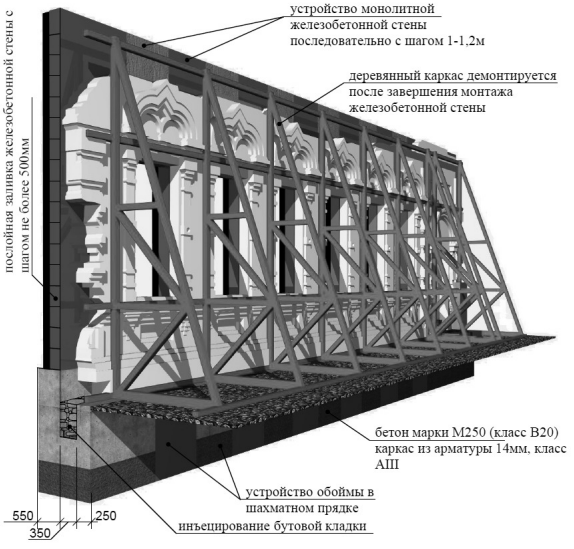


Рис. 7. Схема устройства: подпорной деревянной конструкции со стороны улицы; железобетонной обоймы усиления фундамента и монолитной стенки главного фасада
Fig. 7. Diagram of the device: retaining wooden structure on the street side; reinforced concrete reinforcement cage of the foundation and monolithic wall of the main facade

железобетонного фундамента с последующим возведением новой кладки стен юго-восточного, северо-восточного и юго-западного фасадов с перевязкой последних двух с выпусками арматурных сеток и анкеров из стены северо-западного фасада. Так как по желанию заказчика планировка здания должна быть универсальной, внутренних несущих стен к возведению не предполагается, вместо этого от оси А до оси Б будут установлены двутавровые балки с последующим покрытием сэндвич-панелями, произведен монтаж конструкции монолитного железобетонного пола и устройство деревянной конструкции вальмовой кровли с покрытием листовым металлом по типу «кликфальц» в первоначальных габаритах со слуховым окном, ориентированным в дворовую часть домовладения [12, 13].

Резюмируя вышесказанное, следует отметить, что на основе анализа историко-архивных и библиографических данных, натурного, комплексного инженерного обследования авторами статьи был выполнен проект приспособления объекта культурного наследия «Особняк мещанина Галактионова Г.И.» для современного использования, согласно которому предполагается сохранить декоративное решение главного краснокирпичного фасада, первоначальную прямоугольную форму здания в плане, восстановить первоначальный объем кровли. Что касается реставрации краснокирпичной кладки облицовки фасада, то подобная технология сохранения является сугубо индивидуальной, так как каждый объект культурного наследия уникален и имеет разную степень сохранности. Также следует отметить, что архиважным при выполнении научно-проектной документации является определение литерного состава памятника, который позволил, как в данном случае, выявить первоначальное планировочное решение. В дальнейшем «Особняк мещанина Галактионова Г.И.» ждет проведение производства работ и ювелирная работа по демонтажу деревянных элементов конструкций стен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балькин В.М., Фролова И.Г.* Восстановление перекрытия деревянного бревенчатого здания при реставрации // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 1. С. 91–95. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.12.

2. Сызранский филиал Центрального государственного архива Самарской области СФ ЦГАСО: ф.25, оп.1, д.153, л.37об., 38; ф.25, оп.1, д.183, л.46об.; там же, ф.18, оп.1, д.178, л.79об., 80; там же, ф. Р-6, оп.1, д.17, л.53, 53об.; там же, д.400, л.6 об., 7; там же, оп.10, д.475, л.31.

3. УГООКН Самарской области [Электронный ресурс]. URL: https://nasledie.samregion.ru/?s = %D0 %BE %D 1 %81 %D0 %BE %D0 %B1 %D0 %BD %D1 %8F %D0 %BA + %D0 %BC %D0 %B5 %D1 %89 %D0 %B0 %D0 %BD %D0 %B8 %D0 %BD %D0 %B0+ %D0 %93 %D0 %B0 %D0 %BB %D 0 %B0 %D0 %BA %D1 %82 %D0 %B8 %D0 %BE %D0 %BD %D0 %BE %D0 %B2 %D0 %B0 (дата обращения: 22.01.2024).

4. Российский государственный архив древних актов (РГАДА), ф. 1338, оп.1, д. 5278, л.3.

5. Государственный архив Ульяновской области (ГАУО), ф.88, оп.2, д.2227, л.7.; Невоструев К.И. Сведения о поселении города Сызрани, Симбирск, 1898; Яхонтов А. Город Сызрань и его достопримечательности. Симбирск, 1901; Симбирские епархиальные ведомости. 1901. № 3.

6. Город Сызрань. Очерки географии, истории, культуры, экономики. Сызрань, 2008. Т. 1.

7. *Бурая И.В.* Архитектура Сызрани конца XVII – начала XX века. Сызрань, 2008.

8. *Лисицына А.В.* Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 1 // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 106–114. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.14.

9. *Карасев Ф.В.* Реставрация церкви Космы и Дамиана в с. Мусорка Ставропольского района Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 72–80. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.10.

10. *Райхель Ю.Л., Райхель А.А.* Морфотипы гражданских зданий Самарской губернии конца XIX – начала XX века // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сб. ст. Самара, 2021. С. 795–804.

11. *Подьяпольский С. С., Бессонов Г.Б., Беляев Л.А., Постников Т. М.* Реставрация памятников архитектуры. М.: Стройиздат, 1988. 264 с.

12. *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.

13. *Литвинов Д.В., Яшина А.В.* Приспособление и реконструкция краснокирпичных памятников архитектуры XIX века в современном стиле «Лофт» // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 114–120. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.15.

REFERENCES

1. Balkin V.M., Frolova I.G. Restoration of the Overlap of a Wooden Log Building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 91–95. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.12

2. Syzran branch of the Central State Archive of the Samara Region SF TsGASO: f.25, op.1, d.153, l.37ob., 38; f.25, op.1, d.183, b.46; ibid., f.18, op.1, d.178, b.79ob., 80; ibid., f. R-6, op.1, d.17, cl. 53, 53 vol.; ibid., d.400, l.6 vol., 7; ibid., op.10, d.475, b.31. (In Russian)

3. UGOKN Samara region. Available at: https://nasledie.samregion.ru/?s = %D0 %BE %D1 %81 %D0 %BE %D0 %B1 %D0 %BD %D1 %8F %D0 %BA+ %D0 %BC %D0 %B5 %D1 %89 %D0 %B0 %D0 %BD %D0 %B8 %D0 %BD %D0 %B0+ %D0 %93 %D0 %B0 %D0 %BB %D0 %B0 %D0 %BA %D1 %82 %D0 %B8 %D0 %BE %D0 %BD %D0 %BE %D0 %B2 %D0 %B0 (accessed 22 January 2024).

4. Russian State Archive of Ancient Acts (RGADA), f. 1338, op.1, 5278, b.3. (In Russian)

5. State Archive of the Ulyanovsk Region (GAUO), f. 88, op.2, d. 2227, l. 7.; Nevostruev K.I. Information about the settlement of the city of Syzran, Simbirsk, 1898; Yakhontov A. The city of Syzran and its sights. Simbirsk, 1901; Simbirsk diocesan sheets. 1901. № 3. (In Russian)

6. *Gorod Syzran'. Ocherki geografii, istorii, kul'tury, jekonomiki* [City of Syzran. Essays on geography, history, culture, economics]. Syzran, 2008, V. 1.

7. Buraya I.V. *Arhitektura Syzrani konca HVII – nachala HH veka* [Architecture of Syzran late XVII – early XX century]. Syzran, 2008.

8. Lisitsyna A.V. Small and medium towns of Nizhegorodskoe Povolzhie Region: in search of the lost harmony. Part 1. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 106–114. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.14

9. Karasev F.V. Restoration of the Church of Cosmas and Damian in the Village of Musorka, Stavropol District, Samara Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 72–80. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.10

10. Reichel Yu.L., Reichel A.A. Morphotypes of civil buildings of the Samara province of the late XIX – early XX centuries. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo: sb. st.* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning: Sat. Art.]. Samara, 2021, pp. 795–804. (In Russian).

11. Podyapolsky S.S., Bessonov G.B., Belyaev L.A., Postnikov T.M. *Restavracija pamjatnikov arhitektury* [Restoration of architectural monuments]. Moscow, Stroyizdat, 1988. 264 p.

12. 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

13. Litvinov D.V., Yashina A.V. Adjustment and Reconstruction of Red Brick Monuments of 19th Century Architecture in the Modern Loft Style. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol.13, no.1, pp.114–120. (inRussian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.15

Об авторах:

ВАВИЛОНСКАЯ Татьяна Владимировна
доктор архитектуры, доцент, заведующая кафедрой реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: baranova1968@mail.ru

КАРАСЕВ Федор Вадимович
старший преподаватель кафедры реконструкции
и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: fedor_karasev@mail.ru

VAVILONSKAYA Tatiana V.
Doctor of Architecture, Associate Professor,
Head of the Reconstructionand Restoration
of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: baranova1968@mail.ru

KARASEV Fedor V.
Senior Lecturer of the Reconstruction
and Restoration of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: fedor_karasev@mail.ru

Для цитирования: Вавилонская Т. В., Карасев Ф.В. Технология реставрации краснокирпичного фасада на примере объекта культурного наследия регионального значения «Особняк мещанина Галактионова Г.И.» // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 102–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.12.
For citation: Vavilonskaya T.V., Karasev F.V. The technology of restoration of the red brick facade on the example of an object of cultural heritage of regional significance "Mansion of the Philistine Galaktionov G.I.". *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 102–109. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.12.

УДК 711, 712

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.13

Е. С. РОЖДЕСТВЕНСКАЯ

КОМПЕНСИРУЮЩИЕ ПРАКТИКИ РЕНОВАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ГОРОДОВ

COMPENSATORY PRACTICES FOR THE RENOVATION
OF PUBLIC SPACES IN THE HISTORICAL ENVIRONMENT OF CITIES

Анализируется опыт ревитализации общественных пространств в исторической среде городов в практике зарубежного и отечественного опыта проектирования. Ставится задача определения места и роли современного искусства и современной архитектуры в жизни исторического центра города в среде, наполненной объектами культурного наследия. Рассматривается зарубежный и отечественный опыт практических акцентных решений, использованных как временные, компенсирующие практики для реновации общественных пространств в исторической среде городов. Раскрывается потенциал нового восприятия как инструмента обновления и комплексного подхода к решению стратегии ревитализации общественных пространств исторических центров городов.

Ключевые слова: *общественное пространство, исторический центр, реновация общественных пространств, ревитализация общественных пространств*

The experience of revitalization of public spaces in the historical environment of cities in the practice of foreign and domestic design experience is analyzed. The task is to determine the place and role of modern art and modern architecture in the life of the historical city center in an environment filled with cultural heritage objects. The foreign and domestic experience of practical accent solutions used as temporary, compensatory practices for the renovation of public spaces in the historical environment of cities is considered. The potential of a new perception as a tool for renewal and an integrated approach to solving the strategy for revitalizing public spaces of historical city centers is revealed.

Keywords: *public space, historical center, renovation of public spaces, revitalization of public spaces*

Современное развитие городских территорий, особенно в исторических центрах, требует поиска новых подходов к решению гармоничного и целостного взаимодействия всех систем и частей гетерогенного урбанизированного пространства. В настоящее время основными направлениями развития архитектурной мысли в теории и практике проектирования становятся концепции устойчивого развития городов как единого диверсифицированного организма со своей внутренней специфической логикой [1]. Актуальность такого подхода в улучшении качества городской среды и общего повышения уровня жизни горожанина отмечают в своих работах многие ученые, в частности архитектурный критик Г. И. Ревзин [2].

В зарубежной теории интересно исследование Мартины Лёв и Хельмута Беркинга, которые рассматривают взаимодействие различных очень специфических городских процессов, конструирующих большой город как «зеркало» общества, в контексте взглядов архитектуры постмодернизма. Авторы вводят понятие «внутренняя логика городов», высказывают предположение о том, что город является особой формой общения. Анализируют городское пространство как систему особых символических подмиров, которые определенным образом провоцируют действия посредством имплицитного смыслового приписывания. Теоретически обоснованная концепция внутренней логики позволяет исследовать коллективные и устойчивые модели действий, которые, в соответствии с культурными кодами и смысловыми горизонтами, делают социальное воспроизводство в городах понятным. Основные теоретические положения социологических и культурологических исследований имеют практическое применение при разработке стратегий ревитализации городских пространств [3].

В терминах Герд Хельда «пространственная логика включения» – это логика систематического повышения интенсивности контактов при низком уровне обязательств. Город организует плотность путем экстремального увеличения поверхностей контакта. Самые разнородные элементы не просто собираются вместе,

а приводятся в такое «агрегатное состояние», которое делает их способными к реагированию и меняет их воздействие друг на друга [3].

В этом ключе интерес к обновлению общественных пространств в исторических центрах занимает заметное место, поскольку именно они являются ключевыми, реперными точками в структуре городской ткани. Ландшафтно-композиционное, пространственно-коммуникационное, социокультурное и инфраструктурное взаимодействие связей этого пространства определяет индивидуальную уникальность и характер места, а общественные пространства являются индикатором такого взаимодействия.

Также Герд Хельд высказывается о том, что готовность самих гетерогенных элементов городского пространства прореагировать друг с другом вызывает к жизни самые немыслимые соединения [3].

Именно эти непредсказуемые, вызывающие новое прочтение среды изменения ракурса восприятия пространства, и снова новое взаимодействие элементов уже с новым видением порождают новый контекст, дающий место для размышления. В этом проявляются и новые, эксклюзивные качества среды, несущие важное значение в том числе, и особенно это ценно для исторических центров городов. Возникают новые социокультурные взаимодействия, которые носят во многом определяющий уникальный характер среды [4].

В данной работе ставится задача проанализировать и определить место и роль современного искусства и современной архитектуры в жизни исторического центра города в среде, наполненной объектами культурного наследия. Рассматривая зарубежный и отечественный опыт практических решений, использованных для реновации общественных пространств в исторической среде городов, были выделены практики, носящие временный компенсирующий характер [5].

Под временными компенсирующими практиками понимается возможность обновления общественного пространства исторического центра города средствами малых архитектурных форм, элементов городского дизайна, размещаемых для временных выставок, ярмарок, перфомансов, различных видов уличного искусства и других городских мероприятий, требующих привлечения социальной активности горожан.

Анализируя реализованные проекты в ракурсе временных компенсирующих практик обновления общественного пространства исторического центра города, были выявлены следующие приемы:

- ***яркие цветовые акценты*** оформления общественных пространств исторического центра используются преимущественно для временных выставок, ярмарок и других городских мероприятий с целью привлечения к городскому событию большого количества людей;
- ***использование экологических технологий***, возобновляемых ресурсов и повторное использование материалов, а также технологий, способствующих созданию комфортного микроклимата и саморегуляции среды;
- ***использование мобильных, трансформируемых элементов дизайна, городской мебели и разборных конструкций*** для проведения временных выставок, ярмарок и других городских мероприятий и социальных взаимодействий;
- ***создание прецедента социальной активности*** не только через не материальные практические решения, но и за счет инициативных групп, акций движений.

Все эти практики объединяются общим качеством, таким как мобильность и возможность быстрого создания ощущения знакового события и нового общественного пространства там, где его раньше не было. Это возможность новой игры, нового манифеста в старой и знакомой среде. Возможность заново почувствовать, принять и понять ценность места и, особенно, ценность исторического наследия.

Ярким примером данных временных практик является работа французского художника Дидье Фаустино, который установил остроконечную желтую сцену перед Архитектурной ассоциацией на Бедфорд-сквер в Лондоне (рис. 1), чтобы поощрять спонтанные публичные выступления, а также использовать для других социальных взаимодействий, мероприятий и перформансов. Эта инсталляция представляет собой определенный подход к перформативной практике в тесно связанных областях современного искусства и архитектуры и призвана быть местом, где люди могут публично общаться, высказываться, дискутировать. На Бедфорд-сквер регулярно размещаются инсталляции, представленные Архитектурной ассоциацией и ее студентами [6].

Следующий пример иллюстрирует сочетание нескольких успешных практик. Трансформируемые и мобильные конструкции, используемые для временных мероприятий, выступают как прецедент социальной активности и интегрируют современные коды архитектуры и дизайна в исторический контекст. Применяется и экологический подход к вторичному использованию материалов и конструкций.

В Мадриде музейно-выставочные пространства, как правило, расположены в центре города, и, концентрируясь вдоль оси, соединяющей Авенида-де-Америка с площадью Легас-

пи (рис. 2), они, в отличие от географического распределения небольших музыкальных и театральных коллективов или поэтических объединений, большей частью равномерно разбросаны по обширной столичной территории. Самостоятельно каждый из объектов работает в своем выбранном направлении, в котором развивается их деятельность. А вместе они составляют каркас культурной инфраструктуры, оказывающий большое влияние на город. Местом проектирования является как раз один из элементов этого каркаса – площадь Матадеро Мадрид, бывшая городская бойня, теперь приспособленная под общественное пространство для современной культуры с видом на реку.

Цель проекта состоит в том, чтобы закрепить в пространстве исторической площади Матадеро Мадрид новые визуально-эстетические коды современной культуры, при этом сохранить идентичность места и наполнить функциональными, трансформируемыми элементами городского дизайна.

Для этого в схеме предлагается оборудовать открытые пространства старой скотобойни разнотипными большепролетными мобильными конструкциями (ранее использованными в сельскохозяйственном производстве) со звукоусиливающими системами, сценическим освещением и аудиовизуальными проекционными системами, которые в сочетании с раздвижными трибунами могут выполнять функции вспомогательных конструкций для любого публичного выступления, проводимого в этом пространстве. Такие притененные площадки сдаются местным муниципалитетом в аренду по часам. Стоимость всех элементов конструкции основана на идее мобильной сборки уже недорогих элементов (системы полива, тепличных тентов Almería и дешевых пластиковых стульев) [7]. Эти идеи поддерживают экологические стратегии повторного использования материалов.

Другой пример временных практик также имеет экологическую составляющую, что можно продемонстрировать на примере детской площадки (рис. 3) в венском квартале Музеев (Woven Willow Kagome). Австрийская компания PPAG в сотрудничестве с Саймоном Оберхаммером и Стефани Майер создала «Кагоме», игровую площадку в музейном квартале Вены, которая сформована из 120 живых саженцев ивы, луковичная форма которых создается

Рис. 1. Желтая сцена перед Архитектурной ассоциацией на Бедфорд-сквер в Лондоне. Дидье Фаустино
Fig. 1. The yellow scene in front of the Architecture Association in Bedford Square, London. Didier Faustino

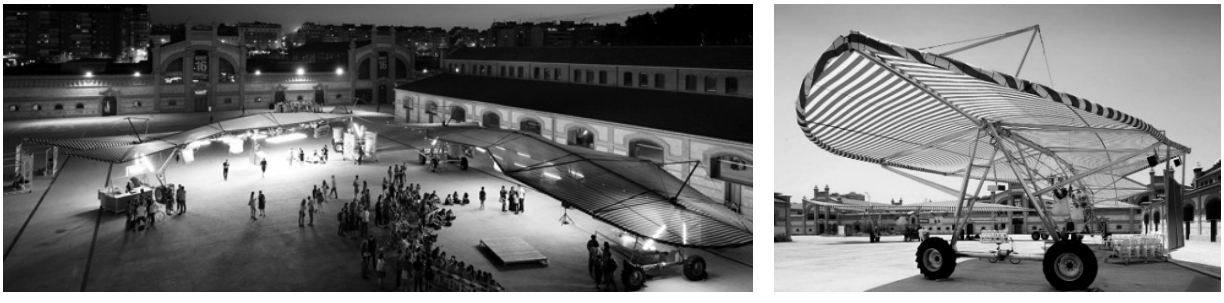


Рис. 2. Архитектуроное бюро Андрес Жак. Эскаравокс, Мадрид, 2013 г.
Fig. 2. Architecture bureau Andres Jacques. Escaravox, Madrid, 2013

путем сгибания укоренившихся растений и закрепления их на месте кольцами из плетеной рафии. Это дерево, первоначально имеющее 5 м в высоту и 4 см в диаметре, укоренено в центральном мешке с гумусом, поливочные шланги интегрированы в основание под верхним слоем песка [8].

Следующий пример проекта «Миериги» в Риге также является иллюстрацией временных практик с привлечением социальной активности к проблеме и способам ее решения [9] (рис. 4).

На неделю улица Миера становится местом проведения эфемерной инсталляции, которая позволяет ее жителям испытать новые возможности общественного пространства. На этом участке становится меньше личных автомобилей, больше велосипедистов, пешеходов и возможностей для их социального взаимодействия. К счастью, на улице Миера есть давняя и очень активная местная община. Зная об этом, в 2014 г. группа молодых урбанистов выбрала улицу для проведения эксперимента. Цель состояла в том, чтобы дать раздосадованным пользователям улицы понять, что существующее ограниченное пространство можно распределить эффективнее. Инициатива, являющаяся частью более крупной стратегии по освобождению места для велосипедов в Риге, также направлена на изучение отношений между градостроителями, проектирующими общественные пространства, и сообществом, которое регулярно их использует. Первая группа может быть теми, кто знает, как устроены улицы, но вторые являются экспертами в их использовании. На встрече обеих групп планировщики могут научиться лучше реагировать на реальные потребности людей, а жители могут лучше удовлетворять свои потребности.

Рис. 3. Проект зеленой песочницы Кагомэ от PPAG Architects музейном квартале Вены. PPAG Architects 2013 г.
Fig. 3. Kagome green sandbox project from PPAG Architects Vienna Museum Quarter. PPAG Architects 2013

Работа с ограждением – прием, который можно вывести в отдельный блок компенсирующих практик реновации городской среды.

Проблема проницаемости среды, как одного из важных и возможных путей объединения разрозненных элементов общественных пространств, могла бы решаться и таким способом: за счет выставления акцентов-порталов, связывающих отрезки пути и приглашающих к исследованию этого пространства. Данный прием мог бы стать спасением для специфических территорий, где «забора не избежать». Следующий прием балансирует на границе временных и постоянных практик. Но все же такое решение сложно рассматривать как окончательное и неизменное, поскольку слишком высоко влияние подобных современных решений на деликатность исторической среды.

К примеру инсталляция «Маленькая жизнь» (рис. 5) в Квебеке может являться

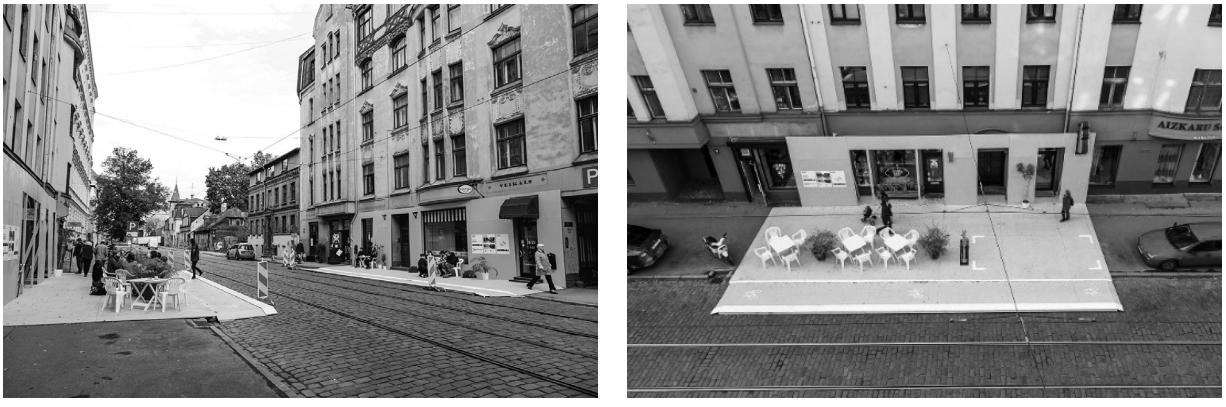


Рис. 4. Проект «Миериги» в Риге (Латвия), 2014 г. https://vimeo.com/110836621
Fig. 4. Mierigi project in Riga (Latvia), 2014. https://vimeo.com/110836621

Рис. 5. Инсталляция «Маленькая жизнь» в Квебеке.
Коллектив дизайнеров (Fontaine/Fortin/Labelle)
Fig. 5. Installation «Little Life» in Quebec. Design Team (Fontaine/Fortin/Labelle)

иллюстрацией к предыдущим временным практикам и включает в себя идеи работы с ограждением.

Коллектив дизайнеров Фрэнсис Фонтен, Лука Фортин и Паскаль Лабелль (Fontaine/Fortin/Labelle) в рамках фестиваля паблик-арта Les Passages Insolites заблокировал оба конца переулка Quartier Création в Квебеке инсталляцией красочных стен и геометрических дверных проемов в стиле постмодерна [10]. Инсталляция, названная Petite Vie, что по-французски означает «Маленькая жизнь», была создана как элемент игры, без специально заданной темы. Стены, обращенные наружу, покрыты эмалевой краской ярко-синего и фиолетового цвета соответственно, а внутренние стены облицованы виниловыми зеркалами. Формы стен и проемов вдохновлены типичной архитектурой Старого Квебека, такой как прорези для стрел и крутые крыши .

Рис. 6. Инсталяция Девида Годфри Памплона, Нью-Хейвен, Коннектикут 2006 г.
Fig. 6. Installation by David Godfrey Pamplona, New Haven, CT 2006

Другим формальным жестом, не затрагивающим напрямую окружающее пространство исторической среды города, служит пример инсталляции Памплона Девида Годфри в Нью-Хейвен, Коннектикут (рис. 6). Он задуман как переосмысление пространства исторических городов, выполнен с постмодернистской отстраненностью [11].

Выводы

В результате анализа временных компенсирующих практик обновления общественных пространств и взаимодействия современного социокультурного контекста с архитектурным наследием городов было выявлено их значение и роль в формировании системы устойчивого развития исторических городов:

- временно заместить или компенсировать недостающие детали в современном прочтении культурно-исторической среды, таких как «пространственные дыры» – заброшенные территории, требующие регенерации;
- привлечь внимание к проблемам города их жителей, увеличивая тем самым социальную активность;
- компенсировать недостаток озеленения и сложности с решением проблем экологического комфорта крупных городов;

▪ проявить имманентную логику в наложении временем на исторический контекст современного прочтения комфорта, безопасности и устойчивости в развитии пространства, с одной стороны, и бережного сохранения объектов культурного наследия – с другой.

Экспериментальная эстетика временных компенсирующих практик во взаимодействии с общественным пространством исторической городской среды рождает новый контекст прочтения и социокультурного взаимовлияния внутри городской ткани. Наблюдается феномен интеракции структуры городского общественного пространства, ценной исторической среды и интуитивного современного социокультурного взаимодействия. Все эти процессы объединяются в городском ландшафте, создавая множественные нарративы, определяющие новый контекст и новое прочтение уникальной культурно-исторической среды [12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вавилонская Т. В.* Нерелевантная оценка ценности архитектурно-исторической среды экспертно-квалиметрическим методом // Градостроительство и архитектура, 2015. № 4. С. 6–12. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.1.

2. *Ревзин Г.И.* Москвич идейный. Какой хотели бы видеть российскую столицу ее жители // Коммерсант Власть. 2014. № 33 [Электронный ресурс]. URL: http://www.kommersant.ru/doc/2539142 (дата обращения: 26.02.2024).

3. *Лев Мартина, Беркинг Хельмут, Линднер Рольф.* Собственная логика городов. Новые подходы в урбанистике / К. Левинсон, пер. с нем. // Новое литературное обозрение. М., 2017.

4. *Курамшина Ю.В., Сефер К.Э.* Искусство в пространстве города: стратегии и перспективы взаимодействия (на примере паблик-арт) // Культура и цивилизация. 2020. Т. 10, № 6А. С. 82–100. DOI: 10.34670/AR.2020.55.52.011.

5. *Птичникова Г.А.* Устойчивое развитие городов на принципах биосферной совместимости с природным комплексом // Innovative project. 2016. Т. 1, № 4. С. 112–116. DOI: 10.17673/IP.2016.1.04.13.

6. Желтая сцена перед Архитектурной ассоциацией на Бедфорд-сквер в Лондоне. Дидье Фаустино [Электронный ресурс]. URL: https://www.dezeen.com/2015/11/10/didier-faustinos-aa-exhibition-spiky-yellow-stage-public-speaking-london/ (дата обращения: 26.02.2024).

7. *Андрес Жак* Архитекторы. Эскаравокс, Мадрид [Электронный ресурс]. URL: https://hicarquitectura.com/2013/07/andres-jaque-architects-escaravox-madrid/ (дата обращения: 26.02.2024).

8. Проект зеленой песочницы Кагомэ от PPAG Architects музейном квартале Вены. PPAG Architects 2013 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.designboom.com/architecture/ppag-kagome/ (дата обращения: 26.02.2024).

9. Проект «Миериги» в Риге (Латвия), 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: https://vimeo.com/110836621 (дата обращения: 26.02.2024).

10. Инсталляция «Маленькая жизнь» в Квебеке. Коллектив дизайнеров (Fontaine/Fortin/Labelle) [Электронный ресурс]. URL: https://www.dezeen.com/2015/08/08/francis-fontaine-luca-fortin-pascal-labelle-postmodern-inspired-installation-petite-vie-quebec-passageway/ (дата обращения: 26.02.2024).

11. Инсталяция Девида Годфри Памплона, Нью-Хейвен, Коннектикут 2006 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.dewittgodfrey.com/pamplona (дата обращения: 26.02.2024).

12. *Косенкова Н.А., Литвинов Д.В., Косенкова Е.В.* Ретроспективный анализ исторически сложившихся градостроительных доминант // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 4. С. 91–98. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.14.

REFERENCES

1. Babylonian T.V. Irrelevant assessment of the value of the architectural and historical environment by the expert qualimetric method. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2015, no. 4, pp. 6–12. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.1

2. Revzin G.I. Moskvich ideological. What would you like to see the Russian capital of its inhabitants. Kommersant Power. 2014. № 33. Available at: http://www.kommersant.ru/doc/2539142 (accessed 26 February 2024).

3. Levinson K. *Lev Martina, Berking Hel'mut, Lindner Rol'f. Sobstvennaja logika gorodov. Novye podhody v urbanistike* [Lev Martina, Berking Helmut, Lindner Rolf. Cities' own logic. New approaches in urban studies]. Moscow, New Literary Review, 2017.

4. Kuramshina Yu.V., Sefer K.E. Art in the space of the city: strategies and prospects for interaction (using the example of public art). *Kul'tura i civilizacija* [Culture and civilization], 2020, vol. 10, no. 6A, pp. 82–100. (in Russian) DOI: 10.34670/AR.2020.55.52.011

5. Ptitsnikova G.A. Sustainable Urban Development Based on the Principles of Biosphere Compatibility with the Natural Complex. *Innovative project* [Innovative project], 2016, vol. 1, no. 4, pp. 112–116. (in Russian) DOI: 10.17673/IP.2016.1.04.13

6. The yellow scene in front of the Architecture Association in Bedford Square, London. Didier Faustino. Available at: https://www.dezeen.com/2015/11/10/didier-faustinos-aa-exhibition-spiky-yellow-stage-public-speaking-london/ (accessed 26 February 2024).

7. Andrés Jacques Architects. Escaravox, Madrid. Available at: https://hicarquitectura.com/2013/07/andres-jaque-architects-escaravox-madrid/ (accessed 26 February 2024).

8. Kagome green sandbox project from PPAG Architects Vienna Museum Quarter. PPAG Architects 2013.

Available at: https://www.designboom.com/architecture/ppag-kagome/ (accessed 26 February 2024).

9. Mierigi project in Riga (Latvia), 2014. Available at: https://vimeo.com/110836621 (accessed 26 February 2024).

10. Installation "Little Life" in Quebec. Design Team (Fontaine/Fortin/Labelle). Available at: https://www.dezeen.com/2015/08/08/francis-fontaine-luca-fortin-pascal-labelle-postmodern-inspired-installation-petite-vie-quebec-passageway/ (accessed 26 February 2024).

11. Installation by David Godfrey Pamplona, New Haven, CT 2006). Available at: https://www.dewittgodfrey.com/pamplona (accessed 26 February 2024).

12. Kosenkova N.A., Litvinov D.V., Kosenkova E.V. Retrospective aAnalysis of the Historically Formed Urban Planning Dominants. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 91–98. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.14

Об авторе:

РОЖДЕСТВЕНСКАЯ Екатерина Сергеевна
кандидат архитектуры,
доцент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: rka-33@mail.ru

ROZHDESTVENSKAYA Ekaterina S.
PhD in Architecture,
Professor of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: rka-33@mail.ru

Для цитирования: Рождественская Е.С. Компенсирующие практики реновации общественных пространств в исторической среде городов // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 110–116. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.13.
For citation: Rozhdestvenskaya E.S. Compensatory practices for the renovation of public spaces in the historical environment of cities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 110–116. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.13.

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

ЦЕНТР
«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

Повышение энергетической эффективности зданий и сооружений и оптимизации работы систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения; исследование теплофизических характеристик строительных и теплоизоляционных материалов; разработка новых инженерных методов теплофизического расчёта строительных ограждающих конструкций; разработка нормативной документации по расчёту и проектированию строительных ограждающих конструкций

Юрий Серафимович ВЫТЧИКОВ
кандидат технических наук

443001, г. Самара, Молодогвардейская, 194
(846) 339-14-76, 339-14-55
git.2008@mail.ru

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 725.57 (72.025.5)

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.14

Х. А. БЕНАИ
Н. Н. ХАРЬКОВСКАЯ
Т. В. РАДИОНОВ

АРХИТЕКТУРА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ

ARCHITECTURE OF NEW GENERATION RESEARCH INSTITUTIONS UNDER RECONSTRUCTION CONDITIONS

В статье акцентировано внимание на ключевых методах и подходах, которые обеспечивают оптимальную организацию пространства для научной и исследовательской работы. Это способствует достижению универсальности, гибкости и способности к трансформации внутренней среды. Исследованы современные композиционные приёмы архитектурного преобразования объектов рассматриваемого типа и способы их применения на различных уровнях архитектурного формирования и развития. Выявлены основные критерии архитектурно-пространственного формирования научно-исследовательских учреждений нового поколения, благодаря которым формируется архитектурный ансамбль, концепция пространственной организации, создание единой композиционной структуры, организация узнаваемой архитектуры Определены основные принципы и особенности, которые формируют характер устойчивости, визуального восприятия, создают пространственную структуру восприятия.

In the article, the authors focus on key methods and approaches that ensure optimal organization of space for scientific and research work. This contributes to achieving versatility, flexibility and the ability to transform the internal environment. Modern compositional techniques for the architectural transformation of objects of the type under consideration and methods of their application at various levels of architectural formation and development have been studied. The main criteria for the architectural and spatial formation of new generation research institutions have been identified, thanks to which an architectural ensemble is formed, the concept of spatial organization, the creation of a unified compositional structure, the organization of recognizable architecture. The basic principles and features that form the nature of sustainability, visual perception, and create a spatial structure of perception have been identified.

Ключевые слова: *архитектура, научно-исследовательские объекты, учреждения, реконструкция, комплекс зданий и сооружений*

Keywords: *architecture, research facilities, institutions, reconstruction, complex of buildings and structures*

Проблемное поле исследования. Научно-исследовательские учреждения занимаются исследованиями в различных сферах науки, образования и техники, особенно уделяя внимание разработке новых технологий. Объекты подобного назначения работают над внедрением инновационных решений в области строительства и архитектуры [1, 2]. На протяжении многих десятилетий в разных странах создавались инновационные научно-исследовательские комплексы [3], но формирование таких центров не всегда позволяло решить поставленные задачи, и иногда созданные объекты не функционировали полноценно с архитектурно-технологической точки зрения. Интеграция новых функций, подходящих для дальнейшей

CC BY

эксплуатации зданий и сооружений, улучшает архитектурный потенциал города и создаёт новые композиционные акценты (путём обновления зданий и сооружений, участвующих в реконструкции). Необходимость создания научно-исследовательских учреждений нового поколения на базе неиспользуемых объектов городской застройки обусловлена главным требованием – создать научно-исследовательский комплекс мирового уровня для стимулирования инновационной деятельности в регионе.

Основной материал. Научно-исследовательская деятельность в настоящее время охватывает все сферы науки и техники, а её многообразие и универсальность способствуют созданию новых и практичных моделей, направленных на улучшение условий жизни общества. Необходимо подчеркнуть, что в отношении архитектуры внедрение инноваций приводит к появлению альтернативных вариантов создания объектов нового поколения [4], ориентированных на преобразование городской архитектурной среды.

В рамках представленного исследования авторы под термином «реконструкция» понимают особый вид строительства, связанный с адаптацией существующих зданий и сооружений для полного или частичного изменения их функционального назначения [5], обновления морально устаревшего и физически изношенного технологического и инженерного оборудования, замены конструкций и инженерных систем, не соответствующих эксплуатационным требованиям, и приведения объекта в соответствие с современными санитарно-гигиеническими, техническими и экологическими стандартами.

Важно отметить, что понятие «реконструкция» – многообразно, но в общенаучном и практико-ориентированном контексте оно предполагает улучшение функциональных, конструктивных и эстетических характеристик зданий с учётом градостроительных, конструктивных и социальных задач, а также экономической и технической эффективности реализации проекта. Реконструкция зданий и сооружений также включает расширение существующих зданий путём надстройки, пристройки и обстройки [6].

Формирование современных зданий научно-исследовательских учреждений основывается на следующих принципах:

- типологической классификации научно-исследовательских объектов, включая комплексы и центры, основанной на анализе мирового опыта проектирования и строительства;
- архитектурного формирования научно-исследовательских объектов, основанных на современных архитектурных приёмах формообразования;
- построения архитектурных моделей структурной организации научно-исследовательских объектов различных типов для проектирования, таких как научно-исследовательские комплексы и центры.

При изучении типологии и систематизации зданий и комплексов научно-исследовательского и инновационного назначения можно выделить основные функциональные структуры объектов исследуемого типа [7]:

- научно-исследовательские (обеспечение научного развития региона);
- производственные (функциональное развитие промышленного региона);
- образовательные (обеспечение инновационного развития образования в регионе);
- технологические (с учётом технологического развития отрасли);
- медицинские (медицинское развитие региона).

Комплексные исследования типологических особенностей указывают на объективную потребность в систематизации знаний об архитектурном проектировании научно-исследовательских объектов нового поколения [8]. Это позволяет классифицировать характеристики, определять типологические группы и адаптировать архитектурные решения к индивидуальным особенностям каждого проекта. Определение новых архитектурно-пространственных решений для различных зон обусловлено, с одной стороны, быстрым и значительным развитием этих зон, а с другой – их близким расположением к отраслевым научно-исследовательским учреждениям, университетам и экспериментальным производствам [9].

Архитектурно-художественная выразительность научно-исследовательских учреждений определяется взаимодействием различных элементов, структурой и силуэтом зданий, расположением и архитектурным решением центров, а также озеленением улиц и открытых пространств. Создание гармоничного образа представляет собой сложную задачу, требующую особого внимания.

Архитектурно-художественные аспекты можно разделить на ключевые категории, определяющие композиционные решения зданий и сооружений, предназначенных для научно-исследовательских целей (рис. 1–3):

1. *Архитектурное решение*, основанное на видах композиции, таких как динамическая и статическая.

2. *Композиционно-художественное решение*, опирающееся на использование архитектурных доминант.

3. *Колористическое решение*, связанное с интеграцией в городскую среду, использованием световых эффектов и гармоничным сочетанием с существующей застройкой.

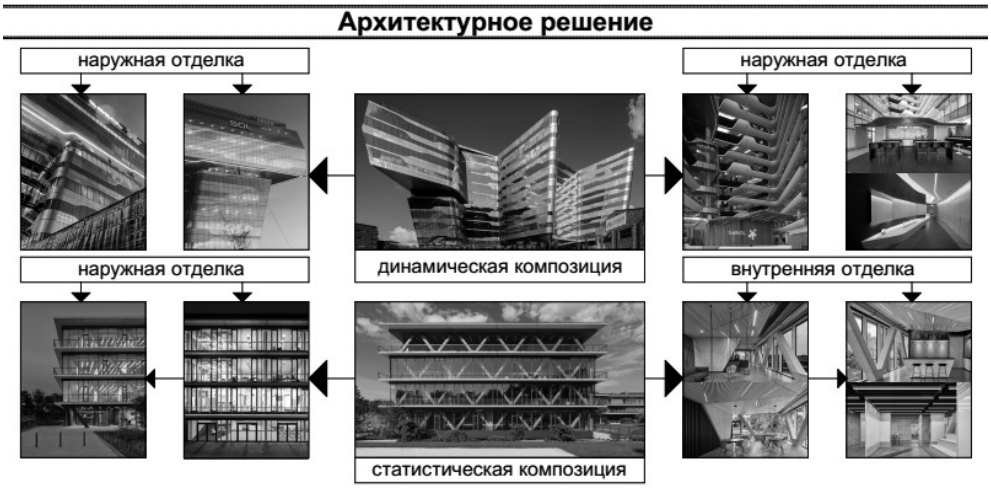


Рис. 1. Архитектурное решение объектов научного и исследовательского профиля (архитектурно-пространственные решения)
Fig. 1. Architectural solution of scientific and research facilities (architectural and spatial solutions)

Рис. 2. Композиционное решение объектов научного и исследовательского профиля с учетом их формообразующих элементов
Fig. 2. Compositional solution of scientific and research objects based on their mass elements

Рис. 3. Колористическое решение объектов научного и исследовательского профиля с учетом использования современных наружных отделочных материалов
Fig. 3. Coloristic solution of scientific and research objects taking into account the use of modern exterior finishing materials

Разработка архитектурных решений для научно-исследовательских учреждений нового поколения, созданных на основе реконструируемых зданий и сооружений, требует учёта следующих принципов:

▪ *многомерная архитектурная организация*, основанная на глубинно-пространственной композиции, особенно если центр расположен в структуре сложившейся городской застройки (рис. 4);

▪ *архитектурная динамика* на уровне объёмно-пространственного решения объекта, включая планировочные решения, оформление фасадов и объёмно-планировочную организацию (рис. 4);

▪ *архитектурно-пространственное взаимодействие*, обеспечивающее непрерывность пространства, единую среду, целостность и правильное соотношение объектов (рис. 4);

▪ *архитектурно-пространственное объединение*, учитывающее местные условия застройки, её стиль, ансамблевость, панорамность и визуальное восприятие (рис. 5);

▪ *предметно-информационная пространственная структура*, основанная на информационной насыщенности, информационных технологиях и визуальных ориентирах (рис. 5);

▪ *объёмно-символическое единство*, включающее стилистическую организацию, художественное формообразование, компонентность и использование малых архитектурных форм (рис. 5).

Рис. 4. Классификация основных принципов формирования архитектурных решений научно-исследовательских учреждений нового поколения при реконструкции
Fig. 4. Classification of Architectural Design Philosophy

Рис. 5. Классификация основных принципов формирования архитектурных решений научно-исследовательских учреждений нового поколения при реконструкции
Fig. 5. Classification of the basic principles of formation of architectural solutions of new generation research institutions during reconstruction

С целью реализации поставленных задач в области реконструкции научно-исследовательских комплексов, при этом сохраняя единый художественный образ, необходимо использовать приоритетные методы и подходы в области архитектурной организации объектов исследуемого типа. Различные комбинации этих методов и подходов позволят создать разнообразные решения для одного и того же здания. Наиболее значимые из них:

- объёмно-пространственная структура, основанная на функциональных процессах и представляющая собой материальную оболочку, ограничивающую внутреннее пространство здания [10];
- тектоника, т. е. взаимосвязь несущих и несомых элементов конструкции [9];
- средства гармонизации, включающие симметрию, асимметрию, ритм, метр, масштабность, динамичность и статичность [10].

Вышеперечисленные методы и подходы помогают оптимально организовать пространство для исследований, учитывая потенциал территориального развития различных объектов. Они направлены на достижение универсальности, гибкости, возможности изменять внутреннюю структуру, уменьшать количество внутренних связей и упрощать организацию открытых коммуникационных зон. Также эти методы способствуют эффективному использованию пространства при соблюдении требований современного комфорта.

Выводы. *Исследования показали*, что благодаря сформулированным критериям здания научно-исследовательских учреждений смогут не только динамично и уникально менять свою структуру, но и максимально взаимодействовать с окружающей средой и инфраструктурной сетью.

Доказано, что каждая из выявленных особенностей имеет свой критерий, который раскрывает суть для достижения поставленных задач в исследовании. Совокупное объединение достоинств типов структур позволяет выделить универсальную структуру зданий научно-исследовательских учреждений в условиях реконструкции. Теоретико-методологические исследования в рамках обозначенной проблематики позволили еще раз внести уточнение, указывающее на то, что процесс архитектурной организации научно-исследовательских учреждений, участвующих в реконструктивных мероприятиях, должен в первую очередь основываться на системе комплексной архитектурной аналитики в области создания аналогов проектных решений [11], с целью дальнейшей выработки новейших проектных решений, позволяющих объекты рассматриваемого типа относить к объектам нового поколения.

На основе принципов композиционно-художественной организации *установлено*, что процесс формирования архитектурно-пространственных и композиционно-художественных решений научно-исследовательских комплексов нового поколения, реализуемых в условиях реконструкции, обладает большим потенциалом для создания функционально-пригодной архитектурной среды, включающей в свою структуру такие компоненты, как: узнаваемость, уникальность, архитектурная выразительность, что в полной мере может претендовать на назначение объектов рассматриваемого типа – «здания и сооружения нового поколения». Определены ключевые особенности, которые влияют на архитектурную стабильность, визуальное восприятие и развитую пространственную структуру при проектировании и строительстве научно-исследовательских учреждений в условиях реконструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Эгамов Н.М., Низомаддинов И.М.* Инновационные технологии реконструкции зданий // Молодой ученый. 2015. № 22(102). С. 37–39.

2. *Маренков К.А.* Современные технологические подходы в области архитектурной организации научно-образовательных центров // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 156–159. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.20.

3. *Балакина А.Е., Базарян Р.К.* Адаптивная планировочная структура научно-исследовательских центров // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 4 (37). С. 113–121.

4. *Кыргызбай А.А.* Особенности инфраструктуры инновационных научных центров [Электронный ресурс] // Высшая школа: научные исследования: материалы Межвузовского научного конгресса. М., 2020. Т. 1. С. 153–163.

5. *Абрамян С. Г.* Реконструкция зданий и сооружений: основные проблемы и направления. Часть 1 // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453 (дата обращения: 10.10.2023).

6. *Девятаева Г.В.* Технология реконструкции и модернизации зданий. М. : ИНФРА-М, 2003. 250 с.

7. *Трифонкина Д.С.* Научно-исследовательские объекты как инновационные градостроительные комплексы в истории архитектуры // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 1. С. 274–277.

8. *Бенаи Х.А., Радионов Т. В.* Совершенствование архитектурно-градостроительной типологии зданий и сооружений, подлежащих реконструкции // Проблемы архитектуры и градостроительства: Вестник ДонНАСА. Макеевка, 2019. Вып. 2 (136). С. 9–14.

9. *Поветкина Н.Н.* Закономерности формирования инновационных центров в условиях реконструкции зданий и сооружений // Актуальные проблемы архитектуры, строительства и дизайна: материалы международной научной конференции. Магнитогорск: МГТУ, 2017. С. 44–50.

10. *Харьковская Н.Н.* Архитектурное совершенствование и развитие научно-исследовательских учреждений нового поколения на основе подходов комплексной реконструкции. Текст: электронный // Вестник Донбасской национальной академии и строительства и архитектуры. 2022. Вып. 2(154). Проблемы архитектуры и градостроительства. С. 68–72.

11. *Радионов Т.В.* Реконструкция и модернизация зданий и сооружений в рамках концепции инновационного развития городских территорий // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Т. 13, № 3. С. 153–160.

REFERENCES

1. Egamov N.M., Nizomaddinov I.M. Innovative technologies of building reconstruction. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 2015, no. 22(102), pp. 37–39. (in Russian)

2. Marenkov K.A. Modern technological approaches in the field of architectural organization scientific and educational centers. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 156–159. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.20

3. Balakina A.E., Bazaryan R.K. Adaptive planning structure of research centers. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2012, no. 4 (37), pp. 113–121. (in Russian)

4. Кыргызбай А.А. Features of infrastructure of innovative scientific centers. *Vysshaja shkola: nauchnye issledovanija: materialy Mezhvuzovskogo nauchnogo kongressa* [Higher school: scientific research: materials of the Interuniversity Scientific Congress]. Moscow, 2020, vol. 1, pp. 153–163. (In Russian).

5. Abrahamyan S.G. Reconstruction of buildings and structures: main problems and directions. Part 1. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Don Engineering Gazette], 2015, no. 4. (in Russian) Available at: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453 (accessed 10 October 2023).

6. Devjataeva G.V. *Tehnologija rekonstrukcii i modernizacii zdanij* [Technology of reconstruction and modernization of buildings]. Moscow, INFARM, 2003. 250 p.

7. Trifonkina D.S. Scientific and research facilities as innovative urban development complexes in the history of architecture. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, vol.17, no. 1, pp. 274–277. (in Russian)

8. Benai HA, Radionov T.V. Improvement of architectural and urban typology of buildings and structures to be reconstructed. *Problemy arhitektury i gradostroitel'stva: Vestnik DonNASA. Makeevka* [Problems of architecture and urban planning: DonNASA Bulletin. Makiivka], 2019, iss. 2 (136), pp. 9–14. (in Russian)

9. Povetkina N.N. Patterns of formation of innovation centers in conditions of reconstruction of buildings and structures. *Aktual'nye problemy arhitektury, stroitel'stva i dizajna: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Actual problems of architecture, construction and design: materials of the international scientific conference]. Magnitogorsk, MSTU, 2017, pp. 44–50. (In Russian).

10. Harkovskaja N.N. Architectural Improvement and Development of New Generation Research Institutions Based on Comprehensive Reconstruction Approaches. *Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii i stroitel'stva i arhitektury* [Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture], 2022, iss. 2(154), pp. 68–72. (in Russian)

11. Radionov T.V. Reconstruction and modernization of buildings and structures within the framework of the concept of innovative development of urban areas. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Modern industrial and civil construction], 2017, vol. 13, no. 3, pp. 153–160. (in Russian)

Об авторах:

БЕНАИ Хафизулла Аминуллович
доктор архитектуры, профессор,
декан архитектурного факультета
профессор кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: h.a.benai@donnasa.ru

ХАРЬКОВСКАЯ Наталья Николаевна
аспирант, ассистент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: n.kharkovskya@mail.ru

РАДИОНОВ Тимур Валерьевич
кандидат архитектуры, доцент,
заведующий кафедрой архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: timur.radiomov@mail.ru

BENAI Hafizullah A.
Doctor of Architecture, Professor,
Dean of the Faculty of Architecture
Professor of the Architectural Design and Architectural Environment Design Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: h.a.benai@donnasa.ru

KHARKOVSKAYA Natalya N.
Postgraduate student, Assistant of the Architectural Design and Architectural Environment Design Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: n.kharkovskya@mail.ru

RADIONOV Timur V.
PhD of Architecture, Associate Professor,
Head of the Architectural Design and Architectural Environment Design Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: timur.radiomov@mail.ru

Для цитирования: Бенаи Х.А., Харьковская Н.Н., Радионов Т.В. Архитектура научно-исследовательских учреждений нового поколения в условиях реконструкции // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 117–123. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.14.
For citation: Benai H.A., Kharkovskaya N.N., Radionov T.V. Architecture of new generation research institutions under reconstruction conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 117–123. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.14.

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

НАУЧНО-ПРОЕКТНЫЙ ЦЕНТР «АРХИГРАД»

Градостроительство, градостроительная реконструкция, территориальное планирование, архитектурное и ландшафтное проектирование, реконструкция зданий и сооружений, экспертная деятельность, повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

Татьяна Владимировна ВАВИЛОНСКАЯ
доктор архитектуры, профессор

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0102
(846) 242-52-21
baranova1968@mail.ru

УДК 159.922.24 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.15

Е. Д. ЕНЮТИНА
Е. В. ДАШКЕВИЧ
Е. А. ТЕМНИКОВА

ЛАНДШАФТНЫЙ УРБАНИЗМ В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

LANDSCAPE URBANISM IN THE CONTEXT OF THE HISTORICAL ENVIRONMENT

В настоящее время большинство людей проживает в городах, что приводит к увеличению плотности застройки, сокращению общественных пространств, нарушению экологического равновесия. Поэтому одной из основных задач, которая стоит перед архитекторами и дизайнерами, является сохранение экологического равновесия, что, в свою очередь, способствует созданию более комфортных условий для проживания. В статье рассматривается необходимость более эффективной интеграции приёмов ландшафтного урбанизма в контексте исторической городской среды. Также предлагается принять во внимание методологию проектирования городского пространства, основанную на изучении окружающей среды, природных характеристик и взаимодействий между ними, экономических, культурных и социальных аспектов.

Ключевые слова: *ландшафтный урбанизм, историческая среда, городская среда, наследие, ландшафт, дизайн среды*

Currently, most people live in cities, which leads to an increase in building density, a reduction in public spaces, and a violation of the ecological balance. Therefore, one of the main tasks facing architects and designers is to maintain ecological balance, which, in turn, contributes to the creation of more comfortable living conditions. This article examines the need for more effective integration of landscape urbanism techniques in the context of the historical urban environment. It is also proposed to take into account the methodology of urban space design based on the study of the environment, natural characteristics and interactions between them, economic, cultural and social aspects.

Keywords: *landscape urbanism, historical environment, urban environment, heritage, landscape, environment design*

Определение ландшафтного урбанизма

Ландшафтный урбанизм – это современное направление концепций развития городского планирования и развития, основной задачей которого является сохранение и интеграция в современную городскую среду природного и исторического наследия; разработка комфортного пространства, включающего пешеходные зоны и маршруты, которые проходят через исторические районы города, для привлечения туристов и местных жителей к этим местам; реставрация и сохранение исторических зданий и памятников путем привлечения частных инвесторов или государственных программ.

Российские ученые и архитекторы А.Э. Гутнов, В.В. Владимиров, Е.М. Микулина, З.Н. Яргина, В.Л. Глазычев уже поднимали вопросы, касающиеся социально-экологической интерпретации городской среды, и предлагали свои подходы и решения для создания устойчивых и привлекательных городских районов [1].

Известный американский ландшафтный архитектор и теоретик Чарльз Вальдхайм сказал, что «ландшафтный урбанизм описывает проводимую в настоящее время дисциплинарную реорганизацию, в ходе которой ландшафт заменяет архитектуру как основной строительный блок современного урбанизма. Для многих специалистов в различных дисциплинах ландшафт стал одновременно линзой, через которую представлен современный город, и средой, с помощью которой он строится» [2].

В 2011 г. международная организация ЮНЕСКО дала рекомендации по работе с историческим городским ландшафтом (HUL) и призвала к применению ландшафтного подхода для обеспечения сохранности культурного наследия и дальнейшего устойчивого развития городской среды.

Функции исторической среды

Историческая среда выполняет ряд важных функций:

Образование. Исторические памятники и объекты могут быть использованы для образовательных целей, предоставляя возмож-

ность людям узнать о прошлом своей страны или региона.

Туризм. Исторические объекты могут привлекать туристов, которые приносят доход местному сообществу и экономике региона. Туризм стимулирует развитие инфраструктуры, гостиничного и ресторанного бизнеса, торговой сферы.

Культурный код. Историческое наследие способствует сохранению культурного разнообразия и идентичности народов, помогает людям помнить о традициях и передавать их из поколения в поколение, служит средством укрепления сообщества и социальной интеграции.

Охрана окружающей среды. Исторические здания и памятники являются важными объектами, защищающими природу и ландшафт, служат напоминанием о необходимости сохранения природных ресурсов и борьбы с загрязнением окружающей среды.

Наука. Исторические объекты могут представлять собой источники для научных исследований и открытий. Они способны предоставить информацию о технологиях, социальных структурах и экологических условиях прошлых эпох.

Основные этапы при работе с исторической средой

На первоначальном этапе требуется тщательно изучить исторический контекст и провести анализ существующей застройки. Важно определить основные архитектурные доминанты и выявить особенности ландшафта, которые могут стать основой для формирования нового городского облика. Далее следует разработка концепции развития территории, которая должна учитывать сохранение и использование природного и исторического наследия, а также включать в себя реставрацию старых зданий, создание новых архитектурных объектов, вписывающихся в существующий ансамбль, и благоустройство территории [3]. Необходимо предусмотреть зоны отдыха, зеленые насаждения, развитие транспортно-пешеходных связей и инфраструктуры. Важным аспектом является сохранение культурного наследия: музеев, галерей, театров и других культурных объектов. Они должны стать центрами притяжения для горожан и туристов, способствовать развитию культурной жизни города.

Современные технологии и материалы в ландшафтном урбанизме

Современные технологии и материалы в ландшафтном урбанизме используются для создания уникальных архитектурных решений, которые сочетают в себе традиции и новации и делают город более привлекательным и интересным для жителей и туристов. Например, в исторических центрах городов можно увидеть сочетание старинных зданий и современных конструкций из стекла и металла.

Сегодня современные технологии позволяют сохранить и восстановить объекты исторического наследия. Например, с помощью 3D-печати возможно воссоздать утраченные элементы зданий или скульптур путем создания трехмерной модели на основе сохранившихся фотографий, чертежей и описаний. Затем полученная модель используется для прототипа, который можно модифицировать и улучшать, добиваясь полного соответствия оригиналу. После этого прототип печатается на 3D-принтере из более прочного материала, такого как металл или бетон, и устанавливается на место утраченного элемента. Таким образом, современные технологии и материалы играют важную роль в ландшафтном урбанизме, помогая создавать гармоничные и функциональные пространства, которые сохраняют историческое наследие и при этом соответствуют требованиям современного общества [4].

Ландшафтный урбанизм предполагает использование разнообразных материалов, форм и цветов в архитектуре, что позволяет создавать уникальные и интересные городские пространства. Кроме того, это направление уделяет особое внимание благоустройству территории, созданию зон отдыха, зеленых насаждений и пешеходных зон.

Интеграция исторического наследия в современные архитектурные проекты

Подход, основанный на реконструировании и модернизации исторических пространств за счёт сохранения форм природного ландшафта, способствует сохранению и восстановлению архитектурных и культурных памятников, а также проектированию новых объектов, которые гармонично вписываются в существующий контекст [5].

Примером успешного применения ландшафтного урбанизма может служить исторический центр Санкт-Петербурга, где старинные здания и ансамбли гармонично сочетаются с современными постройками и инфраструктурой. В Москве ярким примером ландшафтного урбанизма можно считать парк «Зарядье», который стал символом современной архитектуры и сохранения исторического наследия. Парк Гуэля в Барселоне, Испания, спроектированный Антони Гауди, является прекрасным примером ландшафтного урбанизма. Он сочетает

в себе природные элементы, такие как скалы и деревья, с архитектурными элементами, такими как лестницы и стены. Центральный парк в Нью-Йорке, США, созданный в середине XIX в., является одним из самых известных примеров ландшафтного урбанизма в мире. Он занимает площадь более 300 гектаров и включает в себя множество ландшафтных зон – это озера, луга, леса. Сады у Залива в Сингапуре созданы в 2012 г. и занимают площадь около 100 гектаров. Здесь произрастают всевозможные растения и деревья, имеются различные архитектурные элементы, такие как мосты и павильоны. Олимпийский парк в Мюнхене, Германия, был создан к Олимпийским играм 1972 г. и включает много спортивных сооружений – стадионы, бассейны, теннисные корты, а также ландшафтные элементы – пруды и фонтаны.

В 2020 г. в Сибири организовано акционерное общество «Исторический квартал», которое со временем стало ведущей организацией в области работы с объектами культурного наследия [6]. Цель проекта – сохранить исторический архитектурный облик города, при этом задать новые функции объектам, сформировать главную ось исторического центра Красноярска, которая пройдет от реки Енисей до реки Кача. Вдоль оси располагаются кварталы с объектами культурного наследия. На данный момент идут работы по реновации нескольких кварталов («Исторический квартал», «Квант», «Квартал цветов»), организации улицы Дзержинского в качестве пешеходного бульвара, реконструкции Центрального парка культуры и отдыха.

«Исторический квартал» сформирован комплексом дореволюционных усадеб, памятников деревянного зодчества (рис. 1). Работы начались в 2017 г. Уникальным способом перебора была осуществлена реставрация срубов, восстановлены первоначальные планировки усадеб, максимально близко к оригиналу воссозданы экстерьеры и интерьеры, в том числе деревянная резьба, наличники, обои и фурнитура . Выполнено благоустройство прилегающей территории и приспособление объектов для современного использования [7].

Концепция реновации квартала «Квартал цветов» включает создание многофункционального пространства с восстановлением культурного наследия, развитием современного жилья, строительством оранжереи, благоустройством части набережной реки Кача, проектированием подземных автопарковок с эксплуатируемой зелёной кровлей, спортивных объектов, транспортной развязки (рис. 2). Живописная территория поймы реки Кача имеет большой градо-

Рис. 1. Проект реконструкции «Исторического квартала» в Красноярске
Fig. 1. Reconstruction project of the “Historical Quarter” in Krasnoyarsk

строительный потенциал благодаря развитой транспортной доступности, существующей инженерной сети, предприятиям обслуживания.

Начиная с 2016 г. в рамках студенческого курсового проектирования кафедра архитектурного проектирования Института архитектуры и дизайна Сибирского федерального университета реализует проект «Общественное пространство». Задача курсового проекта – на основе градостроительного анализа существующей застройки создать привлекательную среду с привнесением новых функций, благоустройства, малых архитектурных форм, учитывая при этом исторический контекст территории и память места.

Тема проекта общественного пространства «Реки Сибири» в городе Братске навеяна легендой об озере Байкале, его дочери реке Ангаре и ее возлюбленном Енисее (рис. 3). Братск расположен на берегу Ангары, тем не менее развивается город в противоположном от неё направлении. Прибрежная территория представляет собой неблагоустроенный зеленый массив.

Проектом предлагается комплекс тематических кластеров, вдохновлённых городами Красноярск, Братск и Иркутск, расположенными на берегу Енисея и Ангары. В честь этих рек названы пешеходные тропы, соединяющие кластеры, в честь озера Байкал – многофункциональный комплекс, «Стрелка» – место соединения Ангары и Енисея [8].

В рамках открытого конкурса на лучшую концепцию пятой очереди набережной реки Волги в Самаре, организованного администрацией городского округа Самара при поддержке и активном участии Правительства Самарской области, Министерства строительства Самарской области, Министерства культуры Самарской области, преподаватели и студенты факультета «Дизайн» Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета представили проект-концепцию «Арт-завод» (рис. 4). Так как вдоль реки Волги исторически сложились заводские техногенные территории, само место продиктовало основную концепцию, связанную с образом «завода». В проекте было предложено создать «пространство-событие», в котором будут проходить мероприятия, связанные с искусством. Отсюда и появилось слово «арт», звучащее в названии концепции [9].

Контраст между индустриальной эстетикой заводских территорий (открытые конструктивные узлы, имитация конвейеров, вагонеток и т. п.) и сложившимся образом набережной привлекает откровенной структурностью элементов и смелостью применения материалов и формообразования [9].

Рис. 2. Проект реконструкции «Квартала цветов» в Красноярске
Fig. 2. Reconstruction project of the “Quarter of Flowers” in Krasnoyarsk

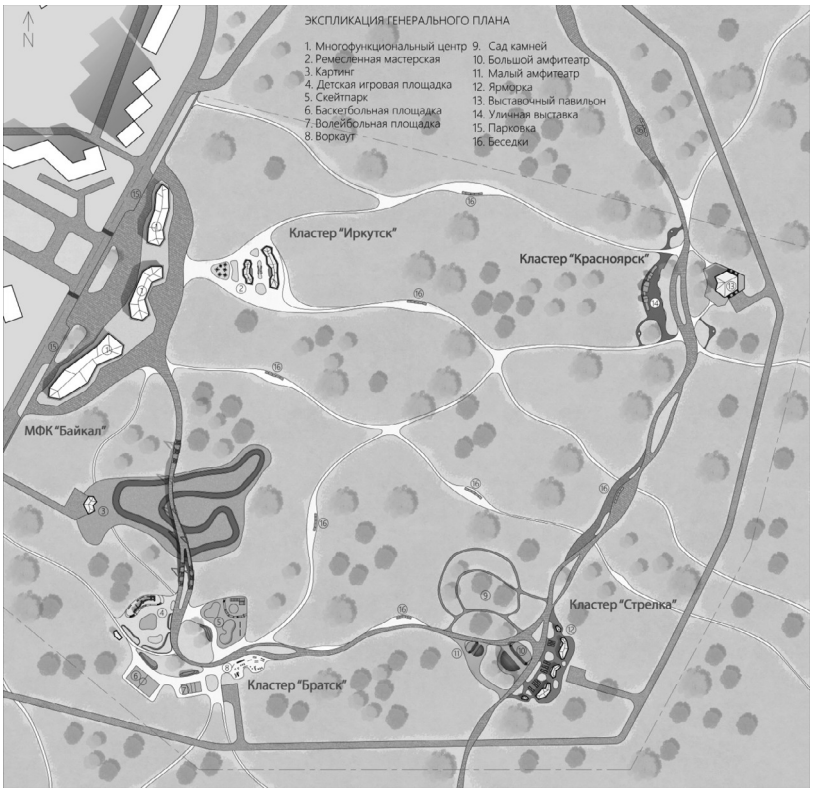


Рис. 3. Проект общественного пространства «Реки Сибири». Генеральный план.
Выполнил: Шевель А.Р. Руководители: Дашкевич Е.В., Понятовский С. А.
Fig. 3. Public space project "Rivers of Siberia." Master plan.
Performed by: Shevel A.R. Managers: E.V. Dashkevich, S.A. Ponyatovsky

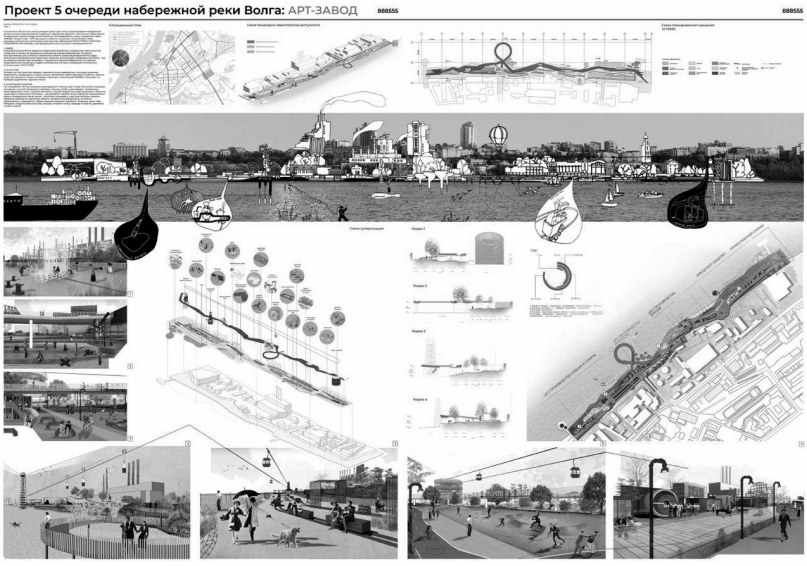


Рис. 4. Проект пятой очереди набережной реки Волги в Самаре. Концепция «Арт-завод».
Выполнили: Смоленская Е.О., Заславская А.Ю., Темникова Е.А., Чигрина А.О., Евстратова Е.А., Прохорова В.С., Шмелькова М.А.
Fig. 4. Project of the fifth stage of the Volga river embankment in Samara. Concept "Art Factory."
Performed by: Smolenskaya E.O., Zaslavskaya A.Yu., Temnikova E.A., Chigrina A.O., Evstratova E.A., Prokhorova V.S., Shmelkova M.A.

Вывод. Неоспорима роль исторической среды в современном обществе, но существует ряд конкретных угроз, препятствующих её сохранению. Практики сохранения городского наследия значительно эволюционировали за последние десятилетия, что позволило более эффективно справляться с возникающими проблемами [10]. Ландшафтный урбанизм стремится к созданию гармоничного и функционального городского пространства, которое сочетает в себе удобства городской жизни с сохранением и улучшением качества окружающей среды и природного ландшафта. Современный подход к проектированию исторического ландшафта городской среды основывается на традициях и представлениях местных сообществ, уважая при этом ценности национального и международного сообществ. Таким образом, ландшафтный урбанизм является актуальным и перспективным направлением в градостроительстве, которое позволяет сохранить историческую уникальность городов и создать гармоничную и комфортную среду для жизни горожан и развития туризма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Громилина Э.А., Самогоров В.А.* Элементы архитектурно-планировочной структуры как факторы устойчивого развития города // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 2. С. 101–110. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.15.

2. *Charles Waldhei.* Landscape as Urbanism // Publisher Princeton University Press. 2016.

3. *Ginzarly, M., Houbart, C., & Teller, J.* The Historic Urban Landscape approach to urban management: a systematic review//International Journal of Heritage Studies.2018. DOI: 10.1080/13527258.2018.1552615

4. *Темникова Е.А.* Идеи архитектурно-ландшафтного сценария и количественной оценки эстетических качеств городской среды в процессе её восприятия // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3(48). С. 100–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.14.

5. *Ахмедова Е.А., Кузнецов И.И.* Принципы сохранения историко-культурной многослойности общественных пространств: диалог времен // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 54–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.09.

6. Исторический квартал [Электронный ресурс]. URL: https://aoik.ru/ (дата обращения: 30.10.2023).

7. Исторический квартал // TATLIN Plan. 2022. № 39. 136 с.

8. *Хохрин Е.В., Смольников С. А.* К вопросу о регенерации исторической среды в условиях трансформации культурно-общественного центра сибирского города // Баландинские чтения. 2019. № 1. С. 176–180.

9. *Смоленская Е.О., Заславская А.Ю., Шмелькова М.А.* Арт-пространство как принцип реорганизации городских прибрежных территорий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сб. ст. Самара, 2022. С. 854–860.

10. *Ярмош Т. С., Михайлова И.Д.* Ландшафтный урбанизм – новое направление современных концепций развития городского пространства на примере городов России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 7. С. 72–80.

REFERENCES

1. Gromilina E.A., Samogorov V.A. Architectural and Planning Elements as a Factor of Urban Sustainable Development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 101–110. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.15

2. Charles Waldhei. Landscape as Urbanism. Publisher Princeton University Press. 2016.

3. Ginzarly M., Houbart C. & Teller J. The Historic Urban Landscape approach to urban management: a systematic review. International Journal of Heritage Studies. 2018. DOI: 10.1080/13527258.2018.1552615

4. Temnikova E.A. Ideas of Architectural and Landscape Scenario and Quantitative Assessment of the Aesthetic Qualities of the Urban Environment in the Process of its Perception. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 100–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.14

5. Akhmedova E.A., Kuznetsov I.I. Principles of preservation of the historical and cultural multilayer public spaces: dialogue of times. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 54–62. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.9

6. Historic Quarter. Available at: https://aoik.ru/ (accessed 30 October 2023).

7. Historic Quarter. TATLIN Plan. 2022. N 39. 136 p.

8. Khokhrin E.V., Smolnikov S.A. On the question of the regeneration of the historical environment in the context of the transformation of the cultural and social center of the Siberian city. *Balandinskie chtenija* [Balandin readings], 2019, no. 1, pp. 176–180. (in Russian)

9. Smolenskaya EO, Zaslavskaya A.Yu., Shmelkova M.A. Art space as a principle of reorganization of urban coastal areas. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo: sb. st.* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning: Sat. Art.]. Samara, 2022. pp. 854–860. (In Russian).

10. Yarmosh T.S., Mikhailova I.D. Landscape urbanism is a new direction of modern concepts for the development of urban space on the example of Russian cities. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2019, no. 7, pp. 72–80. (in Russian)

Об авторах:

ЕНЮТИНА Екатерина Дмитриевна
кандидат архитектуры, доцент кафедры дизайна
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: e.enutina@mail.ru

ENYUTINA Ekaterina D.
PhD of Architecture, Associate Professor of the Design Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: e.enutina@mail.ru

ДАШКЕВИЧ Екатерина Викторовна
старший преподаватель кафедры архитектурного проектирования
Сибирский федеральный университет
660041, Россия, г. Красноярск, просп. Свободный, 82А
E-mail: rocknrose88@mail.ru

DASHKEVICH Ekaterina V.
Senior Lecturer of the Architectural Design Chair
Siberian Federal University
660041, Russia, Krasnoyarsk, Free av., 82A
E-mail: e.enutina@mail.ru

ТЕМНИКОВА Елена Анатольевна
доцент кафедры дизайна
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: temniko-elena@yandex.ru

TEMNIKOVA Elena A.
Associate Professor of the Design Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: temniko-elena@yandex.ru

Для цитирования: *Енютина Е.Д., Дашкевич Е.В., Темникова Е.А. Л*андшафтный урбанизм в контексте исторической среды // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 124–130. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.15.
For citation: Enyutina E.D., Dashkevich E.V., Temnikova E.A. Landscape Urbanism in the context of the historical environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 124–130. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.15.

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Оказание образовательных услуг по направлению «Пожарная безопасность», разработка мероприятий по предотвращению пожаров

Петр Павлович ЯЦЕНКО
директор

443001, г. Самара, Молодогвардейская, 194, каб. 661,650, 655, 667
(846) 242-11-19; +7(927)264-84-38
samara-pb@inbox.ru

УДК 711 712 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.16

Т. В. КАРАКОВА
Х. А. ЧЕРГИЗОВА

НАЦИОНАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЙ КОНТЕКСТ АРХИТЕКТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ ГОРОДОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

THE NATIONAL-CULTURAL CONTEXT OF THE ARCHITECTURAL IDENTITY OF THE CITIES OF THE NORTH CAUCASUS

Предпринята попытка соотнести понятия «образ города» – «идентичность», рассмотрено понятие идентичности в национально-культурном контексте. Выявлены особенности архитектурной идентичности городов Северного Кавказа. Рассмотрены вопросы сохранения национального наследия. Авторы актуализируют сохранение и позиционирование национально-культурного контекста в архитектурных сооружениях чеченского народа. Проведен авторский анализ факторов проявления архитектурного языка местной застройки вместе с композиционными методами проектирования.

Ключевые слова: *архитектурная идентичность, национально-культурный контекст, городская среда, архитектурная идентичность*

Attempt to correlate the concepts of "image of the city – identity", the concept of identity in the national-cultural context is considered. The features of the architectural identity of the cities of the North Caucasus are revealed. The article also discusses the issues of preserving the national heritage. The authors actualize the preservation and positioning of the national-cultural context in the architectural structures of the Chechen people. The author's analysis of the factors of manifestation of the architectural language of local development together with compositional design methods is carried out.

Keywords: *architectural identity, national-cultural context, urban environment, architectural identity*

Введение

Архитектура является неотъемлемым аспектом национальной идентичности, не только в контексте эстетики, но и в создании среды, отражающей национально-культурное наследие места. Здания и общественные пространства являются отражением истории, традиций и ценностей этого пространства, служат символами культурно-национальной идентичности, представляют собой культурное наследие страны, города и историю конкретной архитектурной среды. Помимо таких исторических объектов, как древние храмы, дворцы и крепости, объекты жилищного строительства и градостроительного искусства, архитектурное своеобразие формируют объекты архитектуры, служащие символом современности и прогресса. Именно в рамках этот аспекта встает вопрос о поиске национально-культурного контекста и специфики архитектурной идентичности городов северного Кавказа.

Основная часть

Одним из важных параметров качества архитектурной среды городского пространства является ее индивидуальность и уникальность, содержательный смысл которых кодируется в понятие «идентичность» и имеет широкий контекст. Так, идентичность как категория достаточно глубоко изучена целым рядом ученых в психологии, социологии и философии [1–4].

Характеризуя национальную идентичность в различных национальных социально-политических условиях, социологи предлагают рассматривать модель национально-культурной идентичности, основанной на оценке значимости того или иного типа идентичности в данное историческое время в конкретном социальном пространстве, выдвигая в качестве основных ее компонентов языковую, религиозную, цивилизационную и национальную принадлежность индивида. Обзор научных исследований показал, что большинство ученых определяют понятие «национальная идентичность» как чувство принадлежности или собственности к стране или нации, связанное с идеей единства страны, представленное признанием сходства в традициях, культуре, языке и политической идеологии. Социальная идентичность горожанина проявляется с точки зрения его принадлежности к какой-либо общности или группе: гендерной, этнической, возрастной, профессиональной.

Основоположником термина «идентичность» в контексте психологии считается американский психолог Э.Г. Эриксон, рассматри-

CC BY

вающий данное определение с точки зрения уникальности личности, ее причастности к миру. Интерес для авторов представляет анализ научных исследований, рассматривающих дифференциацию городской идентичности на региональном и национальном уровне. Так, анализируя культуру Франции, авторы уделяют в качестве важнейших показателей идентичности роль семейного наследия и местной истории, национальных особенностей, традиций и языка [5].

Городская идентичность формируется под влиянием таких важнейших аспектов, как взаимодействие горожан с окружающей их средой, эмоциональная и эстетическая привязанность к месту проживания, образу жизни и традициям, материализованным в архитектурно-пространственном комплексе города, сохраняющем следы исторического развития и памятники истории и культуры. Сохранение исторического наследия, бережное включение современной архитектуры в исторические центры городов с учетом изменившихся требований к комфортности среды, образа жизни и коммуникации в городской среде актуализировали тенденцию формирования и средового кодирования ее национально-культурного контекста [6].

Вопросами выявления социально-экономических факторов формирования национально-культурной идентичности занимались политологи М.А. Каткова и В.О. Коротин [7]. В ходе исследования были выявлены и систематизированы следующие факторы:

- границы территорий, так как исторически территориальная граница есть символ, обладающий священным смыслом;
- родная земля – данный фактор затрагивает национальные чувства; внешние вызовы и угрозы, которые являются мощным катализатором объединения людей в нации (при этом необходимо подчеркнуть, что авторы акцентируют внимание на том, что эти два фактора ни в коем случае «не подвержены влиянию процессов глобализации»);
- хозяйство как симбиоз всех элементов культуры любого этноса.

Важным для нашего рассмотрения в данном исследовании является фактор, формирующий национальную идентичность как язык и культуру государствообразующего народа. В процессе анализа установлено, что наибольшим трансформационным преобразованиям подвержены язык, культура и хозяйство, составляющие каркас национальной идентичности любого государства [7].

Социально-культурные факторы предполагают рассмотрение влияния обычаев, религии, традиций и т. д. на архитектурную среду городского пространства. Рассматривая национально-культурную идентичность на примере Казахстана, Н. Козбагарова особое внимание акцентирует на влиянии религии, особенно ислама, который является ключевым социально-культурным фактором [8]. Авторы отмечают включение исламских элементов, таких как орнаменты и геометрические формы, в ландшафтную архитектуру Казахстана как свидетельство исламского наследия страны.

Историю данного вопроса, а именно проблему утраты городской идентичности на примере Москвы, рассматривает Т. В.Кашкабаш. Социолог в своих научных изысканиях подтверждает тот факт, что городское население превращается в «мозаику социального мира». Подобное общество является неоднородным образованием. Как следствие, происходит разрушение городской идентичности и «появляется множество более локальных идентичностей». Если говорить о внешнем облике Москвы, то становится очевидным, что особенности города размываются, теряя свою идентичность. Модернизация оставила свой след на самобытной архитектуре Москвы, практически полностью вытеснив и заменив стеклянными небоскребами [9].

Процесс глобализации, способствующий стиранию границ между культурами, странами, этносами, городами, выдвигает на первый план проблему национальной идентичности в архитектуре и ландшафте архитектурной среды в городском пространстве. В своем научном труде «Архитектурно-планировочная идентичность городской среды» А.В. Цорик вводит термин «архитектурно-планировочная идентичность» и дает ему следующее определение: «…это эстетически значимые архитектурно-планировочные характеристики городской среды (реальные или проектные), обусловленные особенностями физического пространства города и устойчивыми образами в общественном сознании, связанными с данными особенностями» [10]. Сущность определения сводится к тому, что архитектура описывает свою идентичность на основе условий того места, где она была разработана, что выражается в физической форме.

На основании вышесказанного логично предположить, что процесс глобализации, приводящий к стиранию границ между культурами, выдвигает на первый план проблему выявления национальной идентичности в архитектурной организации городской среды. Понятие идентичности в контексте архитектуры освещает архитектор А.А.Скалкин и выделяет внутренние факторы, отвечающие основным значениям понятия идентичности в городской среде – узнаваемость и отождествление и внешние факторы, заимствованные извне – из других городов, культур, территорий и т. д. [11]. Боль-

шое значение имеют научные тезисы А.А. Скалкина, посвященные проблеме идентичности в архитектурном пространстве города. Ученый предлагает рассмотреть явления идентичности как набор материальных и нематериальных качеств, которые являются неотъемлемой частью архитектурной среды городского пространства, поддающиеся архитектурному осмыслению – как физические элементы либо пространственные характеристики. В отличие от понятия «образ города», идентичность городской среды есть взгляд изнутри, т. е. это те внешние характеристики, которые идентифицируется при рассмотрении города на второстепенном плане. Городская идентичность также определяется как ощущение города, которое отличается от других городов в архитектурном пространстве города.

Привлекают внимание в аспекте проблематики нашего исследования научные изыскания градостроителя Кевина Линча, который сумел соотнести понятия «образ города» и «идентичность». В книге «Образ города» глубоко и всесторонне рассматриваются различные аспекты теории и практики приведенных выше понятий и дается полное научное обоснование. Город описывается автором как форма временного искусства в огромных масштабах. Ученый утверждает, что для абсолютно каждого конкретного человека и отдельной социальной группы городское пространство воспринимается «по-своему». В своей книге Линч объясняет, что семиотика повсюду, и каждый день человеческий разум совершает мысленные заметки обо всем, что нас окружает, а мозг запоминает вещи в нашей городской среде как способ ориентира и безопасности, как концепцию «читаемости места». Все люди по-разному запоминают разные аспекты в города, и для конкретного человека «якорение» происходит по-разному. Каждый горожанин обладает своей ментальной картой по отношению к другому горожанину, в зависимости от того, какой аспект он считает интересным. Эти ментальные карты различны для каждого человека, но могут быть поняты по-своему. Линч определяет их как 5 основополагающих элементов, которые в свою очередь определяют «образ города»: пути, границы, районы, узлы и ориентиры, являющиеся материализованным проявлением идентичности [12].

Нельзя оставить без внимания научный труд Н.С Дягилева «Теоретические аспекты городской идентичности» [13]. Ученый выделяет следующие три категории идентичности, схожие между собой лишь на первый взгляд: 1. «городская идентичность» – представление человека о себе как о жителе города; 2. «идентичность города» – представления человека о городе, которые включают в себя описания его сущности, особенностей и отличий от других городов; 3. «идентичность с городом» выражается в качестве психологического конструкта, когда город является частью биографии индивида как фактор места рождения, наличия собственности, развития социальной сети взаимосвязей в городе, субъективного отношения к городской инфраструктуре.

Городская идентичность также определяется как ощущение города, которое отличается от других городов. Данная тема ярко раскрыта культурологом В.И. Марковым, который отметил, что «в контексте исторической памяти забвение обычно воспринимается как некая утрата, представляя собой явление многогранное и многофункциональное, способное превратиться в элемент эволюции, как истории, так и культуры в целом» [14].

В книге «Ислам на Северном Кавказе: пример Чечни» Пол Б. Хенце определил Северный Кавказ как регион, который состоит из 7 автономных республик (Адыгея, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия-Алания, Чечня, Ингушетия, Дагестан) и двух российских территорий – Ставропольского края и южных окраин Краснодарского края. Уникальность соседства состоит в том, что это регион, который отличается огромным этническим и языковым разнообразием, ведь буквально в нескольких километрах друг от друга люди говорят на разных языках. Сегодня считается, что около 40 групп, проживающих на Северном Кавказе, имеют определенную этническую идентичность. Некоторые этнические группы связаны либо религией, либо языком, либо образом жизни, но, несмотря на то, что многие из них имеют общие культурные черты, культурное разнообразие региона, и особенно разнообразие языков, поражает.

История этого района бурная, она изранена военными конфликтами и социальными волнениями. Регион по-прежнему остается сложным геополитическим субъектом (рис. 1). Тем не менее его архитектура рассказывает историю очень разнообразного социального ландшафта, сфор-

Рис. 1. Разрушенный город Грозный, 1995 г.
Fig. 1. The destroyed city of Grozny, 1995

мированного идеологиями. Район Северного Кавказа представляет собой сложное нагромождение территорий, этносов, языков, религий и, соответственно, архитектуры – от царских зданий до мечетей, традиционных барельефов и советского модернизма. Место действия противоречивых событий и неоднородная культурная среда – во многом Северный Кавказ является пограничной территорией между Европой и Азией, бывшим СССР и Ближним Востоком, христианством и исламом. Кавказ является одним из самых этнически разнообразных регионов мира.

Традиционная чеченская архитектура была по большей части прагматичной и скромной, отвечавшей насущным потребностям сельского населения. Тейпы или традиционные расширенные семейные племенные структуры Чечни, предпочитали прочное каменное строительство, и их наиболее примечательным архитектурным типом были вайнахские башни – каменные сторожевые башни, которые часто служили укрытием для животных или пастухов, а также в оборонительных целях [15] (рис. 2).

В настоящее время на территории Чеченской республики, перенесшей немало войн, в ходе которых многие памятники чеченской архитектуры были частично разрушены или

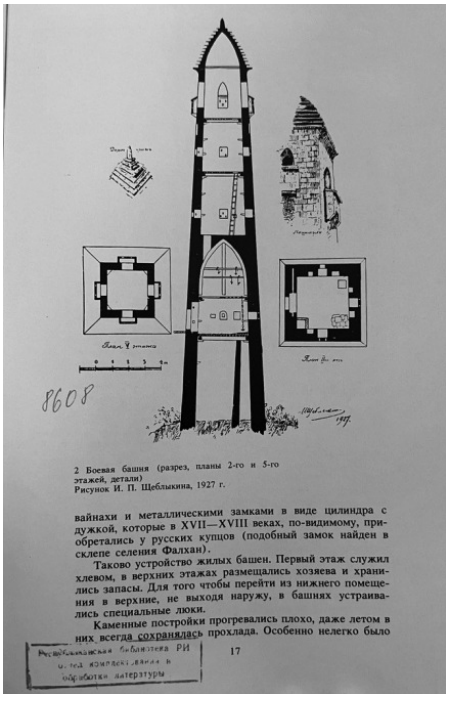


Рис. 2. Боевая башня
(разрез, планы 2-го и 5-го этажей, детали).
Рисунок И.П. Щеблыкина, 1927 г. [15]
Fig. 2. Battle tower
(section, plans of the 2nd and 5th floors, details).
Figure I.P. Shcheblykin, 1927 [15]

уничтожены, наблюдается процесс активного городского строительства. Вскоре после военных действий была запущена программа по восстановлению столицы Чечни, в особенности ее исторического центра. Город застраивают современными зданиями, часто забывая об исторической значимости памятников истории и культуры, которые теряются на фоне высотных строений. При этом надо отметить, архитектура горной Чечни имеет глубокие исторические корни и признана уникальным явлением в мировой культуре. Это жилые и боевые башни, культовые сооружения и некрополи.

В ходе исследования материальной культуры чеченского народа историки Ш.Б. Ахмадов и Д.С. Кидирниязов отмечают яркий след органической связи и взаимовлияния архитектуры потомков представителей чеченского народа, а также архитектурных построек соседних северокавказских народностей. Такого рода сравнительный анализ крайне необходим в выявлении различий между культурами разных народов и в выявлении уникальных особенностей и черт, свойственных только для зодчества Чечни [16].

Город Грозный нуждался в восстановлении после Второй чеченской войны, и желание выразить исламскую природу Чечни, безусловно, понятно, отсюда и строительство большой мечети и нового исламского университета. Однако программа строительства, похоже, представляет собой явное желание переместить Грозный из русской концепции в концептуальность исламского Ближнего Востока. При этом разрыв между сельской местностью Чечни и городскими центрами, такими как Грозный и Аргун, становится все более очевидным.

В Чеченской республике насчитывается 1406 мечетей, ввиду того что религиозный аспект вплетен в обычную жизнь чеченца. На сегодняшний день город Грозный в центральной своей части выбрал путь арабизации, и одним из новых средств достижения этой цели стала программа строительства мечетей с упором на грандиозные праздничные мечети в столице и других местах, часто построенные по образцу классических османских мечетей, но с новыми технологическими особенностями, такими как футуристические материалы и, что особенно важно, обилием использования яркого светодиодного освещения, способного создавать сложные программируемые цветовые узоры. Арабизацию – заимствование приемов архитектурного решения из арабских стран – в контексте Грозного можно также рассмотреть на примере архитектурных объектов, таких как многофункциональный комплекс «Минутка» (рис. 3).

Анализируя идентичность и память чеченских властей в топонимическом пространстве

города, политолог В.Х. Тхакахов в своей работе [17] выделяет следующее:

- этнокультурные мемориальные урбанонимы – светские и религиозные. Они представляют собой сконструированный пантеон героев Чечни (военной, религиозной и гражданской истории), память о которых закрепляется в городском пространстве и которая одновременно входит в актуальную культуру и образовательный процесс республики;
- мемориализация городского пространства Грозного включает и сакральные ценности вайнахов;
- в Грозном появились проспекты и улицы, названные в честь шейхов – Кунта-Хаджи Кишиева, Дени Арсанова, Али Митаева и их близких родственников;
- региональные – внутрикавказские урбанонимы.

Современный Грозный по-прежнему сохраняет традицию поддержания обменов с северокавказскими столицами. Здесь, как и раньше, можно встретить названия улиц – Кабардинская, Калмыкская, Махачкалинская, Нальчикская и др. В своих научных трудах Л.А. Яндарбаева, Д.С. Саралинова акцентируют внимание на том, что «…при установлении контактов с культурой других народов более рельефно обнаруживается их различие и отчетливо видится уникальность культуры своего народа…» [17]. Архитектурная идентичность основана на представлениях человека о городе, его сущности и отличии от других городов, поэтому для определения идентичности уже конкретного города необходимо рассматривать и анализировать эти представления жителей и туристов. Их допустимо назвать доминантами локального патриотизма, вызывающими у людей чувство общности и связности с данным городом [11].

Рис. 3. Многофункциональный комплекс «Минутка», Россия, г. Грозный
Fig. 3. Multifunctional complex «Minutka,» Russia, Grozny

Что касается архитектурно-планировочной структуры города, В.Х. Тхакахов отмечает, что в отличие от подавляющего большинства регионов, пересматривающих свои урбанонимы, а с ними и свою идентичность, чеченская модель трансформации тесно связана с обустройством городской среды. Меняются не просто таблички на домах, площадях, скверах, но модернизируются и сами городские объекты. Прокладываются новые коммуникации, асфальтируются дороги, облагораживается ландшафт, возводятся новые жилые, деловые и сакральные сооружения. В первую очередь это происходит при трансформации ключевых городских топонимов. Сегодня чеченский урбанизм – это «новое, нехарактерное для предшествующего периода отношение к городскому пространству, которое определенным образом зонируется и одновременно репрезентируется как некое единство светского и сакрально-религиозного. Во-вторых, это ориентация на современные императивы общества потребления, но с чеченским уклоном. Визуально прослеживается модернизация и количественная урбанизация поселений (от тотального благоустройства до создания современной инфраструктуры). В-третьих, для чеченского урбанизма характерна новая антропология жизни» [18].

Вывод

Авторы видят актуальность и научно-практическую задачу в выявлении архитектурной идентичности в национальном контексте, а также в изучении и систематизации архитектурного национального наследия Чечни, разработке индикаторов проявления национального культурного контекста в архитектурных сооружениях и в городской среде в условиях современного строительства.

Особое внимание необходимо уделить тому, как в элементах архитектурного объекта городской среды проявляются символы, знаки и характер репрезентации историко-культурного контекста через орнамент, силуэт, членения объемов, детали, пластику фасадов и их декоративную отделку, орнамент, материалы. Все перечисленные аспекты являются доминантами в городском пространстве и находятся под влиянием культурной практики в человеческом обществе, а значит, могут являться идентификационными кодами в архитектурной среде городского пространства. Подобный анализ проявления идентичности места через архитектурные формы и элементы архитектурной среды городского пространства устанавливает неразрывную связь между горожанами и местом, которое, в свою очередь, усиливает пять чувств качественных сообществ: чувство места, чувство идентичности, чувство эволюции, чувство собственности и чувство общности. С доминированием тенденций высокотехнологичной архитектуры и ее арабизации национальные особенности объектов и места утрачивают свою аутентичность, вызывая зачастую столкновение традиций и инноваций в социокультурной и материально-пространственной среде города. По мнению ряда ученых России это является одной из важнейших и нерешенных проблем архитектуры и средового дизайна. Авторами предпринята попытка ответить на актуальную задачу отражения в архитектуре Чечни национальных традиций, предполагая проследить становление особенностей проявления в архитектуре Чечни национального контекста.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хвыля-Олинтер Н.А., Смакотина Н.Л.* Национально-культурная идентичность молодежи: социологический метод оценки // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. 2010. № 2. С. 59–79

2. *Куруленко Э.А., Нефедова Д.Н.* Национально-культурная идентичность в условиях глобализирующейся реальности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 1-1. С. 231–234.

3. *Тулиганова И.В.* Город как культурный ландшафт // Вестник ПАГС. 2007. № 13. С. 163–168.

4. *Сазонов Д.Н., Поддубный Н.В.* Социально-психологические особенности репрезентации пространственно-предметной среды у жителей города // Журнал прикладной психологии. 2006. № 6 – 3. С. 104 – 107.

5. *Эриксон Э.Г.* Идентичность: юность и кризис: пер. с англ./ общ. ред. и предисл. А.В. Толстых. М.: Издательская группа «Прогресс», 1996. 344 с.

6. *Каракова Т.В., Чергизова Х.А.* Влияние социально-культурного пласта на формирование архитектурной среды публичных пространств города // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 1. С. 98–103. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.12.

7. *Дуцев М.В.* Современный город. Живые реальности истории // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 2. С. 139–154. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.19.

8. *Козбагарова Н.Ж., Ибрагимова К.Т., Айтілеу Ж.А.* Пути совершенствования системы общественных пространств города Алматы методами подземной урбанистики // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 161–167. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.20.

9. *Кашкабаш Т.В.* Влияние визуальной среды города на формирование идентичности (на примере города Москвы) // Всероссийский журнал научных публикаций. 2011. № 7 (8). С. 40–42.

10. *Цорик А.В., Холодова Л.П., Швец А.В.* Архитектурно-художественная идентичность городов // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ: в 3 т. Хабаровск: ТОГУ, 2016. Т. 1. С. 351–360.

11. *Скалкин А.А.* Архитектурная идентичность города: понятие и методология исследования // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. № 2(43). С. 87–97.

12. *Линч К.* Образ города / пер. с англ. В.Л. Глазычева. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.

13. *Дягилева Н.С.* Теоретические аспекты городской идентичности // Брендинг малых и средних городов России: опыт, проблемы, перспективы. Екатеринбург: УрФУ, 2013. С. 54–59.

14. *Марков В.И.* Забвение как катарсис // Культурное многообразие: от прошлого к будущему. 2008. С. 202.

15. *Азиев М.А., Чахкиев Д.Ю.* Каменная летопись страны вайнахов. М.:. Русская книга, 1994. 199 с.

16. *Ахмадов Ш.Б., Кидирниязов Д.С.* Из истории материальной культуры чеченцев в XVIII В.: памятники архитектуры // Вестник КИГИ РАН. 2016. № 2. С. 74–80.

17. *Яндарбаева Л.А., Саралинова Д.С.* Методы управления организационной культурой // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова. 2015. № 4(20). С. 54–58.

18. *Тхакахов Валерий Хазраилович* Идентичность и память в топонимической политике Чечни // Научная мысль Кавказа. 2019. № 2 (98). С. 40–49. DOI: 10.18522/2072-0181-2019-98-2-40-49.

REFERENCES

1. Khvylya-Olinter N.A., Smakotina N.L. National-cultural identity of youth: sociological assessment method. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 18. Sociologija i politologija* [Bulletin of Moscow University. Series 18. Sociology and Political Science], 2010, no. 1, pp. 59–79. (in Russian)

2. Kurulenko E.A., Nefedova D.N. National-cultural identity in conditions of globalizing reality. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, vol. 17, no. 1–1, pp. 231–234. (in Russian)

3. Tuliganova I.V. City as a cultural landscape. *Vestnik PAGS* [Vestnik PAGS], 2007, no. 13, pp. 163–168. (in Russian)

4. Sazonov D.N., Poddubny N.V. Socio-psychological features of the representation of the spatial and subject environment among residents of the city. *Zhurnal prikladnoj psihologii* [Journal of Applied Psychology], 2006, no. 6 – 3, pp. 104–107. (in Russian)

5. Jerikson Je.G. *Identichnost': junost' i krizis: per. s angl./ obshh. red. i predisl. A.V. Tolstyh* [Erickson E.G. Identity: Youth and Crisis: Trans. From English/Gen. Ed. And Predisl. A.V. Tolstykh]. Moscow, Publishing group "Progress", 1996. 344 p.

6. Karakova T.V., Chergizova H.A. Influence of the socio-cultural stratum on the formation of the architectural environment of public spaces of the city. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 98–103. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.12

7. Dutsev M.V. Modern city. Living realities of history. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2021. vol.11, no. 2, pp. 139–154. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.19

8. Kozbagarova N.Zh., Ibragimova K.T., Aitileu J.A. Ways to improve the system of public spaces of the city of Almaty by methods of underground urbanism. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022. vol. 12, no. 2, pp. 161–167. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.20

9. Kashkabash T.V. The influence of the visual environment of the city on the formation of identity (on the example of the city of Moscow). *Vserossijskij zhurnal nauchnyh publikacij* [Всероссийский журнал научных публикаций], 2011, no. 7 (8), pp. 40–42. (in Russian)

10. Tsorik A.V., Kholodova L.P., Shvets A.V. Architectural and artistic identity of cities. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU v 3 t.* [New ideas of the new century: materials of the international scientific conference of FAD TOGU in 3 tons]. Khabarovsk: TOGU, 2016, V. 1, pp. 351–360. (In Russian).

11. Skalkin A.A. Architectural identity of the city: concept and methodology of research. Architecture and Modern Information Technologies, 2018, no. 2(43), pp. 87–97.

12. Lynch K. *Obraz goroda* [Image of the City]. Moscow, Stroyizdat, 1952. 328 p.

13. Diaghileva N.S. Theoretical aspects of urban identity. *Brending malyh i srednih gorodov Rossii: opyt, problemy, perspektivy* [Branding of small and medium-sized cities in Russia: experience, problems, prospects]. Yekaterinburg: UrFU, 2013, pp. 54–59. (In Russian).

14. Markov V.I. Oblivion as catharsis. *Kul'turnoe mnogoobrazie: ot proshlogo k budushhemu* [Cultural diversity: from the past to the future], 2008, P. 202. (in Russian)

15. Aziev M.A., Chakhkiev D.Yu. *Kamennaja letopis' strany vajnahov* [Stone chronicle of the Vainakh country]. Moscow, Russian book, 1994. 199 p.

16. Akhmadov Sh. B., Kidirniyazov D.S. From the history of the material culture of Chechens in the XVIII V.: architectural monuments. *Vestnik KIGI RAN* [Bulletin of KIGI RAS], 2016, no. 2, pp. 74–80. (in Russian)

17. Yandarbayeva L.A., Saralinova D.S. Organizational culture management methods. *Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta im. A.A. Kadyrova* [Bulletin of the Kadyrov Chechen State University], 2015, no. 4(20), pp. 54–58. (in Russian)

18. Tkhakakhov Valery Khazrailovich Identity and memory in the toponymic policy of Chechnya. *Nauchnaja mysl' Kavkaza* [Scientific thought of the Caucasus], 2019, no. 2 (98), pp. 40–49. (in Russian) DOI: 10.18522/2072-0181-2019-98-2-40-49

Об авторах:

КАРАКОВА Татьяна Владимировна
доктор архитектуры, профессор,
заведующая кафедрой дизайна
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: t.karakowa@mail.ru

KARAKOVA Tatyana. V.
Doctor of Architecture, Professor,
Head of the Design Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskay st., 244
E-mail: t.karakowa@mail.ru

ЧЕРГИЗОВА Хадишат Ахметовна
аспирант кафедры дизайна
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: chergizova_1@mail.ru

CHERGIZOVA Khadishat Ah.
Postgraduate student of the Design Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskay st., 244
E-mail: chergizova_1@mail.ru

Для цитирования: *Каракова Т. В., Чергизова Х.А.* Национально-культурный контекст архитектурной идентичности городов Северного Кавказа // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 131–138. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.16.
For citation: Karakova T.V., Chergizova H.A. The national-cultural context of the architectural identity of the cities of the North Caucasus. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 131–138. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.16.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ВАК, индексируется в системе РИНЦ, каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

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

Рубрики:
- Строительство
- Архитектура

Полный перечень рубрик можно посмотреть на официальном сайте журнала journals.eco-vector.com

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНАЯ

Александр Кузьмич СТРЕЛКОВ
доктор технических наук, главный редактор

443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244
тел. (846) 242-36-98; +79276510709
vestniksgasu@yandex.ru

УДК 728.1 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.17

С. А. КОЛЕСНИКОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОУРБАНИЗИРОВАННЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЖИЛЫЕ КОМПЛЕКСЫ САМАРЫ

MODERN HIGHLY URBANIZED MULTIFUNCTIONAL RESIDENTIAL COMPLEXES IN SAMARA

В работе приводится анализ девелопмента высокоурбанизированных многофункциональных зданий в контексте развития современной жилой архитектуры. Предлагается обзор жилой застройки Самары с конца XX столетия до современного этапа. Рассматриваются строящиеся объекты. Основной акцент делается на актуализацию многофункциональности как основного признака современной архитектуры. Обозреваются расширяющиеся признаки высокоурбанизированности современной жилой застройки. Рассмотренные объекты анализируются с точки зрения их функционального наполнения, способности к автономному функционированию, градостроительного размещения. Выводы работы фиксируют тенденции развития современной жилой архитектуры.

Ключевые слова: *жилые здания, общественные комплексы, современная городская архитектура, современный делевопмент, высокоурбанизированные многофункциональные узлы городской структуры, многофункциональная архитектура*

The paper provides an analysis of the development of highly urbanized multifunctional buildings in the context of the development of modern residential architecture. An overview of the residential development of Samara from the end of the twentieth century to the modern stage is proposed. The objects under construction are being considered. The main focus of the work is on the actualization of multifunctionality as the main feature of modern architecture. The expanding signs of highly urbanized modern residential development are being observed. The considered objects are analyzed in terms of their functional content, ability to function independently, and urban planning location. The conclusions of the work fix the trends in the development of modern residential architecture.

Keywords: *residential buildings, public complexes, modern urban architecture, modern delevelopment, highly urbanized multifunctional nodes of the urban structure, multifunctional architecture*

Идея многофункциональности является ключевой на современном этапе развития архитектурной мысли. Развитие данной концепции обусловлено несколькими факторами.

Экономические факторы

Экономическая парадигма развития современного российского общества строится на частной собственности, что проявляется в возможности частным лицам и крупным компаниям выкупать площади для развития коммерческой деятельности.

Данный аспект заставляет застройщиков вносить в технические задания для проектировщиков увеличение общественных площадей в строящихся объектах [1].

Также получает свое развитие арендный бизнес, поскольку не все предприятия ориентируются на покупку недвижимости. Многие бизнес-модели ориентированы на аренду помещений. Такая модель формирует устойчивый вектор к увеличению многофункциональных пространств [2].

Социальные факторы

Современное российское общество развивается в условиях дисперсности мест приложения труда. Крупнейшие градообразующие предприятия сменились множеством более мелких предприятий. Эти обстоятельства накладывают свой отпечаток на трудовые миграции населения. Перемещения становятся дробными и происходят на протяжении всего рабочего дня. Свидетельством данному тезису является плотность транспортных потоков, которая достигает своего пика в утренние и вечерние часы, но не снижается до минимальных показателей в течение рабочего дня. В связи с активным перемещением жителей города возникает необходимость в создании развернутой социальной и торговой инфраструктуры [3].

Активно развивается частный бизнес. Расширяется сфера услуг. За последние годы большое развитие получили образовательные услуги для людей всех возрастов, такие как студии творчества и изобразительного искусства, клубы изучения иностранных языков, разно-

CC BY

образные спортивные секции, развивающие клубы для детей дошкольного возраста. Очень активно расширяются объекты общественного питания и предприятия, оказывающие бытовые услуги.

Градостроительные факторы

Период с 2000-х годов по настоящее время для Самары прошёл в условиях активной застройки градостроительных резервов. Большая доля приходится на жилые объекты. Уплотнению подверглись как центральные районы, так и районы срединных и периферийных зон города. Застройка вышеуказанных территорий ведется в условиях ограниченности территориальных резервов и, как следствие этого, у инвестора возникает объективное желание получить максимальную прибыль. Данное обстоятельство отражается в высокой плотности застройки, завышении этажности зданий, уменьшении площади под благоустройство и открытые пространства [4]. Все эти факторы создают городскую среду с большой плотностью населения, что требует адекватных архитектурно-пространственных решений [5]. Так, в большинстве объектов предусматриваются отдельно стоящие многоэтажные паркинги или они интегрируются в цокольные и первые этажи жилых зданий. Также первые уровни жилых зданий, как правило, отдаются под общественные функции.

Отдельно стоит отметить застройку районов удаленной периферии, где возникли крупнейшие современные жилые образования с развитой социальной инфраструктурой. В связи с отсутствием нехватки территориальных резервов под застройку объекты, строящиеся в районах удаленной периферии, имеют меньшую этажность, как правило не выше пяти этажей, что отражается на удешевлении строительства. Кроме того, новые районы Самары обладают большим количеством открытых пространств. Однако вдоль главных транспортных и пешеходных транзитов внутри жилых групп первые уровни также отдаются под общественные функции [6].

Вышеописанные факторы позволяют сделать ряд заключений.

Современная городская среда формируется как полицентрическая структура, позволяющая жителям реализовывать свои потребности в труде, отдыхе и общественных услугах без необходимости преодолевать протяженные расстояния.

Высокая плотность застройки территории требует формирования соответствующего уровня торговой и социальной инфраструктуры [7]. Современный социально-экономический этап развития общества требует расширения функционального разнообразия сферы обслуживания населения.

Расширение сферы информационных технологий и увеличение численности работников, способных трудиться удаленно, формируют класс людей, которым не требуется перемещение с целью оказаться на рабочем месте. В таком случае возрастает нагрузка на объекты социальной инфраструктуры, прилегающие к месту проживания.

Представленный выше анализ ложится в основу предположения, что современная жилая среда, как постоянно изменяющийся и отвечающий актуальным потребностям общества организм, обязана решать весь спектр перспективных задач [8, 9].

Самара является одним из крупнейших городов России с постоянно развивающейся градостроительной деятельностью. В авангарде строительной отрасли стоит жилая застройка. В период с 2000-х годов и по настоящее время строительство жилья протекает по пространственно-географическим зонам города. Каждая пространственно-географическая зона города имеет свои особенности, и это коренным образом отражается на характеристиках жилой застройки.

Центральная (историческая) зона характеризуется отсутствием обширных градостроительных резервов, способных обеспечить пространство для строительства крупных жилых комплексов, решаемых в ансамблевом стиле. Как правило, объекты центральной зоны имеют точечный характер и это отражается на отсутствии открытых пространств, использующихся для благоустройства и озеленения, малом количестве парковочных мест для жильцов дома, отсутствии парковки для посетителей общественных учреждений, располагаемых в первых этажах. Устойчивой тенденцией застройки центральной зоны является высокая этажность, что сильно увеличивает нагрузку на все системы жизнедеятельности территории. Признаки высокоурбанизированной среды прослеживаются в основном в высокой этажности зданий, наличии общественной функции в первых этажах. Подземные или надземные многоуровневые парковки встречаются довольно редко в точечной застройке. Это продиктовано технологическими сложностями строительства на небольшом участке земли, малым количеством парковочных мест и их высокой стоимостью.

Однако в центральной зоне есть примеры современных многофункциональных комплексов. Подобные проекты формируются на месте высвобождающихся территорий кварталов деревянной застройки XX столетия. Ряд кварталов на границе исторической зоны застроено ветхими кирпичными и деревянными строени-

ями малой и средней этажности, не имеющими исторической и архитектурной ценности, что представляет большой интерес для инвесторов. Реконструкция подобной территории всегда происходит с решением большого количества юридических, организационных и материальных вопросов. Причиной точечной застройки является неравномерность высвобождения градостроительных резервов под застройку, но если инвесторам удается высвободить от пятидесяти до ста процентов площади квартала, то появляется возможность проектирования и строительства комплексного решения.

Рассмотрим один из амбиционных проектов комплексной жилой застройки, частично реализованный и находящийся в стадии завершения в настоящее время.

Ярким представителем элитной недвижимости Самары является жилой комплекс «Гранд Империал», строительство которого ведется в настоящее время. Жилой комплекс расположился в пределах улиц Самарской, Маяковского, Галактионовской, Чкалова и занимает шестьдесят процентов территории квартала. Ранее на территории этого квартала был реализован проект жилого комплекса «Империал», и в совокупности территория жилых комплексов занимает девяносто процентов квартала. Данное обстоятельство позволило привлечь крупные инвестиции для строительства в два этапа высокоурбанизированного многофункционального жилого комплекса. На территории комплекса реализована концепция «двор без машин», при которой автомобили не паркуются на открытой территории внутреннего двора. Данная концепция реализована благодаря трем уровням подземного паркинга и создает уникальную возможность для такой плотно застроенной территории, иметь открытые пространства для благоустройства и строительства площадок для спорта и отдыха. На верхнем уровне комплекса предусмотрена вертолётная площадка. Данные обстоятельства подчеркивает присутствие элементов урбанизированности застройки. Многофункциональность рассматриваемого комплекса актуализируется размещением в первых уровнях по всему периметру комплекса общественных пространств. Жилой комплекс вмещает в себя семь ресторанных площадок, фитнес-комплекс с бассейном, расширенный перечень сервисных услуг, супермаркет. Жители комплекса имеют возможность посещать все общественные помещения и перемещаться по периметру всего комплекса, не выходя за пределы здания, что говорит о высоком уровне многофункциональности. Основным достоинством рассматриваемого жилого комплекса является проектирование и реализация комплексного инженерно-конструктивного, функционального и композиционно-эстетического решения, что является редкостью при застройке среды центральной части города.

В качестве недостатка можно отметить высокую этажность некоторых корпусов комплекса – свыше 20 этажей. Данное обстоятельство продиктовано экономической целесообразностью, однако повышает нагрузку на транспортный каркас и инженерные сети. Кроме того, высокая этажность застройки в центральной зоне не соответствует масштабу исторической застройки [10].

Срединная зона города характеризуется наличием градостроительных резервов под застройку крупными жилыми комплексами. В период с 2000-х годов и по настоящее время в срединной зоне высвобождаются обширные

Рис. 1. Жилой комплекс «Гранд Империал», Самара [10]
Fig. 1. Residential complex “Grand Imperial,” Samara [10]

территории под застройку. Высвобождение территорий идет по нескольким направлениям. Участки на просеках, от улицы Советской Армии до 7-й просеки, были заняты дачными постройками, гаражными массивами, садами и территориями, закрепленными за предприятиями города, часто используемыми, как детские лагеря и базы отдыха. Промышленные предприятия, обладающие обширными территориями и переставшие функционировать в период 1990-х годов, создали предпосылки для строительства крупнейших жилых и общественных комплексов. Частный сектор и стихийные гаражные образования формируют основную часть высвобождающихся территорий срединной части.

Основные проблемы застройки срединной части заключаются не в отсутствии градостроительных резервов, а в низком уровне администрирования градостроительной деятельности. Инвестиционные потоки сосредоточиваются на строительстве жилых комплексов с низким уровнем урбанизированности, при этом социальная инфраструктура не получает такого интенсивного развития. Вызывает много вопросов плотность и застроенность территории, высотность застройки, недостаточное количество подземных и надземных паркингов, критически малое количество парковочных мест, элементов озеленения и обводнения, малое количество разнонаправленных площадок для занятий спортом, выгула собак, тихого отдыха. С эстетической точки зрения проявляется отсутствие разработок в области формирования фронта основных транспортно-коммуникационных направлений. Нет единой концепции композиционно-колористического (ансамблевого) решения перспектив. Подобный хаос в подходе формирования застройки основных магистралей города лишает Самару туристической привлекательности, не формирует дифференцированную и узнаваемую среду с узловыми акцентами.

В срединной зоне можно рассмотреть несколько проектов жилых комплексов с точки зрения направления данного исследования.

Жилой комплекс «Надежда» расположен на 5-й просеке и представляет собой уникальный высокоурбанизированный многофункциональный жилой комплекс, формируемый восемью одноподъездными корпусами от 13 до 24 этажей, трехэтажным административным зданием и двухэтажным паркингом на 800 машино-мест. Комплекс построен в 2009 году, однако его функционально-пространственная структура очень современна. Уникальность и высокий уровень урбанизированности комплексу придает принцип расположения паркинга. Паркинг занимает всё пространство между жилыми зданиями, а его крыша становится эксплуатируемым уровнем для проезда автомобилей и обустройства площадок различного функционального назначения. Из паркинга можно подниматься на жилой этаж, используя лифт, оборудованный специализированными устройствами защиты от пожара. Комплекс также имеет высокий уровень функционального наполнения, что обеспечивается размещением в первых уровнях жилых зданий общественных функций: магазинов, спортивных секций, студий творчества и развлечений. Комплекс оснащен открытыми спортивными и детскими площадками. Он способен удовлетворять современные потребности жителей, быть привлекательным для инвестиций. Двухуровневые квартиры с открытыми террасами, распо-

Рис. 2. Жилой комплекс «Надежда», Самара [11]
Fig. 2. Residential complex “Nadezhda,” Samara [11]

ложенные в верхних уровнях каждой башни, повышают статус комплекса и привлекают состоятельных инвесторов. В целом, комплекс является примером высокоурбанизированной и многофункциональной жилой архитектуры, способной решать весь спектр актуальных задач. Как недостаток можно отметить недостаточное озеленение, что компенсируется прилегающими к комплексу скверами [11].

В срединной зоне Самары ведется активная застройка градостроительных резервов, появившихся в результате реконструкции и сноса крупнейших промышленных объектов. В настоящий момент можно выделить два участка. Первый участок в границах улиц Луначарского, Московского шоссе, Мичурина. Это бывшая территория Четвертого государственного подшипникового завода. Второй участок в границах улиц Северо-Восточной магистрали, Ново-Садовой, Лейтенанта Шмидта. Это участок, ранее занимаемый заводом имени А.А. Масленникова. Застройка данной территории Самары только начинается, однако можно выделить особенности современных жилых комплексов.

1. Высокая этажность, ставшая неотъемлемой чертой современных жилых комплексов. В строящихся на данный момент объектах максимальная этажность доходит до 28 и 37 этажей, что является явным признаком высокоурбанизированности застройки. В перспективе возможно появление зданий свыше 40 этажей, однако проекты находятся в стадии разработки.

2. Наличие на территории строящихся комплексов многоуровневых подземных и надземных паркингов, обеспечивающих высокий уровень комфорта жильцов и посетителей. Следует отметить, что, как правило, количество парковочных мест в паркингах не удовлетворяет спрос на них, в результате увеличивается нагрузка на дорожную сеть застройки. Особенностью современных паркингов являются архитектурные приемы обеспечения коммуникационных связей с жилыми уровнями. Застройщик пытается сократить время перемещения от парковочного места до жилой квартиры.

3. Желание застройщика создавать комплексные архитектурные решения на участке под застройку. Жилые здания объединяются периметральной застройкой общественного назначе-

Рис. 3. Жилые комплексы:
1 – «ЗИМ Галерея» [12]; 2 – «Баланс Towers» [13]; 3, 4 – «Самара-Сити» [14]
Fig. 3. Residential complexes:
1 – “ZIM Gallery” [12]; 2 – “Towers Balance” [13]; 3, 4 – “Samara City” [14]

ния или возвышаются в виде жилых башен над несколькими общественными уровнями. Данный подход позволяет формировать закрытые общественные пространства внутри комплекса, ориентированные на удовлетворение потребностей посетителей и жильцов. Скрытые от городских магистралей внутренние дворы повышают уровень комфорта, свидетельствуют о многофункциональности современной жилой застройки, а в тех случаях, когда открытые общественные пространства размещаются на крышах паркингов и торгово-офисных этажах, подтверждают растущий уровень высокоурбанизированности.

4. Активное использование нижних уровней строящихся жилых комплексов под общественные функции. Данный аспект раскрывает основной вектор развития жилой архитектуры – современные жилые здания формируют комплексные функционально-пространственные решения и строятся по принципу увеличения процента общественных функций. В свою очередь, общественные функции делятся на торговые, офисные, объекты бытового обслуживания и ориентируются на удовлетворение растущих потребностей жильцов жилого комплекса [12–14].

Объекты периферийной зоны находятся в стадии своего развития и практически не имеют признаков высокоурбанизированности и многофункциональности. Данный аспект продиктован наличием большого количества территориальных резервов под застройку, а инвесторы принимают решения о строительстве более утилитарных монофункциональных объектов с интеграцией общественной функции только в первые этажи жилых зданий.

На основании проведенного исследования можно сделать ряд **выводов**, обобщающих актуальное состояние высокоурбанизированных многофункциональных жилых комплексов Самары:

1. Можно констатировать частичное замедление процесса точечной застройки жилыми зданиями, не являющимися высокоурбанизированными и многофункциональными жилыми комплексами. Данное обстоятельство продиктовано отсутствием территориальных резервов под застройку.

2. В настоящее время идет застройка самых значительных территориальных резервов в срединной зоне города. Однако необходимо констатировать, что нет утвержденного неутилитарного решения описанных в работе участков. Застройка ведется по периметру, а рассмотренные в статье объекты имеют разных инвесторов-застройщиков и несут признаки точечной застройки локальными комплексами.

3. Все современные жилые комплексы центральной и срединной зон имеют большую этажность, а объекты инфраструктуры интегрированы в единый комплекс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Колесников С. А., Медведева Н.Ю.* Атриумные пространства высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 151–157. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.19.

2. *Шамрук А.С.* Тенденции в архитектуре Беларуси конца XX – начала XXI в. // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 3. С. 5–9. DOI: 10.22337/2077-9038-2021-3-5-9.

3. *Зиятдинов З.З., Михалчева С. Г.* Динамика морфологии жилья крупного города в 2000-2022 // Архитектон: известия вузов. 2023. № 1 (81). DOI: 10.47055/19904126_2023_1(81)_3.

4. *Medvedeva N., Kolesnikov S., Doskovskaya M.* International Experience of Placing Buildings with Atrium Spaces in the Urban Structure // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. V. 227. P. 277–290. DOI: 10.1007/978-3-030-94770-5_21.

5. *Алавси В.А.* Перспективные экологические подходы по основным направлениям развития типологии в многоэтажных жилых комплексах высокой плотности в регионах с сухим жарким климатом // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4(106). DOI: 10.23670/IRJ.2021.106.4.022.

6. *Колесников С.А., Нуждина А.В.* Взаимодействие интерьерного пространства и природного ландшафта // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 2. С. 165–173. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.22.

7. *Веретенников Д.Б.* Технологии планирования и строительства высотных комплексов в рамках концепции развития «вертикального города» // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 163–171. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22.

8. *Генералов В.П., Генералова Е.М.* Типы жилых зданий и их влияние на класс жилья и на формирование комфортной городской жилой среды // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 126–138. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.17.

9. *Алавси В.А.К., Молчанов В.М.* Оценка характеристик архитектурной выразительности фасадов экологических многоэтажных жилых комплексов // Вестник томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22, № 2. С. 55–71. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-55-71.

10. Жилой комплекс «Гранд Империал» [Электронный ресурс]. URL: https://grand-imperial.ru (дата обращения: 11.03.2024).

11. Жилой комплекс «Надежда» [Электронный ресурс]. URL: https://www.uknadezhda.ru (дата обращения: 11.03.2024).

12. Жилой комплекс «ЗИМ Галерея» [Электронный ресурс]. URL: https://зимгалерея.рф/?utm_source = yandex.search&utm_medium = cpc&utm_campaign = suchkov_brand_so&utm_content = 15428472834&utm_term = зим+галерея+самара+жк&etext = &yclid = 15310367670200434687 (дата обращения: 11.03.2024).

13. Жилой комплекс «Баланс TOWERS» [Электронный ресурс]. URL: https://balancetowers.ru/?utm_source = yandex.search&utm_medium = cpc&utm_campaign = suchkov_brand_developer_so&utm_content = 15919861764&utm_term = баланс+тауэр+самара&yclid = 9366959824441442303 (дата обращения: 11.03.2024).

14. Жилой комплекс «Самара-Сити» [Электронный ресурс]. URL: https://newdon.ru (дата обращения: 11.03.2024).

REFERENCES

1. Kolesnikov S.A., Medvedeva N.Yu. Atrium Spaces of Highly Urbanized Multifunctional Units of Urban Structure. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol.13, no.1, pp.151–157. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.19

2. Shamruk A.S. Trends in the architecture of Belarus at the end of the 20th – beginning of the 21st centuries. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2021, no. 3, pp. 5–9. (in Russian) DOI: 10.22337/2077-9038-2021-3-5-9

3. Ziyatdinov Z.Z., Mikhalcheva S.G. Dynamics of housing morphology of a large city in 2000-2022. *Arhitekton: izvestija vuzov* [Architecton: university news], 2023, no. 1(81). (in Russian) DOI: 10.47055/19904126_2023_1(81)_3

4. Medvedeva N., Kolesnikov S., Doskovskaya M. International Experience of Placing Buildings with Atrium Spaces in the Urban Structure. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. V. 227. P. 277–290. DOI: 10.1007/978-3-030-94770-5_21

5. Alavsi V.A. Perspective ecological approaches in the main directions of typology development in high-density multi-storey residential complexes in regions with dry hot climate. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal], 2021, no. 4(106). (in Russian) DOI: 10.23670/IRJ.2021.106.4.022

6. Kolesnikov S.A., Nuzhdina A.V. Interaction of interior space and natural landscape. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 165–173. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.22

7. Veretennikov D.B. Technologies for planning and construction of high-rise complexes within the framework of the concept of development of a "vertical city". *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 163–171. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22

8. Generalov V.P., Generalova E.M. Types of residential buildings and their impact on the class of housing and on the formation of a comfortable urban residential environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 126–138. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.17

9. Alavsi V.A.K., Molchanov V.M. Assessment of characteristics of architectural expressiveness of facades of ecological multi-storey residential complexes. *Vestnik tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2020, vol. 22, no. 2, pp. 55–71. (in Russian) DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-55-71

10. Grand Imperial Residential Complex. Available at: https://grand-imperial.ru (accessed 11 March 2024).

11. Residential complex "Hope". Available at: https://www.uknadezhda.ru (accessed 11 March 2024).

12. Residential complex "ZIM Gallery". Available at: https://зимгалерея.рф/?utm_source = yandex.search&utm_medium = cpc&utm_campaign = suchkov_brand_so&utm_content = 15428472834&utm_term = зим+галерея+самара+жк&etext = &yclid = 15310367670200434687 (accessed 11 March 2024).

13. Residential complex "TOWERS Balance". Available at: https://balancetowers.ru/?utm_source = yandex.search&utm_medium = cpc&utm_campaign = suchkov_brand_developer_so&utm_content = 15919861764&utm_term = баланс+тауэр+самара&yclid = 9366959824441442303 (accessed 11 March 2024).

14. Residential complex "Samara City". Available at: https://newdon.ru (accessed 11 March 2024).

Об авторе:

КОЛЕСНИКОВ Сергей Анатольевич
кандидат архитектуры, доцент, заведующий кафедрой архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ipers@mail.ru

KOLESNIKOV Sergey An.
PhD in Architecture, Associate Professor,
Head of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: ipers@mail.ru

Для цитирования: *Колесников С. А.* Современные высокоурбанизированные многофункциональные жилые комплексы Самары // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 139–145. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.17.

For citation: Kolesnikov S.A. Modern highly urbanized multifunctional residential complexes in Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 139–145. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.17.

УДК 725.42 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.18

И. М. ЛОБОВ
А. Э. СТУПИНА

КОНЦЕПЦИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГОРОДАХ ДОНБАССА

CONCEPT OF ARCHITECTURAL FORMATION OF CONSTRUCTION PRODUCTION COMPLEXES IN THE CITIES OF DONBASS

Научное исследование является продолжением публикаций авторов, и впервые приводится полный концептуальный набор принципов и приёмов, системно охватывающий все уровни архитектурно-планировочной организации строительных производственных комплексов. Предложена концепция архитектурного формирования строительных производственных комплексов в городах Донбасса, которая включает в себя рекомендации при формировании данных комплексов. Обобщен градостроительный подход при выборе территорий недействующих угольных шахт. Проведен анализ существующих зданий и сооружений угольной шахты и особенностей строительных производственных комплексов.

Ключевые слова: *архитектурное формирование, строительный производственный комплекс, реновация*

The scientific research is a continuation of the author's publications and for the first time provides a complete conceptual set of principles and techniques, systematically covering all levels of the architectural and planning organization of construction production complexes. A concept for the architectural formation of construction industrial complexes in the cities of Donbass is proposed, which includes recommendations for the formation of these complexes. The urban planning approach to the selection of territories of non-operating coal mines is generalized. An analysis of existing buildings and structures of the coal mine and the features of construction production complexes was also carried out.

Keywords: *architectural formation, construction industrial complex, renovation*

Авторами ранее рассматривались вопросы использования конструктивных элементов промышленных зданий при реконструкции под новые функции [1], предпосылки архитектурно-градостроительной рефункционализации недействующих промышленных предприятий в городах Донецкого региона [2], использование промышленных предприятий в качестве объектов для реновации [3], экологические аспекты при выборе промышленного объекта для реконструкции под жильё [4], архитектурные особенности становления и развития современных промышленных городов [5], международная практика архитектурного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих предприятий угольной промышленности [6], актуальные направления и градостроительные предпосылки архитектурной реновации недействующих промышленных предприятий региона [7], экологические вопросы архитектурного формирования современных предприятий по производству строительных материалов на основе недействующих угольно-отраслевых объектов Донбасса [8]. Рассматривались также некоторые принципы архитектурного формирования новых объектов на основе недействующих предприятий, включая архитектурно-планировочную организацию структур систем озеленения, в том числе и при реновации промышленных предприятий [9], архитектурные и градостроительные подходы и методы при рефункционализации недействующих предприятий [10], подходы использования контактно-стыковых зон промышленных городов [11], принципы визуально-пространственной реорганизации нарушений городской среды [12]. При этом данное рассмотрение принципов ранее носило фрагментарный характер и не охватывало в полной мере все уровни архитектурного формирования строительных производственных комплексов на базе недействующих угольных шахт. В предлагаемом исследовании впервые приводится полный концептуальный набор принципов и приёмов, системно охватывающий все уровни архитектурно-планировочной организации строительных производственных комплексов.

Новые социально-экономические условия, сложившиеся в начале XXI в., привели к неконкурентоспособности ряда промышленных производств, что повлекло за собой закрытие предприятий и деградацию их территорий. Основной массой таких предприятий является угледобывающая отрасль, преимущественная

для Донбасса. Многие предприятия угледобывающей отрасли находятся непосредственно в городской застройке, что вносит диссонанс в объемно-пространственную и композиционно-планировочную структуру города, но в то же время наблюдается дефицит свободных территорий для нового строительства.

Согласно целям, задачам, приоритетным направлениям и этапам реализации Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года в Российской Федерации, подтверждается актуальность данного исследования [13].

На современном этапе освоение комплексов недействующих угольных шахт в Донецкой Народной Республике становится все более актуальным. Решение задач экономического, социального, экологического и архитектурного характера, а также вопросов эстетики становится необходимым для успешного развития региона [14–18].

Одним из наиболее перспективных направлений является реновация недействующих угольных шахт. Под термином реновация следует понимать не только возможность технического переоснащения производства, но и возможность перепрофилировать здания и сооружения с учетом новых функций и требований.

Архитектурно-градостроительное освоение территории на основе реновации недействующих угольных шахт позволит создать новые рабочие места, улучшить инфраструктуру и повысить качество жизни населения.

В работе исследованы историко-культурные компоненты планировочной организации объектов строительной индустрии на базе недействующих шахт. Для того чтобы определить историческую ценность угольных шахт Донецкого региона, необходимо обратиться к истокам развития угольной промышленности региона.

Как известно, промышленные предприятия являются градообразующими элементами, поэтому множество угольных шахт находятся в структуре городской застройки и нередко – в центральных районах города [19, 20].

Выявлено шесть типов размещения недействующих угольных шахт в структуре жилой застройки: трехстороннее, двухстороннее, одностороннее окружение промышленной площадки жилой застройкой, непосредственно в структуре жилой застройки, на открытой местности и на открытой местности с водоемом. Таким образом, при реновации угольных предприятий под определенные функции необходимо ссылаться на анализ предлагаемых предприятий, которые можно формировать в структуре жилой застройки и на ее периферии.

Донбасс является промышленным регионом с большим объемом полезных ископаемых. Самой важной является Донецко-Макеевская полиядерная промышленная агломерация, которая характеризуется сложной отраслевой и территориальной структурой и включает в себя взаимосвязанные промышленные производства, начиная от угольной промышленности и заканчивая химической и пищевой.

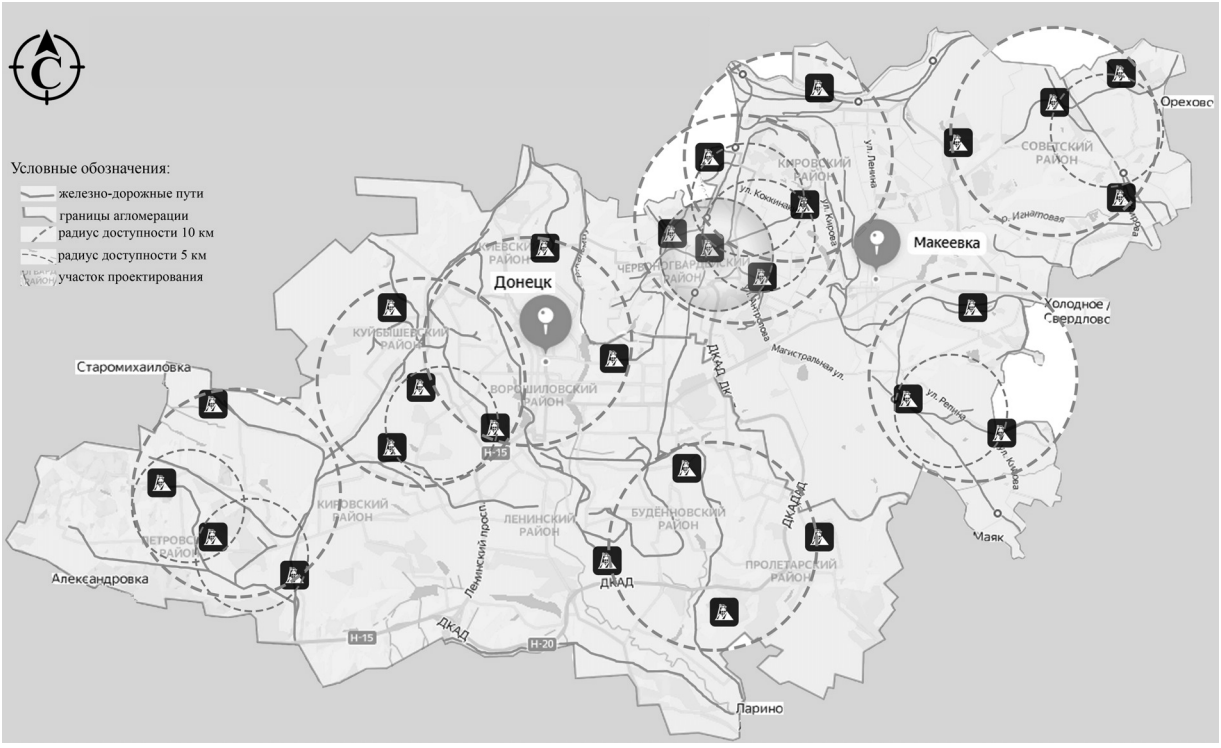
На территории Донецко-Макеевской агломерации расположено более 26 угольных предприятий, которые находятся на разных стадиях ликвидации; это действующие предприятия, частично недействующие, частично действующие, недействующие предприятия с сохранением производственно-технологического комплекса, с частичным сохранением производственно-технологического комплекса, с утратой производственно-технологического комплекса.

При разработке проектного предложения по архитектурному формированию строительных производственных комплексов первостепенно следует выбрать все подходящие недействующие угольные шахты в радиусе 5–10 км, для того чтобы объединить недействующие угольные предприятия в единый комплекс. Это вызвано тем, что территории одной шахты недостаточно для формирования строительного производственного комплекса (см. рисунок).

Предложенные шахты были выбраны исходя из радиуса действия (в 5 км) при формировании строительных производственных комплексов. Месторасположение шахт – северная часть города Макеевки. Выбрана шахта «Ново-Бутовка», шахта «Чайкино» и шахта «Орджоникидзе». Исходя из размеров территорий шахт можно сделать вывод, что они максимально подходят под реновацию для формирования строительного производственного комплекса.

Как известно, угольная шахта – это сложный технологический комплекс, состоящий из надземной и подземной частей. Здания надземной части несут в себе обеспечение и подачу свежего воздуха, электроэнергии, тепла, вывода вредных газов из шахты. Также в комплекс зданий и сооружений надземной части включены лаборатории, сортировочные цеха, цеха для складирования и хранения угля и пустой породы, административный и бытовой комбинат.

Все здания на территории угольной шахты разделяются на основные и вспомогательные. Основные относятся непосредственно к добыче угля и расположены над главными и вспомогательными стволами. Основными зданиями являются: электроподстанция, котельная, обогатительная фабрика, деревообрабатывающий цех, ремонтные мастерские и др. К вспо-



Карта-схема Донецко-Макеевской агломерации недействующих угольных предприятий при комплексной интеграции с радиусами действия
Map of the Donetsk-Makeevka agglomeration of inactive coal enterprises when integrated with action radii

могательным зданиям относятся: административно-бытовой комбинат, производственные помещения, санитарно-медицинские и санитарно-бытовые помещения.

Подземный комплекс является также основным составляющим угольной шахты и состоит из горных выработок и коммуникаций.

Для реновации недействующих угольных шахт в целях создания на их базе строительного производственного комплекса был проведен анализ существующих зданий и сооружений угольной шахты и особенностей строительных производственных комплексов. Анализ показал, что строительные производственные комплексы и производственный комплекс угольных шахт имеют много общего по своей структуре, обусловленной производственно-технологическими требованиями.

Некоторые здания и сооружения есть на любой угольной шахте, такие как административно-бытовой комбинат, электроподстанция, котельная, деревообрабатывающий цех и ремонтная мастерская.

Административно-бытовой комбинат подходит под реновацию для таких целей, как:

- научно-исследовательский центр;
- учебный центр;
- санитарно-бытовой комбинат (профилакторий);
- сохранение функции административно-бытового комбината с такими помещениями, как администрация, бухгалтерия, столовая, медицинский пункт и др.

Деревообрабатывающие цеха и ремонтные мастерские идеально подходят для использования их под цеха мусороперерабатывающего завода или под цеха для установки в них 3D принтеров.

Конфигурация цехов на недействующих угольных шахтах имеет типовую планировку и сетку колонн 6х6 либо 9х9 м и, таким образом, имеет почти безграничные возможности использования таких зданий, что в случае данного исследования является приоритетным фактором при выборе зданий и сооружений под эти цели.

С точки зрения композиционно-художественного формирования строительных производственных комплексов предполагается использовать средства дифференциации: декоративные растения, клумбы, водные устройства, декоративные покрытия, малые архитектурные формы, средства визуальной коммуникации, а также использовать для размещения растений всех пространств и плоскостей в структуре

строительного производственного комплекса, что, в свою очередь, положительно отразится на визуальном восприятии строительного производственного комплекса горожанами и работниками самого предприятия и на экологизации производства. Одним из аспектов композиционно-художественного формирования строительных производственных комплексов является выявление и подчеркивание функции объекта средствами архитектурного формообразования, т. е. использование малых архитектурных форм для благоустройства реконструируемых промышленных территорий, обеспечение системой социально-бытового обслуживания и колоритное разнообразие фасадов.

Историко-архитектурная сохранность подразумевает максимальное сохранение исторически ценной застройки по периметру и создание качественно нового внутреннего пешеходного пространства.

Архитектурно-художественная выразительность зданий подчеркнет выделение символа, совершенствование и индивидуализацию строительных производственных комплексов средствами комплексного цветового решения, активным сочетанием с мелкорасчлененной пластикой новых сооружений и нейтральной формой существующих объектов. Для того чтобы подчеркнуть функциональное содержание данных объектов, требуется создание более замкнутых масштабных территорий и заполнение «белых пятен» (пустующих территорий).

Архитектурной информативностью среды называют общее количество видовых картин, предоставляемых для восприятия горожан. Архитектурная информативность включает в себя контрастное выделение ориентиров движения из окружающего фона, нарастание композиционной активности архитектурно-пространственных элементов по ходу движения. Фактором, способствующим расширению потребностей горожан, является структура внешних связей и рост подвижности. Решением архитектурной интегрированности является удобное размещение транспортных остановок, пешеходное террасирование, проектирование автостоянок и применение новых технологий и материалов.

Вывод. Исследования показали, что сформулированные авторами принципы архитектурного формирования строительных производственных комплексов на базе недействующих угольных шахт включают в себя широкий спектр компонентов: композиционно-художественный, с использованием средств дифференциации (декоративные растения, водные устройства, клумбы и пр.); историко-архитектурная сохранность подразумевает сохранение исторически ценной застройки; архитектурно-художественная выразительность раскрывает выделение символа и индивидуализацию строительных производственных комплексов; архитектурная информативность и интегрированность подчеркивает контрастное выделение композиционной активности архитектурно-пространственных элементов и удобство размещения транспортно-пешеходных связей.

Установлено, что комплексный учет этих компонентов позволит более рационально и полно провести реновацию существующих градостроительных структур и создать социально-психологическую и архитектурно выразительную среду, соответствующую и сегодняшним, и завтрашним требованиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лобов И.М., Ступина А.Э.* Использование существующих конструктивных элементов промышленных зданий при реконструкции под жилье // Актуальные проблемы развития городов: сб. ст. по материалам II открытой республиканской научно-практической конференции. Макеевка, 2018. С. 216.

2. *Ступина А.Э.* Предпосылки архитектурно-градостроительной рефункционализации недействующих промышленных предприятий в городах Донецкого региона // Архитектурная школа Донбасса: наука и практика в условиях современного развития: сб. науч. тр. Макеевка, 2020. С. 103–105.

3. *Ступина А.Э.* Промышленные предприятия как объект для реновации // X Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». Белгород, 2018.

4. *Ступина А.Э.* Экологические аспекты при выборе промышленного объекта под жилье // Вестник ДонНАСА. 2019. № 2. С. 152–156.

5. *Ступина А.Э.* Архитектура современного промышленного города: особенности становления и развития // Вестник ДонНАСА. 2020. № . 2. С. 176–179.

6. *Ступина А.Э.* Международная практика архитектурного формирование предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих предприятий угольной промышленности // Вестник ДонНАСА. 2022. № . 3. С. 94–99.

7. *Лобов И.М., Ступина А.Э.* Актуальные направления современной архитектурной реновации зданий, сооружений и комплексов нефункционирующих промышленных предприятий Донецкого региона. Градостроительные предпосылки формирования лофта // Строитель Донбасса. 2020. № 2. С. 65–69.

8. *Ступина А.Э.* Экологические вопросы архитектурного формирования современных предприятий по производству строительных материалов на основе недействующих угольно-отраслевых объектов Донбасса // Строитель Донбасса. 2022. № 2. С. 35–39.

9. *Лобов И.М., Ступина А.Э.* Принципы архитектурно-планировочной организации структур систем озеленения // X Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». Белгород, 2020. С. 878–880.

10. *Lobov I.M., Stupina A.E.* Architectural and urban approaches in the context of the refunctionalization of inactive industrial enterprises // XVI international forum-contest of Students and young researchers «TOPICAL ISSUES OF RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES». 2020. V. 2. P. 411–412.

11. *Ступина А.Э.* Градостроительное использование контактно-стыковых зон промышленных городов // Вестник ДонНАСА. 2018. № 2. С. 113–117.

12. *Ступина А.Э.* Принципы визуально-пространственной реорганизации нарушений городской среды // Вестник ДонНАСА. 2022. № 2. С. 85–90.

13. Распоряжение правительства Российской Федерации от 10 мая 2016 года № 868-р «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: http://static.government.ru/media/files/RnBfAw072e3tmmykU2lrh1LI1HaHeG0q.pdf (дата обращения: 10.04.2024).

14. *Бенаи Х.А., Радионов Т.В.* Совершенствование архитектурно градостроительной типологии зданий и сооружений, подлежащих реконструкции // Вестник ДонНАСА. 2019. № . 2. С. 65–70.

15. *Бенаи Х.А., Яковенко К.А.* Градостроительные особенности и предпосылки ревитализации промышленных предприятий Донецкой Народной Республики // Вестник ДонНАСА. 2020. № . 2. С. 9–14.

16. *Гайворонский Е.А., Югов А.М.* Роль территориально-географических и геополитических факторов в формировании и развитии региональных особенностей архитектуры зданий, сооружений и их комплексов в городах Донецкого региона // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Т. 13, № 2. С. 57–82.

17. *Джерелей Д.А., Ступина А.Э.* Проблемы архитектурной среды при реновации объектов пищевой и легкой промышленности // Реабилитация жилого пространства горожанина: материалы XVI Международной научно-практической конференции им. В. Татлина. Ч. 1. Пенза: ПГУАС, 2020. С. 258–261.

18. *Кудеров Л.Л., Ахмедова Е.А.* Функционально-планировочные предпосылки Реорганизации промышленной зоны крупнейшего города // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сб. ст. Самара: СГАСУ, 2018. С. 112–119.

19. *Сугаров Д.А.* Градообразующая роль промышленности во Владикавказе в XIX – начале XX века // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 181–185. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.24.

20. *Сугаров Д.А.* Градообразующая роль промышленности во Владикавказе в годы советской власти // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 1. С. 191–197. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.22.

REFERENCES

1. Lobov I.M., Stupina A.E. Use of existing structural elements of industrial buildings during reconstruction for housing. *Aktual'nye problemy razvitija gorodov: sb. st. po materialam II otkrytoj respublikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Actual problems of urban development: Sat. Art. based on the materials of the II open republican scientific-practical conference]. Makeevka, 2018, 216 p. (In Russian).

2. Stupina A.E. Prerequisites for architectural and urban planning refunctionalization of inactive industrial enterprises in the cities of the Donetsk region. *Arhitekturnaja shkola Donbassa: nauka i praktika v uslovijah sovremennogo razvitija: sb. nauch. tr.* [Architectural school of Donbass: science and practice in the conditions of modern development: Sat. scientific. tr.]. Makeevka, 2020, pp. 103–105. (In Russian).

3. Stupina A.E. Industrial enterprises as an object for renovation. *X Mezhdunarodnyj molodezhnyj forum «Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo»* [X International Youth Forum "Education. Science. Production "]. Belgorod, 2018. (In Russian).

4. Stupina A.E. Environmental aspects when choosing an industrial facility for housing. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2019, no. 2, pp. 152–156. (in Russian)

5. Stupina A.E. Architecture of the modern industrial city: features of formation and development. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2020. no. 2, pp. 176–179. (in Russian)

6. Stupina A.E. International practice of architectural formation of enterprises for the production of building materials on the basis of inactive enterprises of the coal industry. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2022, no. 3, pp. 94–99. (in Russian)

7. Lobov I.M., Stupina A.E. Current directions of modern architectural renovation of buildings, structures and complexes of non-functioning industrial enterprises of the Donetsk region. Urban planning prerequisites for loft formation. *Stroitel' Donbassa* [Builder of Donbass], 2020, no. 2, pp. 65–69. (in Russian)

8. Stupina A.E. Environmental issues of architectural formation of modern enterprises for the production of building materials based on inactive coal industry facilities of Donbass. *Stroitel' Donbassa* [Builder of Donbass], 2022, no. 2, pp. 35–39. (in Russian)

9. Lobov I.M., Stupina A.E. Principles of architectural and planning organization of structures of landscaping systems. *X Mezhdunarodnyj molodezhnyj forum «Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo»* [X International Youth Forum "Education. Science. Production "]. Belgorod, 2020, pp. 878–880. (in Russian)

10. Lobov I.M., Stupina A.E. Architectural and urban approaches in the context of the refunctionalization of inactive industrial enterprises. XVI international forum-contest of Students and young researchers «TOPICAL ISSUES OF RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES». 2020. V. 2. P. 411–412.

11. Stupina A.E. Urban planning use of contact-butt zones of industrial cities. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2018, no. 2, pp. 113–117. (in Russian)

12. Stupina A.E. Principles of visual and spatial reorganization of urban environment disturbances. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2022, no. 2, pp. 85–90. (in Russian)

13. Order of the Government of the Russian Federation of May 10, 2016 No. 868-r "Strategy for the development of the building materials industry for the period up to 2020 and further perspective until 2030". Available at: http://static.government.ru/media/files/RnBfAw072e3tmmykU2lrh1LI1HaHeG0q. pdf (accessed 10 April 2024).

14. Benai HA, Radionov T.V. Improvement of architectural urban typology of buildings and structures to be reconstructed. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2019, no. 2, pp. 65–70. (in Russian)

15. Benai HA, Yakovenko K.A. Urban planning features and prerequisites for revitalization of industrial enterprises of the Donetsk People's Republic. *Vestnik DonNASA* [DonNASA Bulletin], 2020, no. 2, pp. 9–14. (in Russian)

16. Gayvoronsky E.A., Yugov A.M. The role of territorial-geographical and geopolitical factors in the formation and development of regional features of the architecture of buildings, structures and their complexes in the cities of the Donetsk region. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Modern industrial and civil construction], 2017, vol. 13, no. 2, pp. 57–82. (in Russian)

17. Jerelei D.A., Stupina A.E. Problems of architectural environment during renovation of food and light industry facilities. *Reabilitacija zhilogo prostranstva gorozhanina: materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii im. V. Tatlina. Ch. 1* [Rehabilitation of the living space of a city dweller: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference named after V. Tatlin. PART 1]. Penza, PGUAS, 2020, pp. 258–261. (In Russian).

18. Kuderov L.L., Akhmedova E.A. Functional and planning prerequisites Reorganization of the industrial zone of the largest city. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Gradostroitel'stvo: sb. st.* [Traditions and innovations in construction and architecture. Urban planning: Sat. Art]. Samara, SGASU, 2018, pp. 112–119. (In Russian).

19. Sugarov D.A. Urban-Forming Role of Industry in Vladikavkaz in the 19th – Beginning of the 20th Century. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 181–185. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.24

20. Sugarov D.A. Town-forming Role of Industry in Vladikavkaz during the Years of Soviet Authority. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 191–197. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.22

Об авторах:

ЛОБОВ Игорь Михайлович
кандидат архитектуры, доцент,
доцент кафедры градостроительства, реконструкции и реставрации архитектурного наследия
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: i.m.lobov@donnasa.ru

LOBOV Igor M.
PhD of Architecture, Associate Professor,
Associate Professor of the Urban Planning, Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: i.m.lobov@donnasa.ru

СТУПИНА Ангелина Эдуардовна
аспирант,
ассистент кафедры градостроительства, реконструкции и реставрации архитектурного наследия
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
286123, Россия, г. Макеевка, ул. Державина, 2
E-mail: a.e.stupina@donnasa.ru

STUPINA Angelina E.
Postgraduate student,
Assistant, of the Urban Planning, Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair
Donbass National Academy of Construction and Architecture
286123, Russia, Makeevka, Derzhavina st., 2
E-mail: a.e.stupina@donnasa.ru

Для цитирования: *Лобов И.М., Ступина А.Э.* Концепция архитектурного формирования строительных производственных комплексов в городах Донбасса // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 146–151. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.18.
For citation: Lobov I.M., Stupina A.E. Concept of architectural formation of construction production complexes in the cities of Donbass. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 146–151. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.18.

УДК 76.01 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.19

А. Ю. ЛЫСЕНКОВ

ОСОБЕННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЖИВОПИСНЫХ РАБОТАХ ДЖОРДЖО ДЕ КИРИКО

FEATURES OF THE REPRESENTATION OF ARCHITECTURAL SPACE IN THE PAINTING WORKS OF GIORGIO DE CHIRICO

Рассказывается об особенностях изображения архитектурного пространства в живописных работах художника-сюрреалиста Джорджо де Кирико. В общих чертах описывается сюрреализм как художественный стиль начала XX в., его возникновение, отличительные черты и смысловые задачи; более подробно рассматриваются вопросы применительно к Джорджо де Кирико: из каких архитектурных объектов и составных элементов образуется городское пространство его живописных полотен, какие предметы являются главными смысловыми частями. Описана общая универсальная архитектурная модель формирования такого пространства в композициях де Кирико, а также знаково-семиотическая структура, используемая мастером. Раскрывается понятие и значение термина «метафизическая живопись», способы прочтения сюрреалистического художественного произведения, игровой характер взаимодействия художника и зрителя. Подробно анализируются методы и особенности конструирования внутреннего пространства метафизических произведений этого мастера, показываются составные элементы, способы, приемы, техники организации композиции живописного полотна. Показано значение влияния изображения архитектурного пространства в произведениях де Кирико на современного человека и использование его художественного опыта в наше время.

Ключевые слова: *архитектурное пространство, «загадочный город», художник, мастер, скрытые смыслы, объект, персонаж, аллюзия, привычная реальность, загадки, подсознание, коллажный метод, знаки, символы, архетипы, статуя, метафизический, изображение, арка, конструирование, живопись*

This article describes the features of the depiction of architectural space in the paintings of the surrealist artist Giorgio de Chirico. In general terms, surrealism is described as an artistic style of the early twentieth century, its emergence, distinctive features and semantic tasks; The questions in relation to Giorgio de Chirico are examined in more detail: from what architectural objects and constituent elements is the urban space of his paintings formed, what objects are the main semantic parts, the general universal architectural model of the formation of such a space in de Chirico's compositions is described. The article describes the semiotic structure used by the master, reveals the concept and meaning of the term "metaphysical painting", ways of reading a surreal work of art, and the playful nature of the interaction between the artist and the viewer. The article analyzes in detail the methods and features of constructing the internal space of the metaphysical works of this master, showing the constituent elements, methods, techniques, and techniques for organizing the composition of the painting. The significance of the image of architectural space in de Chirico's works on modern man and the use of his artistic experience in our time is described.

Keywords: *architectural space, "mysterious city", artist, master, hidden meanings, object, character, allusion, familiar reality, riddles, subconscious, collage method, signs, symbols, archetypes, statue, metaphysical, image, arch, design, painting*

В начале XX столетия в европейских художественных салонах стали появляться работы художников так называемого сюрреалистического направления. Живопись сюрреализма прочно утверждается в общественном сознании критиков, ценителей и коллекционеров искусства. В это время поэт и художественный критик Гийом Апполинер и поэт, писатель, адепт нового художественного течения Андре Бретон закладывают основные законы, постулаты и отличительные черты сюрреализма как художественного стиля.

Сюрреализм переводится с французского surrealisme как «сверхреализм», как реализм, находящийся «сверху» или «над». Сюрреализм как течение сформировалось в 1920-х гг., а точнее в 1924 г., когда Андре Бретоном был провозглашен первый манифест сюрреализма. Что отличало художников-сюрреалистов от мастеров других художественных направлений?

Сюрреалисты в своих работах пытаются разглядеть и показать спрятанную от глаз «потустороннюю» суть вещей, скрытые смыслы, «загадки объектов». Художники стараются совместить вместе реальные вещи и аллюзии, абсурд, мистификацию. Результатом такой комбинации должно стать художественное произведение, как бы возвышающееся над обычной и привычной действительностью, и сочетать в себе реальное и ирреальное, привнесенное из снов, подсознания, выдумки и полета фантазии автора. Тема подсознания и разрушения привычного логического мышления становится одной из главных в творчестве мастеров нового художественного направления. Художники применяют коллажный метод: совмещают рациональное и иррациональное, реальное и нереальное, материальное и возвышенное.

Одними из самых значимых и ярких представителей сюрреализма являются такие мастера, как Сальвадор Дали, Хуан Миро, Рене Магритт, Макс Эрнст. Но среди этих больших мастеров сюрреалистического движения хочется особо выделить одно имя. Это – Джорджо де Кирико. Чем примечателен этот художник и почему следует обратить пристальное внимание на его живописное наследие?

Джорджо де Кирико родился в итальянской семье в маленьком греческом городе Волос. Греческая классическая архитектура, городские монументы, малые архитектурные формы: фонтаны, статуи, скульптура, а также железная дорога, которую строил его отец (флорентийский инженер), оказали в детстве на де Кирико большое влияние.

Позже воспоминания детства превращаются в серьезную увлеченность де Кирико изображением городского пейзажа и элементов архитектуры в своих живописных работах. А изображений архитектурных объектов и архитектурного пространства в них очень много. Можно даже сказать, что архитектурное пространство является главным смысловым элементом и основным связующим и конструктивным звеном в изображении.

В чем же заключаются особенности изображения архитектурного пространства в живописных работах Джорджо де Кирико?

Чтобы это понять, нужно провести теоретический, логический и формальный анализ живописных произведений де Кирико раннего периода 1910–1920-х гг., так называемого «метафизического периода» автора. Проведя такой анализ, можно сделать следующие выводы.

1. Стоит обратить внимание на то, какие архитектурные объекты изображает мастер. Де Кирико оперирует очень интересным арсеналом архитектурных элементов и объектов, который делает узнаваемым, «своим», присущим только ему, и вырабатывает в процессе индивидуальный характерный творческий художественный метод. Можно утверждать, что Джорджо де Кирико на полотнах создает свою универсальную архитектурную модель городского пространства.

В живописных работах этого автора обязательно присутствуют архитектурные объекты, стены которых образованы высокими вертикальными арками, формирующими длинные колоннады. Проемы этих арок брутальные, без лишних деталей, признаков жизни, выглядят как глубокие темные отверстия, сквозные или не совсем. Такая архитектура, фасады которой изрезаны арками, является «визитной карточкой» живописного почерка де Кирико. Колоннады, как правило, выходят на большие пустынные площади с острыми, жесткими геометрическими очертаниями. На пустынных площадях мастер часто размещает статую-скульптуру, имеющую исторический прототип в мире искусства. Например, в таких работах, как «Меланхолия» 1912 г., «Площадь Италии» 1913 г. в образе изображенной статуи угадывается скульптура спящей Ариадны, символа грусти и меланхолии и один из излюбленных мотивов в изобразительном ряду художника. Такая статуя образует на полотнах главный смысловой центр и точку притяжения зрительского взгляда.

Часто в архитектурном пространстве де Кирико изображается башня, напоминающая по форме водопроводную, или трубы, подобные заводским дымоходным. Ближе к линии горизонта показывается в виде узкой горизонтальной ленты бегущий локомотив с цепочкой вагонов и дымом от трубы паровоза. Еще архитектурное пространство дополняется плоскостями глухих кирпичных стен (тонкими линиями на них показаны кладочные швы). На дальнем плане изображаются небольшие холмы со скудной растительностью, городские домики, имеющие простую геометрию. Весь этот дальний план городского пейзажа соприкасается с очень светлой далью неба; выше небо, «растягиваясь» по тону, становится все темнее и темнее, пока не достигает очень глубокого оттенка изумрудного или синего цвета.

Иногда вместо скульптуры–персонажа древнего мифа де Кирико изображает фрагмент конной статуи со всадником–фантомом, с пьедесталом, ступенями основания или монумент–скульптуру абстрактного характера, без конкретной исторической привязки.

2. Живописное полотно де Кирико представляет собой сложную семиотическую картину, где собраны вместе различные символы, знаки, архетипы. В работе «Загадка часа» 1911 г. над уже неотъемлемым атрибутом всего творчества

мастера – аркадой плоскости стены замкнутого пространства, напоминающего вокзал, можно увидеть изображение часов. Стрелки часов замерли, и время как будто остановилось. Часы здесь используются художником как знак сиюминутности происходящего и в то же время – вечности и бесконечности пространства. В работах «Красная башня» 1913 г., «Башня» 1913 г., «Возвращение поэта» 1911 г., «Загадка прибытия и дня» 1912 г., «Ностальгия по бесконечности» 1921 г. главным изображаемым персонажем становится башня. Башня как сильный знак и архетип активно используется де Кирико в своих живописных творениях. Башни де Кирико разные: одни массивные, пузатые, напоминают водонапорные башни, другие – изящные, ступенчатые с тонкими белыми колоннами, отсылающими образно к Пизанской башне, третьи – схожи с заводскими трубами. Архетипичное значение использования изображения башни у де Кирико заключается в возвышении над обыденной реальностью, в устремлении ввысь, к другим смыслам и понятиям вещей.

Также большую роль в знаково-семиотической системе художника-сюрреалиста играет изображение стены. Стены на полотнах де Кирико многозначные. Одни глухие, мощные, монолитные, однотонные; другие сплошь изрезанные крупными арками, так что простенки между ними превращаются в колонны, еще у стен есть намек на материальность (показываются кладочные швы кирпича). Изображения стен выполняют материальную (формируют и конструируют внутреннее пространство картины), а также нематериальную задачу (разграничивают земное и неземное, действительное и воображаемое, один смысл от другого).

Помимо уже перечисленных архетипов, знаков и символов, в работах мастера часто встречается изображение площади, книги, яйца, рыбы, моста, колеса, перчатки, солнечных часов, поезда, локомотива, дыма, паруса, шахматной доски, арки и других вещей и понятий. Все эти знаковые элементы композиции живописной картины помогают де Кирико выстроить свой «загадочный и таинственный город», наполненный различными аллюзиями, скрытыми символическими смыслами и ассоциациями, подчиненными только логике сна [1].

Изображенные предметы и объекты в работах Джорджо де Кирико отсылают зрителя к коллективному бессознательному, чтобы с его помощью, используя символические и знаковые структуры, уловить ту главную смысловую нить, которую вкладывал в свою работу автор. Художник утверждал: «Для того чтобы произведение искусства стало бессмертным, необходимо, чтобы оно вышло за пределы человеческого, туда, где отсутствуют здравый смысл и логика. Таким образом оно приближается к сну и детской мечтательности» [2].

3. Живопись рассматриваемого раннего периода Джорджо де Кирико называют «метафизической». В чем заключается метафизичность работ этого художника?

Термин «метафизическая живопись» можно объяснить как живопись, где необходимо «видеть загадку в самых обыкновенных вещах». Для такой живописи характерны неподвижность изображаемого, напряженность в передаче формы и колорита, жесткость линии и резкость светотеневых переходов.

Задача «метафизического» подхода в творчестве – разглядеть в уже привычных вещах что-то необычное, таинственное, скрытое от первого взгляда, какие-то другие «загадочные» стороны предметов. Де Кирико однажды заметил, что «каждый объект имеет две стороны: «Одна – текущая, та, которую мы почти всегда видим. Вторая – скрытая, метафизическая, которая может показаться некоторым людям в моменты ясновидения, так же как внутренние органы человека скрыты, но различимы, например с помощью рентгеновского аппарата» [2].

Метафизичность выражается и в том, что мастер применяет простейшие универсальные формы – так называемые «платоновы тела» [3]. В его работах встречаются и шар, и куб, и пирамида (например, в работе «Песнь любви» 1914 г.). Используя такие формы, автор пытается сконструировать свою сборную модель архитектурного пространства города, которая отличается универсальностью и большим обобщением по сравнению с существующим аналогом [4, 5].

Метафизичность исключает конкретику действующей привычной реальности. В метафизических работах де Кирико нет живых людей и персонажей. Архитектура и пространство заменяют их: площади пустынны, колоннады безлюдны, город без признаков жизни. В отдельных работах, где архитектурное пространство выступает не в главной роли, вместо людей можно увидеть манекены с яйцеобразными гладкими головами. Тонкими сплошными и пунктирными линиями намеком показывается геометрическая анатомия таких «живых существ» (например, в работах «Две головы» 1916 г., «Гектор и Андромаха» 1917 г., «Блудный сын» 1922 г., «Разрушение муз» 1925 г.).

Особую роль в придании живописи де Кирико метафизичности играет изображение тени от предмета. Художник вводит в композицию своих полотен очень длинные, глубокие, темные и жесткие по очертаниям тени. Они буквально «пронзают», «расчерчивают» всю картинную плоскость произведения и прида-

ют своим расположением динамичный рисунок всей живописной работе. Изображение фрагмента тени замещает собой изображение главного персонажа, от которого и падает тень. Фрагмент тени есть, но неясно, от кого или от чего она? Возникает иллюзия присутствия того, что так и не изображено автором. Главного героя нет, но тень от него есть! (Например, в работе «Меланхолия и тайна улицы» 1914 г.). Такой прием усиливает метафизичность живописи де Кирико.

Метафизичность композиций мастера углубляется еще и темой театральности изображаемого. Люди на его полотнах – это манекены и куклы, а нарисованный город – это бутафория, театральная декорация, мираж. Присутствующие в работах художника изображения шторы в интерьерах – словно театральный занавес, а часто используемое изображение плоскости пола, расчерченного на доски, – сцена театра. Помогает в этой ассоциации и схожесть композиций де Кирико с ренессансными композициями идеальных городов Пьера делла Франчески (например, в работе «Площадь Италии» 1913 г.).

4. Художник пытается взглянуть на окружающую действительность по-новому, его занимают загадки, тайны, мистика, а слова «тайна» и «загадка» – его любимые и чаще всего встречающиеся в названиях работ. Де Кирико говорил: «Я старался выразить в своих сюжетах ощущение таинственности...» [2]. Поэтому отношение автора к прочтению своих работ – особенное. Де Кирико считает, что картина – загадка, тайна, определенный ребус, кроссворд, которые зрителю надо отгадать, а изображенные детали, персонажи, объекты и фрагменты должны помочь ему в этом.

Художник специально создает изобразительные загадки и предлагает зрителю игру в отгадывание. Поэтому в его работах так много знаков, символов, архетипичных форм [3]. Прочтение живописных произведений де Кирико – это определенная задача, которую надо проделать подобно Тесею из любимого художником древнегреческого мифа. Зритель должен, держась за нить клубка Ариадны, отгадывая скрытые черты и значения вещей, выбраться из хитро расставленных смысловых ловушек Джорджо де Кирико. Выбраться и не попасть в лапы к Минотавру.

5. Говоря об изображении архитектурного пространства в живописных работах этого художника, нельзя не сказать и об особенностях конструирования внутреннего пространства его композиций. И здесь художник представляет очень широкий набор способов, приемов и техник.

Во-первых, де Кирико создает глубинные композиции, где есть несколько контрастных планов, которые следуют один за другим. Передний план, как правило, выделяется более темными по тону плоскостями, дальний план – светлый. Между ними располагаются промежуточные тональные планы, образованные длинными тенями [6].

Во-вторых, художник применяет очень резкую и протяженную перспективу изображаемых объектов, тем самым усиливает глубину внутреннего пространства своего «таинственного города» и заодно направляет взгляд зрителя на значимые элементы изображения (например, изображение «бесконечной дороги» в работе «Вокзал Монпарнас» 1914 г.).

В-третьих, де Кирико в некоторых своих работах специально нарушает законы перспективного сокращения, использует несколько точек схода и создает эффект «обратной перспективы». Мало того, он совмещает в одной композиции изометрическое изображение с перспективным, с разными центрами проекции (например, в работе «Меланхолия и тайна улицы» 1914 г.).

В-четвертых, одним из основных приемов конструирования внутреннего пространства своих работ художник делает направление больших и вытянутых теней от объектов и предметов. Направлением и ритмом, контрастом и жесткой геометрией очертаний теней де Кирико добивается выразительной динамики внутреннего пространства своих композиций.

В-пятых, большая часть изображаемых художником предметов и форм имеет жесткую линейную геометрию. Своими прямолинейными силуэтами, подобно композиционным осям построения изображения или так называемой ритмической сетке, состоящей из прямых, пересекающихся линий, предметы композиции формируют внутреннее пространство.

В-шестых, де Кирико, конструируя внутреннее пространство своих работ, манипулирует взглядом зрителя, раздвигает внешние границы изображения, создает две картинные плоскости, разные точки схода двух перспектив и визуальную иллюзию «картина в картине» и «окно в окне» (например, в работах «Двойной сон весны» 1915 г., и «Меланхолия отъезда» 1916 г.). В этой игре с перспективными изображениями и картинными плоскостями очень сильно помогают расчерченные на доски плоскости пола (земли). Направление линий досок усиливает перспективу и глубину внутреннего пространства «загадочного города» художника.

В-седьмых, мастер сюрреализма контрастно применяет метод коллажа различных предметов, форм, поверхностей. Например, в своих метафизических композициях соединяет вместе изображение архитектурного объекта,

имеющего конкретный исторический прообраз с вымышленным, придуманным. Также де Кирико комбинирует изображения жилой и фабричной индустриальной архитектуры, геометрические искусственные архитектурные формы с природными, ландшафтными, жесткие формы с аморфными, растекающимися.

Метафизическая живопись, где главную роль исполняет изображение архитектурного пространства, сделала своего автора известным художником и внесла имя Джорджо де Кирико в историю искусства наряду с другими прославленными именами мастеров сюрреализма.

Художник живописными работами сформулировал и сформировал свою любимую тему – изображение «загадочного города», города – фантома. Итальянский искусствовед Роберто Лонги писал о де Кирико: «Художник стремился найти метафизическую грань между миром живого и неживого, поэтому в его картинах живое похоже на неодушевленное, а неодушевленные предметы живут своей тайной жизнью» [2].

Образ «загадочного города» де Кирико оказал большое влияние на художественную жизнь всего XX века и продолжает волновать умы архитекторов и художников в нашем XXI веке. Метафизическая живопись де Кирико породила своих последователей и подражателей, она стала источником вдохновения творцов так называемой «бумажной архитектуры» в начале 1980-х годов в СССР. В наше время опыт изображения архитектурного пространства де Кирико используется в образовательном процессе при обучении студентов специальностей «Архитектура» и «Дизайн» в вузах нашей страны.

Все, кто связан с изображением архитектурного пространства и архитектурной фантазии, хорошо знакомы с творчеством этого мастера сюрреализма, изучают его композиции, приемы, способы, техники, берут с него пример как поэта городского пространства и создателя «загадочного города».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Репина Е.А., Курсова М.Г.* Дихотомия пространства – пустота в архитектуре // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 120–134. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.16.

2. *Пуликова Л.В.* Джорджо де Кирико (1888-1978). М.: Комсомольская правда, Директ-Медиа, 2016.

3. *Самогоров В.А.* Метафизика архитектурной формы / СамГАСУ. Самара, 1994.

4. *Данилова Э.В.* Архитектурный интертекст Бернара Чуми // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 1. С. 90–97. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.11.

5. *Самогоров В.А., Конкина Е.Д.* Теория цветовых контрастов Йоханнеса Иттена // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 3. С. 97–103. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.14.

6. *Зайцев К.Г.* Графика и архитектурное творчество. М.:Стройиздат, 1979.

REFERENCES

1. Repina E.A., Kursova M.G. Space-Void Dichotomy in Architecture. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 120–134. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.16

2. Pulikova L.V. *Dzhordzho de Kiriko* (1888-1978) [Giorgio de Chirico (1888-1978)]. Moscow, Komsomolskaya Pravda, Direct Media, 2016.

3. Samogorov V.A. *Metafizika arhitekturnoj formy* [Metaphysics of architectural form]. Samara, SamGASU, 1994.

4. Danilova E.V. Bernard Tschumi's Architectural Intertext. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construc-tion and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1. pp. 90–97. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.11

5. Samogorov V.A., Konkina E. D. Johannes Itten: the Seven Color Contrasts. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 97–103. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.14

6. Zaitsev K.G. *Grafika i arhitekturnoe tvorchestvo* [Graphics and architectural creativity]. Moscow, Stroyizdat, 1979.

Об авторе:

ЛЫСЕНКОВ Алексей Юрьевич
доцент кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: aeroplane-01@yandex.ru

LYSENKOV Alexey Yu.
Associate Professor of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: aeroplane-01@yandex.ru

Для цитирования: *Лысенков А.Ю.* Особенности изображения архитектурного пространства в живописных работах Джорджо Де Кирико // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 152–156. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.19.

For citation: Lysenkov A.Yu. Features of the representation of architectural space in the painting works of Giorgio de Chirico. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 152–156. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.19.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

УДК 711:72

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.20

Н. В. БАКАЕВА
В. А. ГОРДОН
И. В. ЧЕРНЯЕВА

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ МАЛОМОБИЛЬНЫМ ГРУППАМ НАСЕЛЕНИЯ

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ACCESSIBILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES TO LOW-MOBILITY GROUPS OF THE POPULATION

В статье разработана и представлена универсальная систематизация нормативных требований, регламентирующих доступность объектов городской инфраструктуры маломобильным группам населения. Разработана методика оценки доступности зданий и сооружений маломобильным категориям граждан. На основе данных мониторинга общественных зданий и сооружений социального назначения в г. Орле и Орловской области выполнена численная реализация предложенной методики оценки доступности на примере структурно-функциональных зон одного из объектов здравоохранения – поликлиники г. Малоархангельска. Предложенная систематизация нормативных требований и методика позволят выявить наиболее проблемные места в обеспечении доступности городской инфраструктуры, количественно оценить критерии адаптированности городских объектов для людей с ограниченными возможностями. Результаты оценки могут служить инструментами повышения эффективности принимаемых стратегических решений по повышению уровня жизни населения на урбанизированной территории в целом.

Ключевые слова: *доступность, маломобильные группы населения, мониторинг, нормативные требования, общественные здания и сооружения, городская среда*

The article has developed and presented a universal systematization of regulatory requirements regulating the accessibility of urban infrastructure facilities to low-mobility groups of the population. A methodology for assessing the accessibility of buildings and structures to low-mobility categories of citizens has been developed. Based on the monitoring data of public buildings and social facilities in the city of Orel and the Oryol region, a numerical implementation of the proposed accessibility assessment methodology was performed using the example of structural and functional zones of one of the health facilities – the Maloarkhangelsk clinic. The proposed systematization of regulatory requirements and methodology will allow to identify the most problematic places in ensuring the accessibility of urban infrastructure, to quantify the criteria for the adaptation of urban facilities for people with disabilities. The assessment results can serve as tools for increasing the effectiveness of strategic decisions made to improve the standard of living of the population in an urbanized area as a whole.

Keywords: *accessibility, low-mobility population groups, monitoring, regulatory requirements, public buildings and structures, urban environment*

Введение

В настоящее время в России наблюдаются четко выраженные процессы так называемого старения населения, а также рост маломобильных групп населения (МГН) [1]. Согласно многочисленным исследованиям [2], проблема увеличения численности МГН в общей структуре

CC BY

жителей урбанизированных поселений является актуальной для многих регионов. На начало 2023 г. в стране насчитывалось 10,9 млн инвалидов, из них 722 тыс. детей. К регионам с наиболее высоким уровнем первичной детской инвалидности можно отнести Чечню, Ингушетию и Дагестан, с наиболее низким – Астраханскую область [3].

Создание доступной среды и безбарьерного доступа к объектам городской инфраструктуры и транспорту – одно из фундаментальных прав человека [4]. Реабилитация маломобильных групп населения является не только важнейшей проблемой для общества, но и одним из первостепенных направлений государственной социальной политики. Вследствие этого решение задач по обеспечению доступности объектов городской инфраструктуры для данной категории граждан становится перспективным и важным научным направлением.

Одной из главных причин отсутствия безбарьерной городской среды является несовершенство нормативной базы в этой сфере, в том числе недостаточность четко сформулированных критериев оценки адаптированности объектов городской инфраструктуры для наиболее незащищенных групп населения [5], а также отсутствие разработанной методики расчета оценки доступности зданий и сооружений для МГН, учитывающей состояние каждой из имеющихся функциональных зон и их элементов [6].

Недостаточная проработанность планировочных решений при обеспечении необходимого уровня доступной среды влечет за собой социально-психологическую отчужденность инвалидов и других маломобильных граждан. При этом снижается социальная, культурная и экономическая активность данной категории населения, что в дальнейшем может привести к снижению потенциала социально-экономического развития региона [7].

Проблеме обеспечения доступной среды МГН посвящено множество отечественных и зарубежных исследований [8–10]. В частности, в исследовании [11] предложены рекомендации по поэтапному преобразованию города в доступный и развивающий человека с учетом интересов маломобильных групп населения. Рональдом Мейсом [12] впервые было введено понятие «инклюзивный дизайн», основанный на беспрепятственной доступности среды для всех групп населения.

Понятие «доступность» можно трактовать в различных аспектах:

- территориальная доступность;
- временная доступность;
- персональная доступность (в том числе доступность МГН) [5, 13].

Целью данного исследования является разработка систематизации нормативных требований [14] для объектов городской инфраструктуры и их элементов, а также методики оценки доступности зданий и сооружений социального назначения для МГН.

1. Материалы и методы исследования

Материалы

В качестве исходных данных для настоящего исследования явились результаты мониторинга зданий и сооружений различного назначения г. Орла и Орловской области, проводимого коллективом Архитектурно-строительного института Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева [11]. В рамках мониторинга было обследовано более 500 зданий социального назначения, их отдельные элементы, территории и функционально-целевые зоны.

Эмпирическую базу исследования составили данные мониторинга, нормативные документы в области доступности среды маломобильным категориям граждан [11], а также официальные данные Федеральной службы государственной статистики РФ и территориального органа Росстата по Орловской области.

Методы

Для настоящего исследования были использованы основные методы математической статистики и эконометрики [11]. Методологической основой данного исследования является современное научное направление, разработанное в РААСН под руководством академика В.А. Ильичева. В основе концепции данной методологии лежат принципы симбиоза градостроительных систем и биосферных процессов, обеспечивающих благоприятные и безопасные условия проживания населения [15–17]. Научные труды академика В.А. Ильичева и других исследователей [18, 19, 20 и др.] посвящены проблемам гармонизации жизнедеятельности человека и его архитектурно-пространственного окружения, построению моделей симбиотического развития общества и природы.

Построение системы нормативных требований

Для решения поставленной задачи предлагается следующая многоуровневая схема зон и составляющих исследуемого объекта [21] (рис. 1).

Исследуемый объект представляется состоящим из двух зон:

- структурно-функциональной (СФ) [22], раскрывающей структуру и функцию объекта;

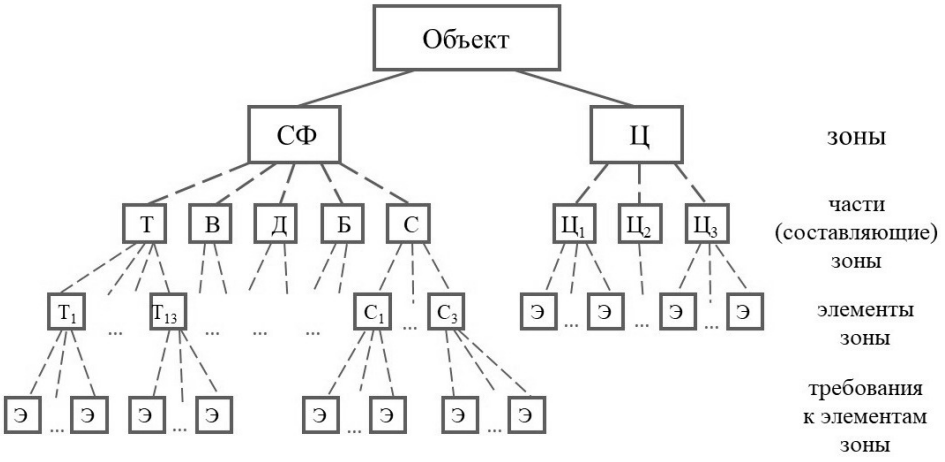


Рис. 1. Многоуровневая схема зон и составляющих исследуемого объекта
Fig. 1. Multilevel scheme of zones and components of the investigated object

▪ целевой (Ц), отражающей тип объекта [11].

Структурно-функциональная зона состоит следующих элементов: территории Т, входной группы В, путей движения в здании Д, зоны безопасности Б и санитарно-бытовых помещений С [11].

Целевые зоны объекта в зависимости от назначения различны по структуре и также состоят из нескольких частей, образованных группой элементов [11].

В свою очередь каждая часть включает также определенное количество элементов. Всего 33 элемента [11]. К каждому из элементов согласно действующим нормам [14] предъявляется ряд требований к обеспечению доступности МГН мест целевого посещения, беспрерывности и безопасности передвижения и т. д.

Каждому требованию a_{ij} (i – номер элемента, j – номер требования) экспертами назначается весовой коэффициент l_{ij}, характеризующий степень значимости требования для лица МГН. Величина коэффициентов лежит в диапазоне от 0 до 1 [22]. При этом должно выполняться следующее условие:

$$\sum_{j=1}^{n_i} l_{ij} = 1.$$

При выполнении в полной мере всех требований к элементам предполагается, что зоны и объект в целом полностью доступны МГН.

Однако проводимые мониторинги доступности зданий и сооружений для маломобильных категорий граждан часто показывают, что фактические значения параметров, содержащихся в требованиях к элементам, не совпадают с нормативными [23].

Методику построения оценки доступности МГН эксплуатируемого объекта продемонстрируем на примере оценки доступности одной из зон, а именно СФ-зоны.

С целью определения реального уровня доступности МГН эксплуатируемого объекта введем в рассмотрение отношение фактического уровня выполнения j-го требования к i-му элементу к нормативному значению этого требования:

$$t_{ij} = \frac{a_{ij}^{\text{ф}}}{a_{ij}^{\text{н}}}. \quad (1)$$

Например, $t_{11} = \frac{a_{11}^{\text{ф}}}{a_{11}^{\text{н}}}$ – отношение фактического и нормативного значений первого требования к первому элементу (калитка) части зоны «Территория объекта» (рис. 2).

На рис. 2 в матричном виде приведена систематизация нормативных требований $a_{ij}^{\text{н}}$ к элементам части «Территория объекта» Т и их весовые коэффициенты. Требования к элементу удобно представить в виде векторов. Так, требования к элементу из части T можно представить в виде многокомпонентного вектора

$$T_i = \{t_{i1}, t_{i2} \ldots t_{ni}\}, \quad (2)$$

где $i = 1 \div 13$; $i = 1 \div n_i$ ($n_1 = 3$, $n_2 = 2$; $n_3 = 1$; $n_4 = 2$; $n_5 = 1$; $n_6 = 5$; $n_7 = 3$, $n_8 = 2$; $n_9 = 2$; $n_{10} = 8$, $n_{11} = 10$; $n_{12} = 1$; $n_{13} = 2$).

Весовые коэффициенты к каждой компоненте вектора T_i также представлены компонентами соответствующих векторов L_i.

Совокупность векторов требований ко всем элементам части СФ-зоны «Территория объек-

j \ i	$\overline{T}_1^н$	$\overline{T}_2^н$	$\overline{T}_3^н$	$\overline{T}_4^н$	$\overline{T}_5^н$	$\overline{T}_6^н$	$\overline{T}_7^н$	$\overline{T}_8^н$	$\overline{T}_9^н$	$\overline{T}_{10}^н$	$\overline{T}_{11}^н$	$\overline{T}_{12}^н$	$\overline{T}_{13}^н$
1	да/*0,1*	да/*0,5*	да/ *1*	0,8м/ *0,5*	да/*1*	≤5%/ *0,4*	25м/ *0,4*	да/*1*	нет/ *0,5*	0,4/ *0,1*	≤9м/ *0,2*	да/*1*	≤50м/ *0,4*
2	да/*0,2*	да/*0,5*		0,6м/ *0,5*		≤10%/ *0,1*	2м/ *0,3*		да/ *0,5*	0,15/ *0,1*	$\leq\frac{1}{20}$/ *0,2*		6х3,6/ *0,6*
3	0,9м/*0,7*					≤2%/ *0,1*	1,8м/ *0,3*			да/ *0,15*	1м/ *0,05*		
4						≤1,2м/ *0,3*				да/ *0,15*	1,5м/ *0,1*		
5						да/*0,1*				3-12/ *0,1*	1,5м/ *0,1*		
6										0,9м/ *0,15*	да/ *0,05*		
7										1м/ *0,1*	0,92/ *0,1*		
8										да/ *0,15*	нет/ *0,1*		
9											да/ *0,05*		
10											да/ *0,05*		

Рис. 2. Систематизация нормативных требований $a^i_{(i)j}$,
предъявляемых к элементам структурно-функциональной зоны для «Территории объекта»
Fig. 2. Systematization of regulatory requirements,
applied to the elements of the structural and functional zone for the "Facility Territory"

та» можно представить вектором $\overline{T} = \{t_{11}; t_{12}; t_{13}; t_{21}; t_{22}; t_{31}; t_{41}; t_{42}; \ldots t_{131}; t_{132};\}^T$, а весовые коэффициенты к этим требованиям – в виде матрицы M размера 13×41:

$$M = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & l_{21} & l_{22} & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & l_{31} & \ldots & 0 \\ & & & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & l_{131} & l_{132} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

13×41

Тогда вектор доступности элементов части СФ-зоны «Территория объекта» можно представить в виде матричного уравнения

$$\overline{\eta_T} = M\overline{T}$$

или в развернутом виде

$$\begin{pmatrix} \eta_{T1} \\ \eta_{T2} \\ \ldots \\ \ldots \\ \eta_{T13} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & l_{21} & l_{22} & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & l_{31} & \ldots & 0 \\ & & & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \\ & & & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & l_{131} & l_{132} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_{11} \\ t_{12} \\ t_{13} \\ t_{21} \\ \ldots \\ t_{132} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

13×1 13×41 41×1

Векторы (l_{11} l_{12} l_{13}) и (t_{11} t_{12} t_{13}) соответствуют векторам $\overline{L}_1$ и $\overline{T}_1$, тогда вектор доступности элементов части СФ-зоны «Территория объекта» можно представить в следующем виде:

$$\overline{\eta_{TT}} = \begin{pmatrix} \eta_{T1} \\ \eta_{T2} \\ \ldots \\ \ldots \\ \eta_{T13} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{L}_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \ldots & 0 \\ 0 & \overline{L}_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \ldots & 0 \\ 0 & 0 & \overline{L}_3 & 0 & 0 & 0 \ldots & 0 \\ & & & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & & & \\ & & & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \ldots & \overline{L}_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \overline{T}_1 \\ \overline{T}_2 \\ \ldots \\ \ldots \\ \ldots \\ \overline{T}_{13} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

13×1 13×13 13×1

Если ввести вектор $\overline{L_T}$ – весовые коэффициенты элементов части «Территория объекта»:

$$\overline{L_{TT}} = \{l_{T1}, l_{T2} \ldots l_{T13}\}, \quad (6)$$

где, например, l_{T1} – весовой коэффициент 1-го элемента «Калитка» и т. д., то показатель доступности части «Территория объекта» СФ-зоны может быть представлен скалярным произведением векторов $\overline{L_{TT}}$ и $\overline{\eta_{TT}}$:

$$\eta_T = l_{T1}\eta_{T1} + l_{T2}\eta_{T2} + \cdots + l_{T13}\eta_{T13}\ .$$

Аналогично строятся показатели доступности остальных четырех частей зоны СФ, содержащих еще 20 элементов:

$$\eta_{\text{ВВ}}, \eta_{\text{ДД}}, \eta_{\text{ББ}}, \eta_{\text{СС}}\ .$$

$$\overline{\eta_{\text{ВВ}}} = \begin{pmatrix} \eta_{\text{В1}} \\ \ldots \\ \ldots \\ \ldots \\ \eta_{\text{В5}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{11}^{\text{В}} & \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{11} \\ V_{12} \\ \ldots \\ \ldots \\ \ldots \end{pmatrix},$$

$$\overline{\eta_{ДД}} = \begin{pmatrix} \eta_{Д1} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \eta_{Д8} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{11}^{Д} \ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_{11} \\ d_{12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix},$$

$$\overline{\eta_{ББ}} = \eta_{Б1} = \left(l_{11}^{Б} \dots \dots \dots\right) \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix},$$

$$\overline{\eta_{СС}} = \begin{pmatrix} \eta_{С1} \\ \dots \\ \eta_{С3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{11}^{С} \ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ \dots \end{pmatrix}.$$

Векторы с двумя одинаковыми индексами – это векторы, компонентами которых являются показатели доступности соответствующих элементов частей СФ-зоны. Если ввести один вектор, компонентами которого будет совокупность показателей доступности всех элементов всех частей СФ-зоны и вектор с компонентами весовых коэффициентов всех элементов всех частей, то можно получить вектор показателей доступности частей СФ-зоны из матричного уравнения

$$\underset{5\times1}{\overline{\eta_{ZZ}}} = \begin{pmatrix} \eta_{TZ} \\ \eta_{BZ} \\ \eta_{ДZ} \\ \eta_{БZ} \\ \eta_{CZ} \end{pmatrix} = \underset{5\times5}{\begin{pmatrix} \overline{L_{ТТ}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L_{ВВ} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & L_{ДД} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L_{СС} \end{pmatrix}} \underset{5\times1}{\begin{pmatrix} \eta_{ТТ} \\ \eta_{ВВ} \\ \eta_{ДД} \\ \eta_{ББ} \\ \eta_{СС} \end{pmatrix}}. \quad (7)$$

Аналогично строится вектор показателей доступности частей Ц-зоны $\eta_{зц}$.

Если ввести вектор весовых коэффициентов частей зон $\overline{L_{зсф}} = \{l_{zT}\ l_{zB} l_{zД}\ l_{zБ}\ l_{zС}\}$, то показатель доступности зоны определяется скалярным произведением векторов $\overline{\eta_{zz}}$ и $\overline{L_{зсф}}$. Аналогично поступаем с показателем доступности Ц-зоны. Показатели доступности зон определяем из матричного уравнения

$$\overline{\eta_{оо}} = \begin{pmatrix} \eta_{ЗСФ} \\ \eta_{ЗЦ} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{zT}\ l_{zB}\ l_{zД}\ l_{zБ}\ l_{zС} \dots 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots l & l & l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_{TZ} \\ \eta_{BZ} \\ \dots \\ \dots \\ \eta_{CZ} \\ \eta \\ \eta \\ \eta \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Если весовые коэффициенты зон ($l_{зсф}$, $l_{зц}$) = $\overline{L_{оо}}$, то показатель доступности объекта определяется скалярным произведением векторов $\overline{\eta_{оо}}$ и $\overline{L_{оо}}$:

$$\underset{1\times1}{\eta_{объекта}} = \underset{1\times2}{\left(l_{зсф} l_{зц}\right)} \underset{2\times1}{\begin{pmatrix} \eta_{зсф} \\ \eta_{ZC} \end{pmatrix}}. \quad (9)$$

2. Результаты исследования и их анализ

Выполним численную реализацию разработанной методики оценки доступности инвалидам и МГН на примере структурно-функциональных зон одного из объектов здравоохранения – поликлиники г. Малоархангельска (рис. 3).

Рис. 3. Здание поликлиники БУЗ Орловской области «Малоархангельская ЦРБ» https://flectone.ru/maloarxangelskom-rayone.html
Fig. 3. The building of the polyclinic BUZ Oryol region "Maloarkhangelskaya CRH" https://flectone.ru/maloarxangelskom-rayone.html

В табл. 1–3 представлены результаты обследования и ранжирования элементов функциональных частей поликлиники [11].

Таблица 1. Результаты обследования элементов функциональной части объекта (поликлиники) «Территория объекта»
Table 1. Results of inspection of the functional part of the facility (polyclinic) “Facility territory”

j \ i	$\bar{T}_1$	$\bar{T}_2$	$\bar{T}_3$	$\bar{T}_4$	$\bar{T}_5$	$\bar{T}_6$	$\bar{T}_7$	$\bar{T}_8$	$\bar{T}_9$	$\bar{T}_{10}$	$\bar{T}_{11}$	$\bar{T}_{12}$	$\bar{T}_{13}$
1	0 × 0,1	1 × 0,5	1 × 1			1 × 0,4							
2	1 × 0,2	1 × 0,5				1 × 0,1							
3	1 × 0,7					1 × 0,1							
4						1 × 0,3							
5						1 × 0,1							
6													
7													
8													
9													
10													

$\eta_{T1} = 0 \times 0,1 + 1 \times 0,2 + 1 \times 0,7 = 0,9;$
$\eta_{T2} = 1 \times 0,5 + 1 \times 0,5 = 1;$
$\eta_{T3} = 1 \times 1 = 1;$
$\eta_{T6} = 1 \times 0,4 + 1 \times 0,1 + 1 \times 0,3 + 1 \times 0,1 = 1;$
$\eta_{T} = (0,9 + 1 + 1 + 1) / 13 = 0,3;$

Таблица 2. Результаты обследования элементов функциональной части объекта (поликлиники) «Пути движения в здании»
Table 2. Results of examination of elements of the functional part of the facility (polyclinic) “Ways of movement in the building”

j \ i	$\bar{Д}_1$	$\bar{Д}_2$	$\bar{Д}_3$	$\bar{Д}_4$	$\bar{Д}_5$	$\bar{Д}_6$	$\bar{Д}_7$	$\bar{Д}_8$
1	1 × 0,5	0 × 0,25						
2	0 × 0,15	0 × 0,25						
3	1 × 0,15	1 × 0,35						
4	0 × 0,15	0 × 0,15						
5	0 × 0							
6								
7								
8								
9								
10								

$\eta_{Д1} = 1 \times 0,5 + 1 \times 0,15 = 0,65;$
$\eta_{Д2} = 1 \times 0,35 = 0,35;$
$\eta_{Д} = (0,65 + 0,35) / 8 = 0,125;$

Зона безопасности
$\eta_{Б} = 0.$

Таблица 3. Результаты обследования элементов функциональной части объекта (поликлиники) «Санитарно-бытовые помещения»
Table 3. Results of inspection of the functional part of the facility (polyclinic) "Sanitary and amenity facilities"

i / j	$\bar{C}_1$	$\bar{C}_2$	$\bar{C}_3$
1	0,7 × 0,25		
2	1 × 0,25		
3	0 × 0,25		
4	1 × 0,25		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

$\eta_{C1} = 0,7 \times 0,25 + 1 \times 0,25 + 1 \times 0,25 = 0,675;$
$\eta_{C2} = 0;$
$\eta_{C3} = 0;$
$\eta_C = 0,675 / 3 = 0,225;$

На рис. 4 представлена диаграмма оценки доступности МГН элементов функциональных частей поликлиники в Малоархангельске.

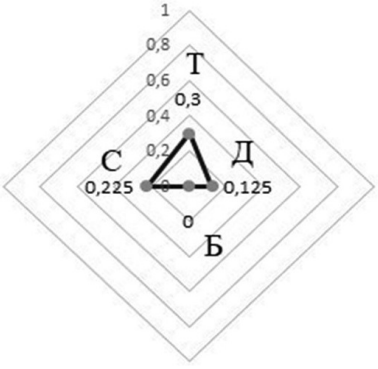


Рис. 4. Диаграмма оценки доступности МГН элементов функциональных частей поликлиники в Малоархангельске: Т – территория объекта; Д – пути движения; Б – зона безопасности; С – санитарно-бытовые помещения
Fig. 4. Diagram for assessing the availability of LMP elements of functional parts of the polyclinic in Maloarkhangelsk: T – facility territory; E – movement paths; B – safety zone; C – sanitary facilities

На основе полученных численных исследований можно сделать вывод о крайне низком показателе доступности МГН поликлиники в г. Малоархангельске. К примеру, показатель доступности путей движения объекта равен 0,125, при этом зона безопасности практически отсутствует. В целом эта проблема характерна не только для конкретного района или области, но и для каждого территориального подразделения страны [23]. Таким образом, ее необходимо решать не только на федеральном, но и на региональном уровне в комплексе с другими задачами по обеспечению комфортной и безопасной городской среды.

Вывод. Создание безопасной, комфортной и доступной городской среды для людей с ограниченными возможностями является сложной задачей, требующей комплексного системного подхода с использованием методов математического анализа и моделирования. Внедрение инклюзивного дизайна невозможно без градостроительного анализа, учитывая значимость и серьезность социальных и экономических последствий увеличения численности инвалидов и иных маломобильных граждан.

Предлагаемая систематизация нормативных требований позволит выявить проблемные места в обеспечении доступности городской инфраструктуры, количественно оценить критерии адаптированности городских объектов для людей с ограниченными возможностями, а также может служить инструментами повышения эффективности принимаемых стратегических решений в сфере градостроительной деятельности.

Разработанная методика является универсальной и может быть применена в любых областях градостроительной деятельности, а также при разработке проектов планировки территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Киселева Л.С.* Особенности современной социально-демографической ситуации в России // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 4. С. 104–111.

2. *Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Брума Е.В.* Методика расчета показателя доступности общественных зданий и сооружений маломобильным группам населения // Строительство и реконструкция. 2013. № 4(48). С. 60–68.

3. Статистика инвалидности в России [Электронный ресурс]. URL: https://psiola-center.ru/statistika-invalidnosti-v-rossii/ (дата обращения: 21.03.2024).

4. *Скрипкин П.Б., Шаманов Р.С., Михеева Н.А.* Существующие проблемы доступной среды маломобильных групп населения в России и странах мира и мероприятия по их устранению // Молодой ученый. 2014. № 20 (79). С. 217–220.

5. *Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Черняева И.В.* Количественная оценка доступности объектов инфраструктуры при реализации функций биосферосовместимого города // Строительство и реконструкция. 2017. № 2(70). С. 85–94.

6. *Брума Е.В.* Многоуровневая шкала показателей пожарной безопасности урбанизированной территории // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 3(3). С. 3–10.

7. *Курганова К.И.* Проблемы формирования доступной среды для инвалидов и маломобильных групп населения // Журнал правовых и экономических исследований. 2023. № 1. С. 230–235.

8. *Mueller J. L.* Case Studies on Universal Design: A Collection of Studies which Describe Universal Design Solutions and Demonstrate Successful Introductions of Universal Design in the Marketplace // NC State University, School of Design, Center for Universal Design. 1997

9. *Lacey A.* Designing for Accessibility // RIBA. London. 2004. 70 p.

10. *Singhal M.* Barrier Free Built Environment for the Disabled // Journal of Indian Institute of Architects. 2005. V. 70. I. 10. P. 29–30.

11. *Брума Е.В.* Технологии обеспечения экологически безопасной и доступной среды биосферно-совместимого города для маломобильных групп населения: автореф. дис. …канд. техн. наук: 05.23.19. Орел, 2014. 20 с.

12. *Schaake C., Mace R., Pace R.* Residential Remodeling and Universal Design: Making Homes More Comfortable and Accessible // DIANE Publishing. 1996. 122 p.

13. *Бакаева Н.В., Черняева И.В.* Функции биосферосовместимого города и их доступность человеку // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 3(15). С. 64–73.

14. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. М., 2020. 83 с.

15. *Ильичев В.А.* Биосферная совместимость – принцип, позволяющий построить парадигму жизни в гармонии с планетой земля // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 1 (1). С. 4–5.

16. *Ильичев В.А.* Биосферная совместимость природы и человека – путь к системному решению глобальных проблем // Стратегические приоритеты. 2014. № 1 (1). С. 42–58.

17. *Ильичев В.А.* Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека. М : ЛИБРОКОМ. 2011. 240 с.

18. *Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В.* Реконструкция урбанизированных территорий на принципах симбиоза градостроительных систем и их природного окружения // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 4–11.

19. *Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А.* Методика прогнозирования показателей биосферосовместимости урбанизированных территорий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. № 2. С. 52–57.

20. *Ильичев В.А. Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В., Кормина А.А.* Модель демографического прироста населения региона // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 3 (35). С. 3–13.

21. *Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В.* Вопросы комфортности и безопасности городской среды и их решение в рамках законодательных и нормативных документов // Строительство и реконструкция. 2021. № 2(94). С. 74–85.

22. *Пилипенко О.В., Брума Е.В., Скобелева Е.А.* Результаты численных исследований доступности общественных зданий и сооружений маломобильным группам населения (на примере Орловской области) // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. № 4. С. 37–44.

23. *Гордон В.А., Бакаева Н.В., Черняева И.В.* Количественная оценка доступности зданий и сооружений маломобильным группам населения // Доступная среда – маршрут для каждого: сборник трудов Всероссийского научно-практического форума. Тула: Тульский государственный университет, 2023. С. 8–15.

REFERENCES

1. Kiselyova L.S. Features of the current socio-demographic situation in Russia. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tyumen State University], 2018, no 4, pp. 104–111. (in Russian)

2. Kolchunov V.I., Skobeleva E.A., Bruma E.V. The methodology for calculating the indicator of accessibility of public buildings and structures to low-mobility groups of the population. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Construction and reconstruction], 2013, no 4(48), pp. 60–68. (in Russian)

3. Disability statistics in Russia. Available at: https://psiola-center.ru/statistika-invalidnosti-v-rossii/ (accessed 21 March 2024).

4. Skripkin P.B., Shamanov R.S., Mikheeva N.A. Existing problems of the accessible environment of low-mobility groups of the population in Russia and countries of the world and measures to eliminate them. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 2014, no 20(79), pp. 217–220. (in Russian)

5. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. Quantitative assessment of the accessibility of infrastructure facilities in the implementation of the functions of a biosphere-compatible city. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Construction and reconstruction], 2017, no 2(70), pp. 85–94. (in Russian)

6. Bruma E. V. Multilevel scale of fire safety indicators of an urbanized territory. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: man, region, technologies], 2013, no 3(3), pp. 3–10. (in Russian)

7. Kurganova K.I. Problems of formation of an accessible environment for the disabled and low-mobility groups of the population. *Zhurnal pravovyh i ekonomicheskih issledovanij* [Journal of Legal and Economic research], 2023, no 1, pp. 230–235. (in Russian)

8. Mueller J. L. Case Studies on Universal Design: A Collection of Studies which Describe Universal Design Solutions and Demonstrate Successful Introductions of Universal Design in the Marketplace. NC State University, School of Design, Center for Universal Design. 1997

9. Lacey A. Designing for Accessibility. RIBA. London. 2004. 70 p.

10. Singhal M. Barrier Free Built Environment for the Disabled. Journal of Indian Institute of Architects. Vol 70. Issue 10. 2005. pp. 29–30.

11. Bruma E.V. Technologies for ensuring an environmentally safe and accessible environment of a biosphere-compatible city for low-mobility groups of the population: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences: 05.23.19 / Bruma Ekaterina Vladimirovna. Orel, 2014, 20 p.

12. Schaake C., Mace R., Pace R. Residential Remodeling and Universal Design: Making Homes More Comfortable and Accessible. DIANE Publishing. 1996. 122 p.

13. Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. Functions of a biosphere-compatible city and their accessibility to humans. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: man, region, technologies], 2016, no 3(15), pp. 64–73. (in Russian)

14. Code of rules 59.13330.2020 "Accessibility of buildings and structures for low-mobility groups of the population". Moscow, 2020. 83 p.

15. Ilyichev V.A. Biospheric compatibility is a principle that allows you to build a paradigm of life in harmony with the planet earth. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: person, region, technology], 2013, no (1), pp. 4–5. (in Russian)

16. Ilyichev V.A. Biospheric compatibility of 'nature and man – the way' to the systemic solution of global problems. *Strategicheskie prioritety* [Strategic priorities], 2014, no (1), pp. 42–58. (in Russian)

17. Ilyichev V.A. *Biosfernaya sovmestimost': Tekhnologii vnedreniya innovacij. Goroda, razvivayushchie cheloveka* [Biosphere compatibility: Technologies of innovation implementation. Cities that develop people]. Moscow, LIBROKOM, 2011. 240 p.

18. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Reconstruction of urbanized territories based on the principles of symbiosis of urban planning systems and their natural environment. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2018, no 3, pp. 4–11. (in Russian)

19. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A. Methodology of forecasting indicators of biospheric compatibility of urbanized territories. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij* [Earthquake-resistant construction. Safety of structures], 2010, no 2, pp. 52–57. (in Russian)

20. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Bakaeva N.V., Kormina A.A. The model of demographic growth of the region's population. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: person, region, technology], 2021, no 3 (35), pp. 3–13. (in Russian)

21. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Issues of comfort and safety of the urban environment and their solution within the framework of legislative and regulatory documents. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Construction and reconstruction], 2021, no 2(94), pp. 74–85. (in Russian)

22. Pilipenko O.V., Bruma E.V., Skobeleva E.A. Results of numerical studies of accessibility of public buildings and structures to low-mobility groups of the population (on the example of the Orel region). *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* [News of the Southwestern State University], 2014, no. 4, pp. 37–44. (in Russian)

23. Gordon V.A., Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. Quantitative assessment of accessibility of buildings and structures to low-mobility groups of the population. *Sbornik trudov Vserossijskogo nauchno-prakticheskogo foruma «Dostupnaya sreda – marshrut dlya kazhdogo»* [Proceedings of the All–Russian scientific and practical Forum "Accessible environment – a route for everyone"]. Tula, Tula State University, 2023, pp. 8–15. (in Russian)

Об авторах:

БАКАЕВА Наталья Владимировна
профессор кафедры градостроительства
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, главный научный сотрудник
Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: natbak@mail.ru

BAKAEVA Natalya V.
Doctor of Engineering Science, Professor of the Urban Planning Chair
Professor, Advisor to RAASN, Chief Scientist
Moscow State University of Civil Engineering
Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye av, 26,
tel. (495)287-49-14
E-mail: natbak@mail.ru

ГОРДОН Владимир Александрович
профессор кафедры технической физики и математики
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, главный научный сотрудник
Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 40
E-mail: gordon@ostu.ru

GORDON Vladimir Al.
Doctor of Engineering Science, Professor of the Technical Physics
and mathematics Chair, Professor, Advisor to RAASN, Chief Scientist
I.S. Turgenev Oryol State University
Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
302020, Russia, Orel, Naugorskoe h., 40,
tel. (4862)41-98-48
E-mail: gordon@ostu.ru

ЧЕРНЯЕВА Ирина Викторовна
доцент кафедры проектирования городской среды
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник
Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77
E-mail: schunya87@yandex.ru

CHERNYAEVA Irina V.
PhD in Engineering Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Urban Environment Design Chair
Chief Scientist
I.S. Turgenev Oryol State University
Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
302030, Russia, Orel, Moscow st., 77
E-mail: schunya87@yandex.ru

Для цитирования: *Бакаева Н.В., Гордон В.А., Черняева И.В.* Методика оценки доступности зданий и сооружений маломобильным группам населения // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 157–166. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.20.
For citation: Bakaeva N.V., Gordon V.A., Chernyaeva I.V. Methodology for assessing the accessibility of buildings and structures to low-mobility groups of the population. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 157–166. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.20.

УДК 711; 332.13 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.21

М. В. СИМОНОВА
В. А. ЕЛИН

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

CLUSTER APPROACH IN THE DESIGN OF SPATIAL DEVELOPMENT OF THE REGION

Представлено обоснование кластерного подхода в формировании политики пространственного развития территории на примере Самарской области. Определены преимущества кластерного подхода для проектирования пространственного развития Самарской области. Обоснована роль строительного кластера в пространственном развитии региона, названы основные преимущества и проблемы в развитии строительного кластера. Одной из значимых проблем выделен кадровый дефицит в строительной отрасли, для решения которой предложено использовать кластерный подход в пространственном развитии Самарской области и формирование региональной политики развития кадрового потенциала в строительной отрасли, способствующей удержанию и привлечению в регион трудовых ресурсов.

Ключевые слова: *пространственное развитие региона, кластерный подход, ключевые кластеры региона, строительный кластер, трудовой потенциал*

The rationale for the cluster approach in the formation of a policy for spatial development of a territory is presented using the example of the Samara region. The advantages of the cluster approach for designing the spatial development of the Samara region are determined. The role of the construction cluster in the spatial development of the region is substantiated, the main advantages and problems in the development of the construction cluster are named. One of the significant problems identified is the personnel shortage in the construction industry, to solve which it is proposed to use a cluster approach in the spatial development of the Samara region and the formation of a regional policy for the development of human resources in the construction industry, which will help retain and attract labor resources to the region.

Keywords: *spatial development of the region, cluster approach, key clusters of the region, construction cluster, labor potential*

Пространственное развитие территории определяется совокупностью факторов, характеризующих состояние экономики региона, а также территориальным распределением и концентрацией ресурсов в определенных географических точках [1]. Расселение по территории региона связано с возможностями проживания и приложения труда, привлечения рабочей силы, что определяется созданием рабочих мест [2]. Условия расселения, возможность трудоустройства и получения специальности, величина заработной платы, другие социально-экономические параметры, культурно-исторические традиции и многое другое характеризуют потенциал развития человеческих ресурсов на конкретной территории и формируются основными видами деятельности, характерными для этой местности [3]. Структура отраслевых кластеров в регионе должна быть направлена на опережающее развитие в зависимости от местной отраслевой специализации [4]. На основе анализа стратегий развития приоритетных кластеров региона может быть сформирован перспективный опорный каркас расселения территории, что определяет актуальность кластерного подхода при проектировании пространственного развития [5].

В число наиболее востребованных и стабильно развивающихся видов деятельности входит строительство, являющееся одновременно и самостоятельной отраслью, и компонентом всех значимых кластеров. Занятость в строительстве – существенный индикатор социально-экономического развития, во многом влияющий на пространственное развитие региона. Строительная отрасль является одним из локомотивов развития экономики, мультиплицирующей потребности в рабочей силе в смежные и эксплуатирующие отрасли [6]. Значимые инфраструктурные, промышленные проекты, реализуемые в последние годы в разных регионах России от Дальнего Востока, Севера и Арктики до новых территорий, создают новые рабочие места как в самой отрасли строительства, так и в промышленности, транспорте, других видах деятельности, в эксплуатации построенных объектов, способствуют развитию жилищного строительства. Анализ возможно-

CC BY

стей пространственного развития территории с точки зрения распределения, концентрации и занятости трудовых ресурсов по отраслевому признаку представляет научный интерес для определения тенденций развития человеческого потенциала в целом в регионе и в отдельных приоритетных отраслях, в том числе в строительстве, что определяет актуальность проводимого исследования. **Целью** исследования является обоснование кластерного подхода в пространственном развитии территории и определение влияния развития строительного кластера на примере Самарской области. Поставленные цели должны быть достигнуты за счет решения следующих основных задач:

- Обоснование модели пространственного развития Самарской области.
- Выделение конкурентных преимуществ существующей и перспективной пространственной организации территории.
- Обоснование роли строительной отрасли в пространственном развитии региона.
- Определение необходимости развития трудового потенциала строительной отрасли региона.

В пространственном отношении расселение населения региона обладает достаточно высокой неоднородностью, характеризующей каркас расселения по территории Самарской области [7]. Каркас расселения формируется транспортно-логистическим кластером региона и размещением опорных точек каркаса в зонах интенсивного градостроительного освоения, обеспечивая связность населенных пунктов между собой и соседними территориями. Зоны промышленного освоения сочетаются с развитием жилой застройки, притягивая население наличием рабочих мест и стимулируя спрос на жилье, т. е. происходит комплексная застройка территории. Территория Самарской области относится к достаточно освоенным зонам расселения, однако концентрация людности в одной агломерационной зоне создает диспропорцию расселения в периферийных от агломерации зонах. К линейному каркасу расселения Самарской области можно отнести следующие элементы: автомобильные и железные дороги, речная сеть Волги и ее притоков, трубопроводный транспорт. Воздушный транспорт формирует специфичный точечный каркас расселения, который нельзя отнести к линейному, но связанный с линейным каркасом. Перспективное планирование в Самарской области нового городского поселения Аэросити в районе аэропорта Курумоч связывает точки роста аэрокосмического кластера с линейным каркасом региона.

Пространственное развитие Самарской области отличается существенными различиями в плотности населения по муниципальным районам. Структура расселения региона концентрируется вокруг Самарско-Тольяттинской агломерации (СТА), которая является не только географическим центром региона, но и экономическим, транспортным, промышленным центром, в котором концентрируются человеческие, финансовые и промышленные ресурсы [8]. Выделим 4 основные системы расселения по территории региона: 1) освоенные промышленные территории, 2) территории нового фронтира, 3) слабоосвоенные территории, относящиеся в основном к природным заповедникам, особо охраняемым территориям, 4) периферийные слабозаселенные территории. Влияние нового фронтира и освоенных промышленных территорий на периферийные территории ослабевает по мере удаления от Самарско-Тольяттинской агломерации, что способствует увеличению разрыва в социально-экономическом развитии между высокоурбанизированными территориями СТА и удаленными муниципалитетами. Строительство транспортной и ограниченно инженерной инфраструктуры, которое ведется очаговыми элементами, явно недостаточно для развития периферийных территорий. Следовательно, приоритетными задачами пространственного развития Самарской области следует считать включение районных центров, находящихся на линиях опорного каркаса развития региона, в новый фронтир регионального значения за счет развития ключевых кластеров на территориях нового фронтира. Строительный кластер играет значимую роль в развитии каждого вида деятельности, что определяет актуальность проводимого исследования.

Специфика расселения в Самарской области сформировала концентрическую структуру по плотности населения, которая расходится от агломерации условными кругами с постепенным снижением численности в зависимости от расстояния к границам региона, что отражено в региональной Стратегии социально-экономического развития до 2030 г. (рис. 1).

На представленной схеме расселения видно, что СТА и основные транспортные магистрали региона сформировали достаточно четкий расселенческий каркас, в котором наибольшая плотность населения концентрируется в агломерацию и сосредоточивается вдоль дорог, соединяющих центр региона с муниципалитетами и вдоль федеральных трасс, ведущих в соседние регионы [9]. Такая структура расселения определила периферийность не только по расстоянию от СТА, но и по плотности населения и приоритетам экономической деятельности, на которую в большой степени влияет связность

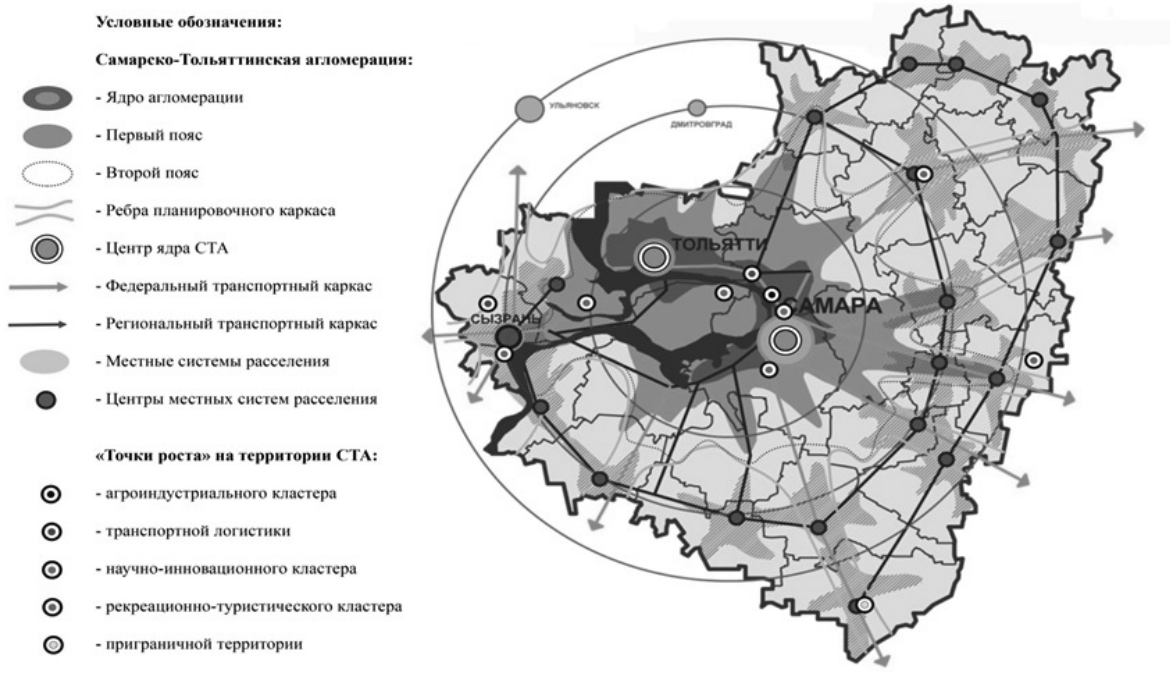


Рис. 1. Схема расселения по территории Самарской области
https://economy.samregion.ru/programmy/strategy_programm/proekt_strateg/obnovlennaya-strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-samarskoy-oblasti-na-period-do-2030-goda/
Fig. 1. Settlement scheme in the Samara region
https://economy.samregion.ru/programmy/strategy_programm/proekt_strateg/obnovlennaya-strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-samarskoy-oblasti-na-period-do-2030-goda/

территории транспортными системами, наличие элементов ключевых кластеров региона, природно-историческая специфика [10]. Конкурентными преимуществами пространственного расположения Самарской области является географическое и природно-климатическое расположение региона, позволившее сформировать транспортный каркас, соединяющий регионы России и дальнего зарубежья для обеспечения транзитных грузовых потоков в направлении север-юг и восток-запад.

В этой ситуации строительная отрасль в регионе развивается в соответствии с направлениями экономического развития СТА и муниципальных образований. Приоритет развития СТА соответствует государственной политике регионального развития Российской Федерации и способствует укреплению пространственного развития агломерации, но не дает стимулов к развитию всей территории области, закрепляя периферийный тип большей части региона. Необходим поиск новых точек пространственного роста путем качественного развития планировочного каркаса через планирование инфраструктурных объектов в муниципальных районах Самарской области в соответствии с ресурсной, транспортной и трудовой спецификой района размещения. Изменение планировочных приоритетов развития задаст новые тренды развития отдаленных районов области [11], создаст условия для привлечения инвестиций в развитие местных производств, закрепления населения и привлечения трудовых мигрантов из других регионов, в том числе и соседних к Самарской области. Кластерный подход к пространственному развитию региона будет способствовать формированию новых фронтиров развития территорий, транспортно-логистической инфраструктуры, жилищного и промышленного строительства [12].

Создание перспективной модели пространственного развития Самарской области должно строиться на концепции сбалансированного развития всех территорий региона, используя существующий транспортно-логистический каркас не только внутри Самарской области, но и внешние транспортные артерии, идущие через транзитные населенные пункты региона в другие регионы России и иностранные государства в нескольких приоритетных направлениях, таких как север-юг, восток-запад. Запуск в 2024 г. части транспортного коридора «Европа-Западный Китай», проходящего через Самарскую область, будет способствовать повы-

шению инвестиционного потенциала региона для создания новых производств и привлечения рабочей силы. Развитие существующего и создание нового транспортного каркаса региона необходимо согласовывать на принципах сбалансированного пространственного развития инфраструктурных объектов, градостроительного освоения и природно-экологического каркаса территории, постепенно развивая новые точки роста на периферии Самарской области.

Параметры пространственного развития Самарской области отражены в Схеме территориального планирования, в которую в 2023 г. были внесены изменения и дополнения. Комплексное сочетание моделей пространственного развития, таких как функциональная, каркасная и кластерная, позволит реализовать утвержденную схему в качественном выражении путем развития планировочного каркаса, узлов и «коридоров развития» для расширения основных зон социально-экономического развития региона [13]. Необходимо зонирование территорий Самарской области по степени интенсивности освоения и перспективного преобразования для создания благоприятной среды и сочетания возможностей промышленного, культурно-исторического, социально-экономического и природного потенциала местности. В Самарской области можно выделить следующие зоны градостроительного освоения: концентрированного интенсивного освоения, экстенсивного территориального освоения и ограниченного освоения (табл. 1).

В соответствии культурно-историческими условиями Самарской области с направлениями развития региона сформировались «точки роста», связанные в основном с историческими поселениями, транспортными связями, промышленным освоением, агропромышленным комплексом, добычей полезных ископаемых и в последние годы туризмом. Наиболее значимым для развития региона является наличие промышленного и транспортного потенциала, что является конкурентным преимуществом региона и формирует векторы его развития, т. е. приоритет в разработке модели пространственного развития Самарской области следует отдать именно кластерному подходу как определяющему и доминирующему над другими подходами. Сложившаяся структура экономики Самарской области и ее географическое положение оказывают влияние на перспективы пространственного развития, в котором кластерный подход может служить опорным элементом для выравнивания сложившихся пространственных диспропорций региона.

Формирование и развитие отраслевых кластеров региона сопряжено с функционированием строительной отрасли, по отношению к которой необходимо применять кластерный подход, позволяющий объединить в единую систему разнородные составные элементы отрасли, такие как строительство, промышленность строительных материалов и научно-образовательный комплекс.

Таблица 1. Зонирование территории Самарской области*
Table 1. Zoning of the territory of the Samara region *

Наименование	Описание
Зоны концентрированного интенсивного освоения	Зоны плотной хозяйственной и градостроительной застройки, приводящей к максимальным изменениям в природной среде. Зоны концентрированного интенсивного освоения на территории Самарской области сосредоточены вокруг Самарско-Тольяттинской агломерации, а также вдоль федеральных трасс в другие регионы, реки Волги, железной дороги
Зоны экстенсивного территориального освоения	Зоны с удаленными друг от друга хозяйственными, промышленными, жилыми постройками; преобразование окружающей среды ограниченно. В Самарской области такие зоны занимают всю остальную часть территории, кроме СТА
Зоны ограниченного освоения	Зоны минимального градостроительного освоения, природно-охранные зоны, в которых хозяйственное освоение или запрещено, или ограниченно. В Самарской области это «Жигулевский государственный природный заповедник им. И.И. Спрыгина», Государственные национальные парки «Самарская лука», «Бузулукский бор», Средне-Волжский комплексный биосферный резерват, Особо охраняемые природные территории в 27 районах и трех городах области

*Разработано авторами

Преимущества кластерного подхода в пространственном развитии Самарской области следующие:

- Включенность всех основных кластеров региона в пространственное развитие.
- Постепенное освоение нового фронтира развития ключевых кластеров региона от Самарско-Тольяттинской агломерации к периферийным районам области.
- Высокий потенциал строительной отрасли региона и уровень ее участия в ключевых кластерах.
- Развитый транспортно-логистический кластер с высоким транзитным потенциалом в различных направлениях: север-юг и восток-запад, формирующий опорный каркас региона.
- Наличие четырех крупных промышленных кластеров: автомобилестроение, аэрокосмическая промышленность, машиностроение и металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность, расположенных по основным направлениям опорного каркаса области.
- Возможность развития комфортного малоэтажного строительства в районных центрах в увязке с программой развития комфортной городской среды, благоустройства при целевом развитии кластеров в зонах нового фронтира.
- Развитое сельское хозяйство с высоким потенциалом для глубокой переработки и хранения продукции на местах.
- Наличие в регионе системы образования всех уровней, соответствующей ключевым кластерам региона.
- Сохранение и развитие человеческого и трудового потенциала в периферийных районах области за счет перераспределения промышленной нагрузки в зоне СТА, в которой наблюдается инфраструктурная перегруженность всех видов сетей.

Преимуществом строительного кластера региона являются сформировавшиеся производственные традиции, опыт возведения сложных зданий и сооружений, наличие собственной ресурсной и технологической базы, отраслевых научных школ и производственных династий. Необходимо отметить и ряд проблемных позиций, сдерживающих развитие строительства в регионе, к которым необходимо отнести возрастающую нехватку квалифицированных кадров, имеющую нарастающий характер.

Комплексное развитие как городских, так и сельских территорий Самарской области может происходить за счет создания комфортной городской среды и сбалансированного промышленного и социально-культурного развития [14]. Вклад строительства в региональную экономику можно оценить по доле в валовом региональном продукте на примере Приволжского федерального округа (табл. 2), который колеблется в диапазоне от 3,5 до 10,5 % в разных регионах и в разные годы и показывает динамику интенсивности развития территории.

В 2018–2019 гг. можно отметить повсеместный спад доли строительства в экономике всего Приволжского федерального округа, которая к 2021 г. не восстановилась в большинстве регионов и только в Самарской области к 2021 г. вернулась к значениям 2016 г. Такая доля валового регионального продукта в части строительства является характерной и колеблется ситуативно, отражая динамику развития региона, так как рост строительства характеризует совокупную динамику развития всех сфер экономики территории, в том числе и строительство жилья. За период январь-октябрь 2023 г. по виду деятельности «Строительство» в Самарской области был выполнен объем работ на сумму 218684,2 млн. руб., что на 6 % меньше, чем в этом же периоде предшествующего года. Ситуация в конце года и в среднем за год может измениться в сторону увеличения объемов, так как помесячная ситуация в среднем может перекрыть или выйти на такой же результат объемов работ, как и в предшествующем 2022 г., в котором выполненный объем работ составил 100,3 % по отношению к 2021 г. В общем объеме выполненных работ в строительстве региона в 2023 г. значительную долю в 66,2 % занимают инженерные сооружения, на втором месте по доле в объемах работ в 21,1 % идет строительство жилых и нежилых зданий, специализированные работы в строительстве занимают 12 %. Приведенная структура выполнения работ в строительстве показывает значимость этого вида деятельности для других кластеров региона, особенно в создание инженерной инфраструктуры как основы пространственного развития.

В соответствии с темпами роста экономики в регионе происходит и распределение занятого населения по отраслям, в том числе занятого в строительной отрасли. Доля занятых в строительстве в 2022 г. составляет 9,2 % от всего занятого населения Российской Федерации. С 2017 г. происходит небольшой стабильный рост занятости в строительстве примерно на 1–1,5 % в год, что характеризует развитие строительной отрасли в целом по стране, однако в регионах эта тенденция может существенно отличаться.

Сокращение численности занятых в строительстве происходит на фоне роста объемов строительства и роста заработной платы, что можно отметить по всему Приволжскому федеральному округу, в котором Самарская область по этим показателям занимает четвертое место (рис. 2).

Таблица 2. Доля вида экономической деятельности «Строительство» в региональной валовой добавленной стоимости в основных ценах по Приволжскому федеральному округу (в процентах к итогу)*
Table 2. Share of the economic activity "Construction" in the regional gross value added in basic prices in the Volga Federal District (as a percentage of the total) *

Регион	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Темпы роста/снижения 2021/2016 гг., %
Приволжский федеральный округ	6,6	6,2	5,6	5,7	5,5	5,1	77,27
Республика Башкортостан	8,6	6,8	5,6	6,5	7,7	7	81,40
Республика Марий Эл	5,5	3,5	3,6	3,5	4,5	5,1	92,73
Республика Мордовия	9,9	10,5	6,7	6,8	5,1	4,4	44,44
Республика Татарстан	9,3	8,7	7,8	7,3	6,6	6,1	65,59
Удмуртская Республика	5,1	4,1	4,4	4,6	4,7	3,8	74,51
Чувашская Республика	6,3	5,4	5,9	5,8	5,1	5,4	85,71
Пермский край	4,5	4,4	4,2	4,2	4,5	3,9	86,67
Кировская область	4,4	3,8	4	4	3,5	3,2	72,73
Нижегородская область	5,3	5,1	4,5	4,4	4,4	4,5	84,91
Оренбургская область	6,9	6,7	6,4	5,9	5,3	4,3	62,32
Пензенская область	6,6	6,6	6,9	6,6	5,9	5,2	78,79
Самарская область	5,1	5,2	3,9	4,5	4,9	5,1	100,00
Саратовская область	5,9	5,4	5,5	6,6	5,2	4,2	71,19
Ульяновская область	5,6	6,4	6,9	5,5	4,4	4,4	78,57

*Рассчитано авторами по данным Росстат: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Р32 Стат. сб. / Росстат. М., 2022. 122 с.

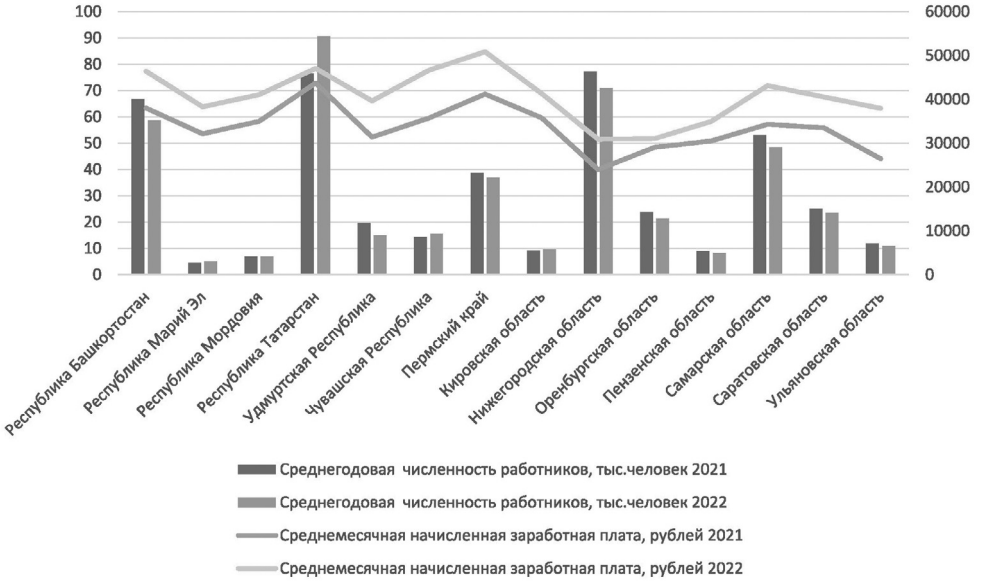


Рис. 2. Динамика роста среднегодовой численности и номинальной начисленной заработной платы в строительстве в Приволжском федеральном округе в 2021 и 2022 гг. Составлено авторами по оперативным данным Росстат https://rosstat.gov.ru/folder/14458
Fig. 2. Dynamics of growth in the average annual number and nominal accrued wages in construction in the Volga Federal District in 2021 and 2022. Compiled by the authors according to operational data from Rosstat https://rosstat.gov.ru/folder/14458

Можно отметить снижение количества занятых в строительстве по большинству регионов Приволжского федерального округа. Наибольший рост численности в строительных организациях отмечается в Республике Татарстан на 18,6 %, а наибольший рост заработной платы на 43,4 % в Ульяновской области. Рост заработной платы произошел по всему федеральному округу в среднем на 20,1 % при снижении средней численности на 3,5 %. Рост заработной платы в строительных организациях Самарской области на 25,7 % превышает средний показатель по округу и находится на пятом месте в округе. Уверенный рост строительной отрасли как в Приволжском федеральном округе, так и в целом по стране отражает подъем экономики в 2023 г. за счет роста инвестиций в инфраструктурные и социально-культурные объекты.

В Самарской области в последние годы наблюдается снижение занятости в строительстве, при этом происходит рост объемов строительства, что дает рост производительности труда (табл. 3).

Незначительное снижение численности занятых происходит в целом в экономике Самарской области, при этом снижение количества занятых во виду деятельности «Строительство» происходит более высокими темпами при одновременном росте как стоимостных, так и натуральных показателей производительности труда. Рост производительности труда в строительстве может быть обусловлен как объективными факторами, например более высокой

Таблица 3. Расчет динамики занятых в строительстве по среднегодовой численности, объема работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» в Самарской области и производительности труда в строительстве*
Table 3. Calculation of the dynamics of employees in construction by the average annual number, the volume of work performed by the type of activity “Construction” in the Samara region and labor productivity in construction *

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Январь-октябрь 2023	Темп роста 2021/ 2017
Занятых всего в экономике, тыс. чел.	1656,8	1652,9	1618,5	1597,4	1620,9	1619,8	1649,7	97,83 %
Занятых по виду деятельности «Строительство»	139700	133300	125200	123600	130700	-	-	93,56 %
Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн. руб. (в фактически действовавших ценах)	191782,1	159193,6	163261	168286,7	254058,2	283282,2	218684,2	132,40 %
Производительность труда стоимостная, %	137,28	119,43	130,40	136,15	194,28	-	-	141,52 %
Ввод в действие жилых домов, тыс. м^2 общей площади жилых помещений	1787,7	1782,2	1841	1400,9	1802,7	1881,3	1459	100,84 %
Производительность труда натуральная, %	127,97	133,70	147,04	113,34	137,93	-	-	107,78 %
Занятых всего в экономике, %	100	100	100	100	100	100	100	-
Занятых по виду деятельности «Строительство», %	8,4	8,1	7,7	7,7	8,1	-	-	-

*Рассчитано авторами по оперативным данным Самарастат https://63.rosstat.gov.ru/construction и данным Самарского статистического ежегодника

технологичностью возводимых зданий и сооружений, повышением технической оснащенности трудового процесса на стройплощадках, так и возможным ростом теневой занятости, при наличии которой не представляется возможным оценить реальную производительность труда. Тем не менее необходимо отметить рост реальных объемов строительства в регионе за последние 10 лет (рис. 3).

Можно отметить, что количество хозяйствующих субъектов в сфере строительства в Самарской области находится на втором месте в регионе после количества организаций в сфере торговли и ремонта автотранспортных средств и составило в октябре 2023 г. 9250 организаций (демография организаций в Самарской области за январь-сентябрь 2023 г. Самарастат, оперативная информация https://63.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Статрегистр %20инфографика %20 октябрь %202023.pdf). При этом ввод в действие жилых домов вернулся практически на допандемийный уровень в целом по региону, однако необходимо отметить сокращение темпов строительства жилья, в 2023 г. наблюдается сокращение введенных в действие площадей жилых помещений за январь-октябрь 2023 г. по сравнению с соответствующим периодом 2022 г. на 11,3 % в сельской местности и на 3,9 % в городской местности (оперативная информация Самарастат: Ввод в действие жилых домов в Самарской области https://63.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ввод %20в %20действие %20жилых %20домов(89).pdf), что показывает приоритетность выбора места проживания населением региона. Во многом ситуация в строительстве определяется региональной политикой, которая формирует предпринимательскую среду и деловую активность. По оценкам руководителей строительных организаций Самарской области в 2023 г. лишь 5 % опрошенных организаций отметили ситуацию в строительстве как благоприятную, большинство руководителей дали удовлетворительную оценку и 10 % руководителей оценили обстановку как негативную (оперативная информация Росстат: О деловой активности в строительстве https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Del-aktiv_4kv-2023.pdf). Эти достаточно пессимистичные оценки должны определять вектор необходимых изменений в региональной политике в области строительства в направлении стимулирования предпринимательской активности.

В настоящее время наблюдается нехватка трудовых ресурсов во многих регионах России, особенно в промышленно развитых и имеющих тенденцию к росту. Уровень безработицы в целом по России в 2023 г. находится на рекордно низком уровне и составляет 3,9 %, что на треть меньше, чем в 2017 г. Данные по регионам различаются в зависимости от состояния экономики, географического положения и традиционных видов деятельности. Изменение приоритетов при выборе профессии среди населения имеет устойчивые тенденции, трудно корректируется, не подвержено быстрым перепадам и не всегда поддается быстрой коррекции.

Современная ситуация на рынке труда региона носит трудодефицитный характер и определяется ростом количества вакансий при одновременном снижении количества предложений соискателей (рис. 4).

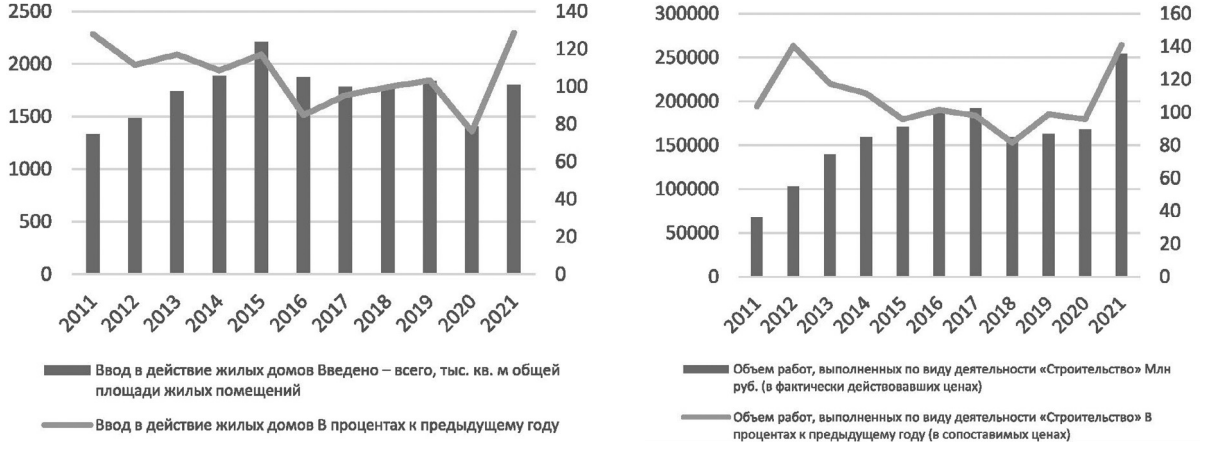


Рис. 3. Ввод в действие жилых домов и объем выполненных работ по виду деятельности «Строительство» в Самарской области. Составлено авторами по данным Самарского статистического ежегодника https://63.rosstat.gov.ru/construction

Fig. 3. Commissioning of residential buildings and the volume of work performed by the type of activity "Construction" in the Samara region. Compiled by the authors according to the Samara Statistical Yearbook https://63.rosstat.gov.ru/construction

Рис. 4. Соотношение потребностей работодателей в рабочей силе и предложений на рынке труда Самарской области в 2021 и 2022 гг. Составлено авторами по данным Самарастат https://63.rosstat.gov.ru/employment

Fig. 4. The ratio of employers' labor needs and offers in the labor market of the Samara region in 2021 and 2022. Compiled by the authors according to Samarastat https://63.rosstat.gov.ru/employment

В 2023 г. наблюдается резкий рост потребностей работодателей в работниках, который не отмечался в 2022 г., что характеризует развитие экономики Самарской области, однако в основном рост занятости наблюдается именно в пределах СТА и в основном за счет привлечения населения из периферийных районов Самарской области. Происходит отток населения из муниципальных районов региона в зону агломерации, увеличивая концентрацию населения в пределах СТА и потребность в рабочей силе на предприятиях вне СТА. Интенсификация градостроительного освоения новых точек роста, расширяющих зону СТА, с приоритетами на инфраструктурные объекты будет способствовать пространственному развитию региона.

Выводы. Анализ пространственного развития Самарской области проведен с использованием данных территориального планирования, стратегии развития Самарской области, данных Росстат, Самарастат и позволил выявить существующие диспропорции в пространственном развитии. Для анализа использована концепция опорного каркаса расселения, в котором выделены линейные элементы опорного каркаса, точки роста, регулирующие функционирование системы расселения в Самарской области. На основании проведенного анализа определены 4 основные системы расселения по территории региона: освоенные промышленные территории, территории нового фронтира, слабоосвоенные территории, периферийные слабозелененные территории. Выявлен значительный разрыв в освоении территорий региона, который усиливается по мере удаления от Самарско-Тольяттинской агломерации. Разрыв проявляется в снижении плотности населения по мере удаления от СТА. Определены конкурентные преимущества пространственного расположения Самарской области, а именно географическое и природно-климатическое расположение региона, позволившее сформировать транспортный каркас, соединяющий регионы России и дальнего зарубежья для обеспечения транзитных грузовых потоков в направлении север-юг и восток-запад. Сформирована приоритетная задача пространственного развития Самарской области, состоящая во включении районных центров, находящихся на линиях опорного каркаса развития региона, в новый фронтир регионального значения за счет развития ключевых кластеров на территориях нового фронтира. Определена роль строительного кластера в развитии основных видов деятельности региона как значимая и влияющая на развитие всех основных кластеров региона. Выполнено зонирование террито-

рии Самарской области на зоны интенсивного использования, экстенсивного использования и ограниченного градостроительного освоения.

Выделены наиболее значимые для пространственного развития региона направления, связанные с промышленным и транспортным потенциалом, что является конкурентным преимуществом Самарской области и обоснованием приоритетности кластерного подхода в определении перспектив пространственного развития. В кластерном подходе к пространственному развитию региона обоснована роль строительного кластера. Выполнен анализ региональной доли строительной отрасли в формировании валового регионального продукта в Приволжском федеральном округе, который находится в диапазоне от 3,2 до 10,5 %, что составляет значимую часть вклада строительной отрасли в формирование региональной добавленной стоимости. Показана значительная доля количества занятых в сфере строительства в России до 9,2 % и рост производительности труда в строительстве на примере Самарской области как в стоимостном, так и в натуральном выражении. Выделены проблемные направления развития строительной отрасли в Самарской области, такие как отсутствие благоприятной обстановки в деловой активности и нарастающий кадровый дефицит как рабочих, так и квалифицированных кадров. Проблемная ситуация на рынке труда Самарской области подтверждается динамикой спроса и предложения в 2022 и 2023 гг., показывающая рост предложения вакансий и снижение количества предложений рабочей силы. Сформулированы преимущества кластерного подхода в определении направлений пространственного развития Самарской области, которые заключаются в наличии и потенциале ключевых кластеров региона в привязке к опорному каркасу региона и возможностям фронтирного освоения периферийных зон.

Необходимо формирование региональной политики, направленной на развитие кадрового потенциала в строительной отрасли. Использование кластерного подхода в пространственном развитии региона, целевое освоение новых фронтиров в сторону периферийных зон области способствует привлечению в Самарскую область трудовых ресурсов, создает конкурентную среду между специалистами и, как следствие, способствует развитию трудового потенциала региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kugan S.F.* Spatial development of territories in the context of economic development of the region // Corporate Governance and innovative economic development of the North: Bulletin of Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University. 2020. N. 1. P. 95–100. DOI: 10.34130/2070-4992-2020-1-95-100.

2. *Черновская Л.И., Ерохин Г.П.* Преодоление пространственного дисбаланса современной системы расселения Российской Федерации (потенциал Новосибирска) // Творчество и современность. 2019. № 3-4(11). С. 87–99.

3. *Козлова О.А., Ситковский А.М.* Методический подход к анализу социально-демографических факторов формирования опорного каркаса расселения // Вопросы управления. 2023. № 4(83). С. 33–52. DOI: 10.22394/2304-3369-2023-4-33-52.

4. *Суханова П.А.* Актуальные вопросы исследования эффективности пространственного развития территорий: новые концепты кластерного развития европейских стран // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2017. Т. 7, № 7А. С. 120–133.

5. *Напольских Д.Л.* Методологические подходы к оптимизации пространственного размещения предприятий региональных промышленных кластеров // Теоретическая и прикладная экономика. 2018. № 3. С. 170–180.

6. *Макаров С. И., Болдырев М.А.* Исследование взаимосвязей резидентов строительного кластера Самарской области // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2021. № 1(195). С. 52–58. DOI: 10.46554/1993-0453-2021-1-195-52-58.

7. Опорный каркас развития территории / А. Г. Власов, В. В. Воронин, Д. И. Васильева, Е. С. Мост // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 41–49.

8. *Драгун Н.П., Кокоулина А.С.* Влияние городского агломерирования на социально-экономическое развитие территорий // Экономика, моделирование, прогнозирование. 2022. № 16. С. 90–96.

9. *Фаттахов Р.В., Макар С. В., Конищев Е.С.* Современные агломерационные процессы в пространственном развитии России // Проблемы современной экономики. 2021. № 4(80). С. 136–140.

10. *Глинский В.В., Серга Л.К.* Города-миллионники как основа экономического роста региона // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 5. С. 51–58. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-5-51.

11. *Михайлова Е.В., Земскова О.М., Попова С. А.* Особенности пространственного развития сельских территорий // Научное обозрение: теория и практика. 2016. № 5. С. 133–143.

12. *Платонов А.М., Малышев П.А.* Выработка механизма развития строительного кластера через реализацию проектов комплексной жилой застройки городских территорий // Проблемы современной экономики. 2008. № 1(25). С. 312–315.

13. *Яковлева С. И.* Пространственные модели в стратегиях социально-экономического развития регионов России // Псковский регионологический журнал. 2014. № 17. С. 3–16.

REFERENCES

1. Kugan S.F. Spatial development of territories in the context of economic development of the region. Corporate Governance and innovative economic development of the North: Bulletin of Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University. 2020. N. 1. P. 95–100. DOI: 10.34130/2070-4992-2020-1-95-100

2. Chernovskaya L.I., Erokhin G.P. Overcoming the spatial imbalance of the modern settlement system of the Russian Federation (potential of Novosibirsk). *Tvorchestvo i sovremennost'* [Creativity and modernity], 2019, no. 3–4(11), pp. 87–99. (in Russian)

3. Kozlova O.A., Sitkovsky A.M. Methodological Approach to the Analysis of Socio-Demographic Factors of the Settlement Support Frame Formation. *Voprosy upravlenija* [Governance issues], 2023, no. 4(83), pp. 33–52. (in Russian) DOI: 10.22394/2304-3369-2023-4-33-52

4. Sukhanova P.A. Topical issues of the study of the effectiveness of spatial development of territories: new concepts of cluster development of European countries. *Jekonomika: vchera, segodnja, zavtra* [Economy: yesterday, today, tomorrow], 2017, vol. 7, no. 7A, pp. 120–133. (in Russian)

5. Napolskikh D.L. Methodological Approaches to Optimization of Spatial Arrangement of Enterprises of Regional Industrial Clusters. *Teoreticheskaja i prikladnaja jekonomika* [Theoretical and applied economics], 2018, no. 3, pp. 170–180. (in Russian)

6. Makarov S.I., Boldyrev M.A. Study of interconnections of residents of the construction cluster of the Samara region. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of Samara State University of Economics], 2021, no. 1(195), pp. 52–58. (in Russian) DOI: 10.46554/1993-0453-2021-1-195-52-58

7. Vlasov A.G., Voronin V.V., Vasilyeva D.I., Most E.S. Support framework for territory development. *Jekologija urbanizirovannyh territorij* [Ecology of urbanized areas], 2014, no. 2, pp. 41–49. (in Russian)

8. Dragun N.P., Kokoulina A.S. Impact of urban agglomeration on the socio-economic development of territories. *Jekonomika, modelirovanie, prognozirovanie* [Economics, Modeling, Forecasting], 2022, no. 16, pp. 90–96. (in Russian)

9. Fattakhov R.V., Makar S.V., Konischev E.S. Modern agglomeration processes in the spatial development of Russia. *Problemy sovremennoj jekonomiki* [Problems of the modern economy], 2021, no. 4(80), pp. 136–140. (in Russian)

10. Glinsky V.V., Serga L.K. Million-plus cities as the basis of the economic growth of the region. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intelligence. Innovation. Investments], 2019, no. 5, pp. 51–58. (in Russian) DOI: 10.25198/2077-7175-2019-5-51

11. Mikhailova E.V., Zemskova O.M., Popova S.A. Features of spatial development of rural areas. *Nauchnoe obozrenie: teorija i praktika* [Scientific Review: Theory and Practice], 2016, no. 5, pp. 133–143. (in Russian)

12. Platonov A.M., Malyshev P.A. Development of a mechanism for the development of a construction cluster through the implementation of projects for the integrated residential development of urban areas. *Problemy sovremennoj jekonomiki* [Problems of the modern economy], 2008, no. 1(25), pp. 312–315. (in Russian)

13. Yakovleva S.I. Spatial models in the strategies of socio-economic development of the regions of Russia. *Pskovskij regionologicheskij zhurnal* [Pskov Regionology Journal], 2014, no. 17, pp. 3–16. (in Russian)

Об авторах:

СИМОНОВА Марина Викторовна
доктор экономических наук, профессор кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: m.simonova@mail.ru

SIMONOVA Marina V.
Doctor of Economics, Professor of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: m.simonova@mail.ru

ЕЛИН Владлен Александрович
аспирант кафедры управления персоналом
Самарский государственный экономический университет
443090, Россия, Самара, ул. Советской Армии, 141
E-mail: w811@mail.ru

ELIN Vladlen Al.
Postgraduate student of the Personnel Management Chair
Samara State University of Economics
443090, Russia, Samara, Soviet Army st., 141
E-mail: w811@mail.ru

Для цитирования: *Симонова М.В., Елин В.А.* Кластерный подход в проектировании пространственного развития региона // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 167–177. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.21.
For citation: Simonova M.V., Elin V.A. Cluster approach in the design of spatial development of the region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 167–177. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.21.

УДК 692, 711.435 DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.22

M. M. KASHIRIPOOR

FOURTH WAVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE: FROM IDEA TO REALIZATION (PART 2)

ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ВОЛНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ИДЕИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ (ЧАСТЬ 2)

The Industrial Revolution is the restructuring of society under the influence of innovations in technology and technique, which is accompanied by a jump in productivity. Today, the 4th revolution is taking place, which is rapidly changing the landscape of various areas of life, including architecture and the construction industry. The Industry 4.0 revolution connects technologies used in organizations and people's daily lives. It combines physical and digital technologies. But it doesn't develop as a daily simple life in architecture and construction industry like many other industries like as automotive, aircraft, electronic etc. ***The relevance of the study*** *is to study and analyze the stage of the historical event on the industrial revolutions (specially fourth industrial revolution) and his realization in today's construction and architecture industry. A comprehensive review of contemporary and historical literature related to fourth industrial revolution, and his realization level in the industry with specific focus on construction and architecture industry. Thus,* ***the main tasks of the study*** *can be distinguished as follows: review of historical literature and basic understanding of the industrial revolutions; understanding of Industry 4.0 and its principles and benefits; reveal and introduce Industry 4.0 in construction and architecture industry; some samples about using Industry 4.0 in construction and architecture industry. Part two of the research is devoted to the idea and explanation of fourth wave technology in construction and architecture. The research used the* ***method of analysis*** *of scientific and historical literature and documents related to the Industrial Revolution (specially fourth industrial revolution) and his achievement in the construction and architecture industry to achieve and formulate conclusions.* ***The conclusion of study*** *is about today's stage of realization of fourth industrial revolution in the construction and architecture industry and his point of view to next industrial revolution which start from 2017. The author believes that the development of the construction and architecture industry now and in the future depends on the attention and use of new industries and professionals in this industry specially IT specialists and technology. The conclusion of the second part of the study articulates fourth wave technologies in all areas of construction and architecture.*

The scientific novelty of the study *is to study, analysis, identify main factors of Industry 4.0, and collection of some samples of realization of this technology (fourth wave technologies) in construction and architecture industry.*

Промышленная революция — это перестройка общества под влиянием инноваций в технологиях и технике, которая сопровождается скачком производительности труда. Сегодня происходит 4-я революция, которая стремительно меняет ландшафт различных сфер жизни, в том числе архитектуры и строительной отрасли. Революция «Индустрия 4.0» объединяет технологии, используемые в организациях и в повседневной жизни людей. Она сочетает в себе физические и цифровые технологии. Но в архитектуре и строительстве она не развивается так, как во многих других отраслях, таких как автомобильная, авиационная, электронная и т. д. ***Актуальность исследования*** *заключается в изучении и анализе этапа исторического события, связанного с промышленными революциями (в частности, четвертой промышленной революцией), и его реализации в современной строительно-архитектурной отрасли.* ***Цель исследования*** *— это всесторонний обзор современной и исторической литературы, связанной с четвертой промышленной революцией и уровнем ее реализации в отрасли, с особым акцентом на строительстве и архитектуре. Таким образом, основные* ***задачи исследования*** *можно выделить следующие: обзор исторической литературы и базовое понимание промышленных революций; понимание Индустрии 4.0, ее принципов и преимуществ; выявление и внедрение Индустрии 4.0 в сферу строительства и архитектуры; несколько примеров использования Индустрии 4.0 в строительной и архитектурной отраслях. Вторая часть исследования посвящена идеи технологии четвертой волны в строительстве и архитектуре. В* ***исследовании использован метод анализа*** *научно-исторической литературы и документов, связанных с промышленной революцией (особенно четвертой промышленной революцией), и ее успехи в строительной и архитектурной отраслях для достижения и формулировки выводов.* ***Вывод исследования*** *заключается в сегодняшнем этапе реализации четвертой промышленной революции в строительной и архитектурной отраслях и ее точки зрения на следующую промышленную революцию, которая началась с 2017 года. Автор считает, что развитие отраслей строительство и архитектура сейчас и в будущем зависит от вни-*

мания и использования новых отраслей и профессионалов в этой сфере, особенно IT-специалистов и технологий.
В выводе второй части исследования сформулированы технологии четвёртой волны во всех сферах строительства и архитектуры.
***Научная новизна** исследования заключается в изучении, анализе, выявлении основных факторов Индустрии 4.0 и подборке образцов реализации этой технологии (технологии четвертой волны) в строительстве и архитектуре.*

***Keywords:** construction, fourth wave technology, 4IR, Industry 4.0, construction robot, artificial intelligence, augmented reality (AR), virtual reality (VR), extended reality (XR)*

***Ключевые слова:** строительство, технология четвертой волны, 4ИР, индустрии 4.0, строительный робот, искусственный интеллект, дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), расширенная реальность (XR)*

Introduction

The relevance of the study. The Industrial Revolution is the process of transition from an agrarian economy characterized by manual labor and handicraft production to an industrial society dominated by machine production. The history of human activity related to the invention, design and manufacture of technical products and devices. It is a story of evolution from the handicraft production of single objects to the assembly industrial production of series products [1, 2]. The development of mankind is inextricably linked with the progress of science and technology, which is confirmed by several industrial revolutions. Construction and architecture which appeared in ancient times and as an industry that creates complex technical devices, such as buildings and structures – is also evolving in this direction and went through several stages of evolution.

There are many reasons why construction has not yet evolved into precision housing. Many of these reasons lie in the realm of finance and marketing rather than engineering and technology. Where modern products of the automotive, aircraft, electronic and other industries of mechanical engineering have been phenomenal in reducing product costs through mass production and in increasing sales through clever marketing and distribution, the construction industry has choked. In light of the development of the concept of "Industry 4.0", the term "Construction 4.0" appeared but this term didn't develop in real life of humans like another industries!

Thus, the *research objectives* are as follows:

- basic understanding of the industrial revolutions *(see part 1 of this article)*;
- review and analysis of literature about the industrial revolutions specially about Industry 4.0; its principles; main challenges and benefits *(see part 1 of this article)*;
- reveal and introduce Industry 4.0 in construction and architecture industry;
- search and find some samples about using Industry 4.0 in construction and architecture industry.

Research methodology would be used literature review, pattern recognition, identification and conceptualization method for contribute the results of study. For this occasion, main stages and methodology of this research are like as follows:

- Literature review and analysis method: latest scientific literature, interdisciplinary text and documents with a suitable thematic analysis related to industrial revolutions, Industry 4.0, construction and architecture;
- Pattern recognition is the ability to see patterns in seemingly random information. The goal is to note the main patterns and concepts in the results of the first step. The second step looks for similarities or patterns in the sample and codes the results by concept;
- Identification method: to recognize specific, problems and characteristic of Industry 4.0 and its relation to modern construction and architecture (results of part one and two);
- Conceptualization method: in order to find a suitable theoretical connection between the identified concept and its relation to Industry 4.0, urban development, modern construction and architecture.

Main part

The Industrial Revolution is a period of global changes related to industrial production processes, machines and technologies that took place in Europe in the 18th and 19th centuries. This historical period led to tremendous economic, social and technological progress and was one of the most significant in world history. The technological changes that were taking place at that time

gave impetus to innovation not only in industry, but also in many other areas of life. The process of industrialization began with the transformation of agriculture, the mining industry and the textile industry, which improved the lives of millions of people. One of the main industries which effected by industrial revolutions are architecture and construction industry.

Thus, the purpose of this article is to study the history and causes of the industrial revolution, as well as its consequences and effect on the latest industrial technology (4th industrial technology) in construction and architecture. Article review the key facts and events associated with this area, as well as discuss all the changes that it made to the development of mankind especially associated with architecture and construction industry.

III. Fourth wave technology in construction and architecture

The fourth industrial revolution is capable of transforming our daily ways of producing products and providing services, and it will also help in providing better medical and health care and working conditions. In most cases, the absorption of technology in construction industry has faced many problems. The construction industry is opening its way to the digital world. Although this industry has always been at the bottom of the list of industries that embrace digitalization and is much slower to adopt digital tools than other industries, the Covid-19 pandemic has forced construction players to go digital and use technology. This mandatory adoption helps keep projects from stalling and highlights the positive impact these tools have on construction projects. This becomes more evident when we think about the efficiency and productivity of these projects. At a time when many expected to see a decrease in productivity in this area, the use of these previously unwelcome tools has given rise to completely new and dynamic ways of working. Undoubtedly, this new method will transform the ecosystem of the construction industry. Now more than ever, construction stakeholders are realizing how critical digital solutions are to maintaining efficiency and helping the industry grow. There are no signs that the pace of digitization in this area is slowing down, and now more than ever we need to focus on collective growth. We should not miss the opportunities that the fourth industrial revolution brings to the construction industry.

Asite's CEO, Nathan Doughty, wrote in an article titled "What's Holding Back the Adoption of New Technologies in the Construction Industry". He points out that the structural complexities and the problem of the dispersion of fields, non-standard data, lack of transparency about data ownership, lack of skills and negative attitudes about technology have held the construction industry back in this field [3]. If construction industry stakeholders can finally overcome their distaste for the digital world and get on board, the fourth industrial revolution could have a huge impact on the construction industry.

The fourth industrial revolution (Industry 4.0), which in the field of construction is called the fourth revolution of construction, can change the way of doing construction projects. Because the fourth revolution of construction refers to the digitization of that industry and the automation of its processes [4, 5, 6].

Fred Sherrat, Associate Professor in the Department of Construction Management at Anglia Ruskin University in the United Kingdom, in his article in the New Civil Engineer journal has claimed that in the fourth industrial revolution we should expect the emergence of a wide range of new initiatives, including:

- Improve communication and data management;
- Planning projects with the help of artificial intelligence and machine learning;
- Construction robots;
- Research drones (drones in construction);
- Advancement of Building Information Modeling (BIM);
- Projects that have been completed virtually before the start of work;
- Computer optimized design;
- Real-time processing of information with the help of Internet of Things (IoT);
- Digital twins of designs to optimize the manufacturing process.

3.1 Improve communication and data management

To better understand the importance of these point we should see next information: According to surveys, 82 % of construction companies' customers believe that they need more cooperation with the company; 52 % of rework in the construction industry stems from poor project data and communication; approximately 9 % of the total cost of the project is direct and indirect cost of rework; 35 % of the time of specialists in construction companies is spent on non-productive activities such as searching for project information, fixing mistakes and rework; customers are 67 % more likely to spend a second time doing business because of the great service you provided [5].

CRM software is the most widely used software that provides construction management and construction projects for organizations and com-

panies. The prominent features of the software include task management, accounting integration, reporting, mobile application, etc., and it allows people such as architects, engineers and construction management companies to collaborate on projects and view documents.

3.2 Planning projects with the help of artificial intelligence and machine learning

Fred Sherrat noticed "Planning projects with the help of artificial intelligence and machine learning" in his document, but author think artificial intelligence and machine learning should not limited to planning in construction. This new technology would affect the whole construction industry. Artificial intelligence in construction acts like a person who has spent her whole life in construction. For example, it is enough to inject information such as the dimensions and geography of the land in question to provide the best map, schedule and cost estimation according to inflation and unforeseen challenges. But the difference is that an experienced person may have gone through 100 projects during her sixty years of useful work. But artificial intelligence can be injected with thousands of construction experiences from all over the world every second, and this technology will learn from all of them without any error. Although the costs of purchasing and implementing artificial intelligence may be challenging at first for a construction company, but after some time, the profit obtained from it neutralizes the initial costs [6, 7, 8].

In the following, we will describe some of the applications of artificial intelligence and machine learning in the construction industry:

Planning or project design: Traditionally, it takes weeks to manually design projects. But artificial intelligence makes this long process faster and more accurate. Generative design is a design method based on artificial intelligence. In this method, artificial intelligence is connected to a rich database of different construction plans. Designers and engineers can enter design goals and parameters such as space requirements, building performance type, materials, cost constraints, and more into generative design tools. This modern technology suggests the best designs by examining this information and the desired dimensions and time. In this process, it is also possible to customize according to the taste of each customer, which leads to easier sales. 3D modeling of structures helps professionals to plan, design, construct and manage buildings, infrastructure and alternative designs more effectively. Generative design allows professionals to instantly produce the most efficient, high-quality, and cost-effective designs based on any given parameter.

Cost control during the project: Artificial intelligence is able to provide the best price estimate according to the inflations in the market and its past experiences [6, 7, 8]. Most large projects, despite employing professional teams, still face excess costs. Artificial intelligence is able to predict costs by examining factors such as project size, contracts, schedule, competence level of managers, teams, etc. This technology estimates the future of the upcoming project by examining data such as the start and end date of construction of various projects and their costs.

Machine learning helps reduce costs by performing multivariate analyzes and adjusting variables that may lead to problems in the project. Also, the artificial neural networks in deep learning make it easy to handle complex project plans by analyzing employee performance, start date, material cost, and other variables. Since larger projects require larger investments, artificial intelligence and its sub-branches are a net benefit for the construction industry.

Production and distribution of building materials: Artificial intelligence can help people and different construction companies to predict the price of construction materials. For this purpose, artificial intelligence examines all the historical data and performance of various factors that affect the price of materials. In fact, with the use of artificial intelligence in the construction industry, it will be easier to manage the inventory of materials and their purchase price will be more economical. Also, artificial intelligence is able to take into account the need to recharge raw materials according to the amount of materials used in each construction site and take reorders automatically. This smart computer even identifies the best provider of building materials according to the quality of materials, punctuality in delivery, price, etc. and orders its purchase from there. This modern technology is used even during the construction of building materials and seeks to produce the highest quality ones. Companies manufacturing building materials can use artificial intelligence to produce the most suitable materials according to temperature, pressure, etc., according to data obtained from lasers, ultrasound examinations, cameras, thermometers, and other possible equipment.

Construction safety: Since the beginning of construction history, many workers have lost their lives. Most of these deaths were due to the lack of safety in the workplace. Accidents such as falling from a height, electrocution, falling of heavy objects, getting stuck between two obstacles, etc. have been introduced as sudden death accidents in the construction industry. Artificial intelligence is able to inform managers of the existence of danger by analyzing the work environment and scanning

workers' protective equipment and comparing them with the history of such incidents [9, 10, 11].

Risk reduction and management: Every construction project has risks that appear in different forms such as quality, safety, time and cost risk. The larger the project, the higher the risk. Because several subcontractors in different jobs operate in parallel on job sites. Artificial intelligence solutions in the construction industry make it easier to monitor and prioritize risk (risk management) in the workplace. This helps the project team focus their limited resources and time on the biggest risk factors, thereby reducing risks.

Labor shortage: In European and American countries, the labor shortage is noticeable. According to CNN, the construction industry is facing a shortage of more than one million workers in the United States. According to McKinsey & Company, by using artificial intelligence, the productivity of construction companies will increase by 50 %. Artificial intelligence is able to create the best division of labor and machinery by monitoring different sites. It can also report which job sites are understaffed, overstaffed, or short on equipment and can they deliver the work by the appointed time or not.

Self-driving cars: During all construction projects, there are a number of repetitive and routine tasks. Demolition operations, concreting, welding, excavation, etc. are some of these works. Currently, a number of self-driving machines have been designed that can do all these things more efficiently than humans. In some cases, heavy machinery such as cranes, bulldozers, and excavators have performed very dangerously on construction sites. The use of artificial intelligence in the construction industry has also increased the security of these machines. Adding sensors and using machine learning and deep learning in machines creates faster, safer and more efficient workflows.

Off-site construction: Artificial intelligence in the construction industry is not limited to the above. It is also used outside the construction environment. For example, structures such as walls can be built by robots in companies far from the project site, and assembled at the project site. Such manpower can spend their time and energy on things like plumbing, air conditioning and electrical systems.

Artificial intelligence for post-production: Construction project managers and engineers can use artificial intelligence long after construction is complete. They can gather information about a structure through sensors, drones, wireless technologies, advanced analytics, and artificial intelligence-based algorithms. They will gain such valuable insights about the performance and quality of a building, bridge, road, etc., and use them in future projects. Artificial intelligence can also be used to monitor problems, determine when preventive maintenance is needed, etc.

Some Artificial intelligence and IT base technology programs in Construction technology

Programming/design with GenMEP and Generative Design (design): Building System Planning, headquartered in California, has launched the GenMEP system. The Autodesk Revit add-on included in GenMEP focuses on various aspects of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) design. For example, when a 3D building model is created in Autodesk Revit, GenMEP can automatically design the routing of an electrical system in the building model. This plugin is able to take into account the complexities of different shapes and geometries of buildings and provide the best solutions for all sub-projects.

Through Generative Design resulting from machine learning, this system is able to create alternative designs and possible permutations to solve a problem, and it becomes richer and more productive every time.

BIM 360 Project IQ by Autodesk (Construction safety): With the launch of Autodesk's BIM 360 Project IQ, there is hope in construction to reduce mishaps. This smart plugin can identify high-risk issues and subcontractor risks of projects using connected data and machine learning. This software flags problems and then assigns the right person to fix it. In some cases, it also provides details on how to fix the problem. This plugin is very accurate and sensitive in rating and selecting qualified subcontractors.

Security with Smartvid (Construction safety): The Smartvid platform, which includes a SmartTag engine, is used to manage videos and photos. Using machine learning, this technology recognizes risks several times faster than human intelligence. In a test, this smart engine was able to identify 446 images of people without helmets and wearing inappropriate clothes out of 1080 in less than 10 minutes. This is while humans spent about four and a half hours to identify 414 cases.

Spot the Dog robot (Labor and equipment management): The Spot the Dog robot is designed to guard, monitor and scan the entire project, workers and equipment. The robot detects potential problems and distributes workers among different sites. It is also able to identify workers who do not have the required efficiency with its face recognition capability.

Komatsu project (Self-driving cars): One of the largest manufacturers of construction and mining equipment in Japan started its cooperation with NVIDIA in 2015. This big project, which is called the Komatsu project, is to increase the safety and strengthen the machines and objects in the sites.

3.3 Construction robots

Construction is one of the most labor-intensive branches of human activity. A huge variety of work requires the involvement of specialists with very different qualifications. However, the construction industry has a persistent shortage of workers, which was further aggravated last year by social distancing. And the industry has to adapt to such difficult conditions and solve the problem with a lack of experienced personnel in various ways. This is not only the active work of recruiters; high technologies are becoming increasingly important for solving the personnel issue in construction. In particular, even today innovative machines and construction robots come to help a person, and sometimes to replace him. We mean here an automated machine with certain functionality that help in the performance of certain construction works. And we note right away: leading experts in the field of cybernetic technologies are sure that robots do not take away jobs from humans, but modernize them. And it promises to give great results.

The most well-known concept of the robot − a humanoid-type metal mechanism − has long been far from the only option. The configurations of robotic mechanisms used in the construction industry are striking in their diversity. A robot refers to the most dissimilar concepts from each other, from unmanned vehicles to humanoid mechanisms that can work in this industry. In total, there are 4 key types of robotic assistants suitable for the construction industry:

- Industrial robots;
- Drones;
- Self-propelled construction vehicles;
- Humanoid robots.

Industrial robots

Such mechanisms have long and effectively been used in manufacturing enterprises. Initially, it was for the needs of industry that engineers began to develop automatic assistants. And in parallel with the development of technology, the possibilities of using robotics to perform a wide range of operations are also expanding. Industrial robots are most commonly used in the following processes:

Production with articulated arms; They are articulated type robots. Externally and in their movements, they are very similar to the human hand, this allows them to be used in a wide range of jobs from simple automated assembly to complex welding work. In fact, articulated robots are so versatile that they are even used for building in space. For example, the Canadarms series of devices are robotic cranes located on the ISS, where they effectively replace humans in many tasks. In addition, they have already played a large role in the implementation of the Lunar Getaway project (Pic. 1a).

3D printing using cartesian robots; These mechanisms, also known as linear or portal, are robotic installations, the articular working parts of which move in a three-dimensional cartesian coordinate system. These robots have long been actively used for a variety of tasks, primarily for loading and unloading. However, in the past few years, they have been actively changing their specialization and turning from a loader crane into a unique 3D printer.

Three-dimensional printing is generally called perhaps the main trend of the modern construction industry. This technology allows you to create not only individual structural elements, but even entire houses. And if you combine the functionality of a 3D printer with artificial intelligence and the accuracy of robot actions, you can literally automate production, guaranteeing high quality of the finished structure. Moreover, such construction will be much cheaper, which in the future can seriously help in solving the housing problem, especially in poor countries (Pic. 1b).

Collaboration between human and robot; Collaborative robots, also known as cobots, are high-tech mechanisms that can work not instead of a person, but together with him and perform tasks that would be too difficult for a person or a robot separately. Persistent labor shortages are a reality in the construction industry, and cobots could be an effective solution to this problem and one day replace humans by taking on unskilled jobs (Pic. 1c) [12, 13, 14].

a Production with articulated arms

b 3D printing using cartesian robots

c Collaboration between human and robot

Fig. 1. Industrial robots

Drones

Drones have already become a real lifesaver for the construction industry. Their functions and capabilities are used in a wide variety of jobs and ultimately provide security and accelerated projects. Because drones are controlled remotely, they are able to provide the most up-to-date information on the progress of work without the involvement of a person [15]. As a result, you can see how the construction is going on almost in real time. And you get a clear picture with a high level of detail. We would be explained more about drones in next part.

Self-propelled construction vehicles

While the automotive industry is still only working on the development of unmanned public vehicles, autonomous vehicles are already quite actively used in the construction industry. In this segment, Built Robotics stands out, specializing in upgrading standard heavy equipment by combining it with AI-based control systems. The company's current product range consists of fully autonomous bulldozers, excavators and compact track loaders. The main problem that such automation of heavy equipment solves is the safety of road construction and repair. Road works in conditions of saturated surrounding traffic pose a danger to builders, and even the best security system cannot completely eliminate the human factor. Automation of construction machines makes it possible to significantly reduce human involvement and, as a result, minimize the likelihood of errors by workers. And in general, interaction with "smart" construction equipment is much less dangerous for workers than the use of traditional machines. Here we nominated some benefits and sample of self-propelled construction vehicles like as:

A new level of efficiency with ATL: Autonomous track loaders (ATL) from Built Robotics are equipped with a LiDAR system that measures the distance to an object using light pulses, and a powerful GPS complex. As a result, the loader can work completely without an operator. With its help, you can easily and quickly solve simple construction tasks, for example, to carry out earthworks in the adjacent area.

Doing more with smart bulldozers: Bulldozers are versatile machines that can perform a wide range of jobs from moving heavy objects to leveling various types of soil. And the technology from Built Robotics can do the same, only without the driver sitting behind the wheel (Pic. 2a).

High productivity with autonomous excavators: Automated excavators from Built Robotics can do all the traditional work. Their creators have carefully worked out the mechanism of interaction between equipment and the operator − thanks to this, even workers without special experience can control an autonomous machine. The whole process is intuitive and consistent. At the same time, the International Union of Operating Engineers (IUOE) has already launched training courses with Built Robotics for future smart machine operators (Pic. 2b).

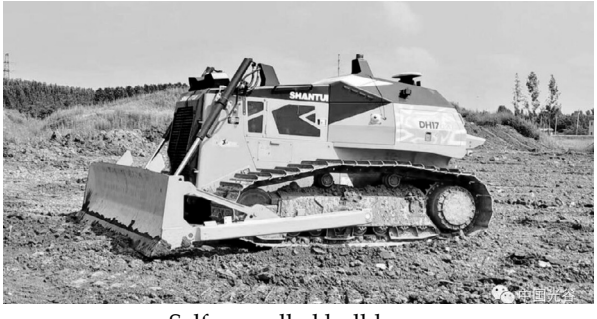
Humanoid robots

Such machines can become even more effective substitutes for missing personnel. Of course, while their development remains a project to a greater extent, however, there are already real humanoid robots that may well become the beginning of a new era of cybernetics.

HRP-5P − robot builder from Japan: This robot was developed by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology as a prototype adapted for civilian use. Artificial intelligence and thoughtful functionality allow it to fix and move heavy objects, use doors and stairs, detect obstacles in its path and avoid them, as well as work with hand tools. A complex set of machine vision and object recognition technologies is responsible for the orientation of the HRP-5P in space. At the same time, this robot cannot yet be considered even an approximate replacement for a real worker − its artificial intelligence is not yet so powerful and capable of self-learning (Pic. 3a).

Valkyrie − NASA works for space colonization: The American space agency is actively developing

a



Self-propelled bulldozer

b

Autonomous excavator

Fig. 2. Self-propelled construction vehicles

a

HRP-5P

b

Valkyrie

Fig. 3. Industrial robots

almost fantastic projects for the conquest of space, and it approaches them purely utilitarian. In particular, one of the important tasks that many specialists worked on was the development of tools for space construction. For this (but not only) purpose, NASA's R5 robot concept, also known as the Valkyrie, was created. The developers describe it as a "robust, rugged, all-electric humanoid robot capable of operating in degraded or damaged environments". There is already an opinion that the Valkyries will be the pioneers of the colonization of Mars (Pic. 3b).

Technological perfection is always progress and improvement. In the context of robotization of construction, improvement should be understood not as the displacement of a person by a robot, but the improvement of the work process and its results. Construction robots are positioned as assistants that can simplify the adaptation of the construction industry to rapidly changing external conditions. One of the most important aspects of any work on any construction site is still the safety of workers. Therefore, most innovations are implemented primarily to ensure security. The same goal is realized by robots. Therefore, the answer to the question of whether robots are replacing humans is a bit more complicated than just yes or no.

However, there is no doubt that in the near future robots will not be able to completely replace people. Even those machines that are used today still require human participation to one degree or another. And it is unlikely that in the foreseeable future technology will develop to such a level when construction machines can work completely without human intervention. However, the very fact that the robotization of construction has already begun can no longer be rejected.

3.4 Drones in construction

As the industry continues to evolve and integrate more and more innovations, the use of drones in the construction industry will only increase. But already today they have practically monopolized a number of tasks, offering them previously unattainable solution possibilities:

3D mapping: with the help of drones, detailed aerial photography of various areas can be taken, from which a detailed and accurate 3D model can be subsequently built. This greatly simplifies the process of territorial planning and site preparation for work. In addition, a detailed model of the area planned for development helps you plan your budget more accurately and save money in the long run.

Remote monitoring and inspection of workplaces: instead of renting lifting equipment, which costs money and requires your employees to be distracted from their work, drones will help you easily and without extra labor to inspect the working area, the facility under construction, and the results of individual works.

Ensuring security: safety is one of the most important and at the same time problematic aspects at the construction site. The total annual volume of theft from construction sites is estimated by various experts at $300 million to $1 billion. It is possible to return to the place no more than 25 % of the stolen. One of the reasons for this situation is the limited possibilities of a person. To control the entire territory of the construction site, a whole staff of security guards would have to be hired. However, they can be replaced by drones that will control the situation from a bird's eye view, fixing everything that happens at once [15].

3.5 Advancement of Building Information Modeling (BIM)

BIM is an acronym that stands for Building Information Modeling. This technology makes it possible not only to design intelligent 3D models, but also allows you to create a complete virtual

analogue of a structure and work with all project participants, wherever they are in one information space. The term BIM literally means "building information modeling", but this includes any other infrastructure. For example: airport; stadium; parking; residential premises; engineering network (electrical, sewerage, gas, etc.); railway; tunnel; bridge; etc. BIM greatly increases efficiency in all phases of a project's life: planning, design, construction, operation and maintenance. All this allows you to look into the future properties and characteristics of a real object in order to effectively manage it.

Architects are indeed very important figures in building information modeling, but still the owner always has more weight. In general, the list of users (groups of specialists) of BIM will look something like this: the owners of the object; architects; constructors; subcontractors; operators; developers; engineering systems designers; engineering improvement of systems; civil defense and emergency services; repairmen; manufacturers of building products and structures; producers of materials and equipment; builders. At the same time, companies are now gathering a special BIM team that has access to all levels of the project in order to provide the necessary information to all participants. The BIM team is also responsible for maintaining the design technology. BIM manager; BIM coordinator; BIM author; BIM support; BIM master are some new specialties in this area [9].

McGraw Hill Construction conducted a survey among companies in the construction industry and found out what benefits they have received with the introduction of BIM. Thus, 41 % of surveyed companies noted a reduction in the number of errors after the introduction of technology; 35 % and 32 % paid attention to improving communication between managers and designers and improving the company's image. Benefits and disadvantages of BIM:

Main benefits:

▪ Automation of routine processes: office work, purchases, estimates, material recalculation, etc.;

▪ Changes are tracked automatically and taken into account in all related sections of the project;

▪ Coordination of the work of all specialists in one environment: this allows you to minimize collisions in the BIM model;

▪ Reduction of edits at the last stages of design;

▪ Increasing the quality of design solutions due to detailed visualization with technical specifications;

▪ Improving the accuracy of forecasts;

Improved cost control;

▪ Reduced project development time: discussions, approvals, decision-making and revisions happen faster.

Main disadvantages:

▪ Need financial investment;

▪ Creation and maintenance of IT infrastructure is required;

▪ You will have to retrain specialists or look for new ones;

▪ Implementation takes time;

▪ Difficulties with adaptation to government specific rules.

BIM Software Samples

There are a lot of software for BIM of different levels and purposes. There are already cloud products that combine several platform modules at once, such as BIM 360 or BIMcloud. But it is important to understand that building information modeling does not happen purely in one program on one computer or in the cloud. Usually in large companies and projects, this is a large complex of hardware and software. It will not be possible to consider all this diversity within the framework of one article, therefore we focus only on some popular software packages:

▪ *A set of BIM programs provided by Autodesk*

This software, for example, was used to build the 130-story Shanghai Tower (Pic. 4a). The complex includes: AEC Collection; Revit; BIM 360; BIM 360 Design; Civil 3D; InfraWorks; PlanGrid; Assemble; Building Connected; AutoCAD Plant 3D; AutoCAD.

▪ *GT's Digital Project program*

This software, for example, was used to build the Guggenheim Museum in Bilbao (Pic. 4b). The complex includes: Designer; Viewer; Primavera Integration; MEP/Systems Routing; Image and Shape; Photo Studio. Zaha Hadid received the Pritzker Prize (not to be confused with the Pulitzer Prize), which is awarded for achievements in the field of architecture, for her work in Digital Project based on Catia V5. She designed the stunning library and knowledge center of the Vienna University of Economics.

▪ *Software from Graphisoft*

This software, for example, was used to build the 92-story Eureka skyscraper in Melbourne (Pic. 4c). The complex includes: Archicad; BIMcloud; BIMx.

▪ *Bentley Systems software package*

The company even introduced the concept of BrIM (Bridge Information Modeling − information modeling of bridges) (Pic. 4d). On this software, for example, the Helix spiral pedestrian bridge in Singapore was built. The complex includes: OpenBuildings Designer; LEGION Model Builder; LEGION Simulator; MicroStation; ProjectWise Design Integration; Bentley Pointools; Descartes; LumenRT; OpenCities Map; SITEOPS; STAAD.Pro; Bentley Raceway and Cable Management; ProjectWise Deliverables Management; ProjectWise Project Performance Dashboards.

▪ *Nemetschek programs*

A musical theater was built on its software in the city of Graz, Austria (Pic. 4e). The complex includes: Allplan Engineering; Allplan Architecture; Allplan Bimplus.

▪ *Tekla Structures (Structural Design Complex)*

This software was used to restore the steel structures of the statue "Worker and Collective Farm Girl" (Pic. 4f). The complex includes: Steel Detailing; Reinforced Concrete Detailing; Drafter; Engineering; BIMsight.

Each of the development companies and their software has a rich history, and photographs of completed projects are just special cases from a huge variety of real objects. The effectiveness and viability of BIM software does not need to be proven − the illustrations above do this best. This, of course, does not mean that the software is perfect and does not require fixes and modifications. Quite the opposite − it is constantly evolving and being finalized, taking into account the comments of specialists working on it. In addition to the programs mentioned, there are many others, as well as new needs in construction and design, which is reflected in the continuous development of BIM technologies.

In the future, any design and operation of facilities will become informational − this is already

a

Shanghai Tower; construction with Autodesk BIM software

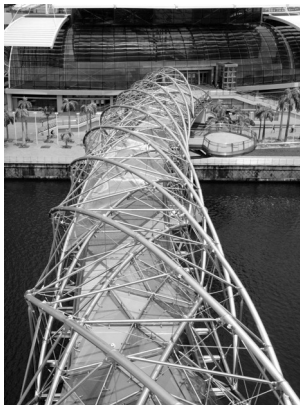
b

Guggenheim Museum in Bilbao; construction with Digital Project BIM software

c

Eureka skyscraper in Melbourne; construction with Graphisoft BIM software

d



Helix spiral pedestrian bridge in Singapore; construction with Bentley Systems BIM software

e

Musical theater of Graz, Austria; construction with Nemetschek BIM software

f

Worker and Collective Farm Girl monument in Moscow; construction with Tekla Structures BIM software

Fig. 4. Construction with different BIM software

fixed at the level of legislation, and also becomes a standard requirement of modern customers. The benefits of using BIM systems pay off not only the investment in terms of money, but also in other planes. BIM technologies, as a bridge between continents, have connected and rethought two eras of design: classical and informational, becoming a logical and at the same time necessary step into the future.

3.6 Projects that have been completed virtually before the start of work

Currently, experts agree that virtual and mixed reality technologies are beginning to be applied, and very successfully. But more − for interactive for the customer, high-quality visualization. This process does not yet carry a deep engineering idea, but it allows you to better understand the design intent, to "feel" the object.

Architects, constructors and designers could have created an information model of the object − BIM-model, and the client, using a special headset or just a mobile phone, can walk inside the object that has not yet been built. This allows you to move around and even interact with the building before construction begins. Experts are confident that such feedback from the client speeds up and optimizes work, allowing you to make more informed design decisions at the earliest stages [6, 13].

At the beginning of 2020, TECHNOmagazine talked about the "TOP 5 technologies that you should pay attention to in 2020". Among them, virtual and augmented reality were also noted. Messages about the development of new technological solutions based on VR, AR and MR (mixed reality) are coming in regularly.

VR is Virtual Reality. The term means a completely computer-generated digital world that is not tied to location in any way. To get into it, a helmet or virtual reality glasses are usually used. To interact with the objects of the computer universe, you will also need special devices − vr joysticks or touch controllers. Immersed in virtual reality, a person ceases to see and interact with the real world. Since the signal is broadcast in the closed space of a special device, which is tightly worn on the face and does not allow an external light source to enter. In the case of using a helmet or headphones, access to the sound of the surrounding real world is also limited (Pic. 5a).

AR is Augmented Reality. Unlike VR, AR − augmented reality − is already the penetration of the digital world into the real one. It is still not tied, or rather not completely tied, to the terrain. But you can see it without disconnecting from the real world. Human interaction with augmented reality occurs with the help of special glasses and all the same VR sensors or using a touch screen. Although there have already been software developments that allow you to scroll through the virtual menu and interact with your hands, without the use of sensors (Pic. 5b).

MR is Mixed Reality. This is essentially a kind of augmented reality, when virtual objects are tied to the area. The difference between MR and AR lies in the fact that mixed reality "fits" a virtual object into the real world the way this object should be (become) in reality. For example, when parking a car, lines of the trajectory of movement appear on the monitor − this is augmented reality. And, let's say, "fitting" the installation of equipment in a specific place of the production site before the start of installation − this is already MR (Pic. 5c).

According to experts, in the coming years we will see the introduction of a large number of new technologies based on virtual reality technology. Which ones will depend on the development of the aggregate base. After all, they require different devices to use them. They help to reduce the cost of construction, increase the efficiency and quality of projects being implemented.

3.7 Computer optimized design

Which of the practicing architects has not had to deal with errors in the implementation of their project? Trying to find explanations comes down to blaming yourself that the project documentation was not done sufficiently. These appeals miss an important part of the process: after designing in

a

VR sample in construction

b

AR sample in construction

c

MR sample in construction

Fig. 5. VR, AR and MR samples in construction

the most complex software, in 3D or even 4D, the documentation still reaches the contractor in the form of traditional drawings. Due to a sharp leap in the development of digital technologies, which should have brought design and construction closer together, the gap between them today seems to be even greater − projects are becoming more complex, while implementation remains at the level of many years ago. Institutions are paying more and more attention to the culture of handling software, and state expertise is moving towards checking projects in the form of a model, and not in the form of an album of drawings [16, 17].

The widespread introduction of computer programs in the last 25 years has led to revolutionary changes in the method of design and preparation of architectural documentation. Most programs are used either for visualization or reasoning about form in an academic context, or for technical writing and project management in practice. This separation of theory and practice is reinforced by the relationship that exists between architects and those who implement their design proposals. This gap between design development and building implementation, which in theory should be a single, coherent and interconnected process, was facilitated by the documentation way was exchanged, which was done manually and required the interpretation of the host. Today, this gap between the two ends of the spectrum is disappearing with the emergence of new capabilities that require concerted action from the parties − advanced analysis software is useless without the imagination of the designer, and back.

Digital tools have moved beyond the formal depiction of designs to include analysis, simulation and digital manufacturing. These new ingredients allow architects to more accurately translate their ideas into reality, as well as to innovate and change traditional ways of constructing buildings. The synthesis of these technologies and the need for efficient organization of construction led to the emergence of information models that radically changed the design and brought it closer to construction. Although modern technologies are not at an adequate level of development for the automated production of full-scale buildings, they allow building complex information models to more accurately transfer the virtual building structure into reality.

An article by Richard Garber, partner at GRO Architects and author of several books, focuses on the impact of digital technologies (in particular BIM) on design processes. The text was written in 2009, but is still relevant − the author predicts and considers many of the moments of the transition from reality to virtuality and back, and also considers the impact of this transition on design. In Garber's reasoning, virtuality, which is often the antonym of authenticity, suddenly becomes a cast and laboratory of the real world, in which we can test thousands of options and then simply export them to reality.

It seems, in the current Virtual to Reality paradigm, interpretation is no longer required because digital information models are already real. They are created, tested, reproduced and optimized in virtual reality, and all that remains to be done is to transfer them to the material world and actualize them.

3.8 Real-time processing of information with the help of Internet of Things (IoT)

The Internet of Things brings significant benefits to many industries, the next step is the introduction of smart devices in the construction industry. The Internet of Things is changing the world of smart buildings − it's data transfer speed. IoT devices are giving builders ideas to quickly respond to emerging trends. IoT applications allow structure managers to run various experiments to test the result of optimization. It also provides space for IoT devices to monitor building systems with a panel. The first means of this data exchange is the m2m (machine-to-machine) IoT sim, which was soon replaced by electronic ones, that is, real chips instead of a physical one.

The introduction of IoT in construction can significantly reduce any type of accident. Security is provided by digital solutions: for example, special sensors attached to work clothes and helmets that monitor the level of contaminants that are harmful to health in the composition of building materials. Another example is the connection of tracking sensors that monitor the movement of workers around the site and give warning signals when employees enter unsafe areas. Without a doubt, such smart devices make construction sites much safer [18].

Construction site data is collected and processed in real time. This is possible because they are interconnected by sensors, surveillance cameras and even drones. All information is sent to the head office, where representatives of the top management of the company make decisions and approve changes. Various RFID tags and sensors on building materials and equipment make it possible to automate the monitoring of the material and economic base of the facility and warn in a timely manner about the need to replenish supplies or repair equipment. Also, special sensors on the used units automatically detect the impending need for repairs. The use of such digital tools saves companies from costly downtime caused by a lack of materials and free equipment.

The Internet of Things keeps projects running smoothly, and it also allows for continuous improvement through continuous data.

3.9 Digital twins of designs to optimize the manufacturing process

If organizations are planning to go digital, the best way to achieve this goal is to implement Digital Twins. A digital twin is a virtual copy of a physical object, process, or system, combined with technical information to understand and model overall performance.

In order to display status and conditions in near real time, Digital Twins are constantly updated with data from a variety of sources, including sensors and continuous imaging. It is this ability to continually update the Digital Twin that gives our users a competitive advantage over static 3D models. Infrastructure digital twins, known as iTwins, allow users to visualize assets, track changes, and optimize their performance. They are also constantly updated with data from the physical object. This information is used to understand and model overall performance.

The digital twin supports the life cycle of an object within a project. It enables collaboration, real-time data management, and analytics. When collaborating, it allows each project participant to share and access project data and information on the job site and in the office. Organizations can then begin collecting and managing real-time data to improve response time to any disruption. Finally, with the help of analytics, the construction industry can use intelligent data to make informed decisions.

Creating a Digital Twin

Digital twins of infrastructure facilities are created by combining 3D/4D visualization, reality modeling, mixed reality and geotechnical technologies. iTwins combine data from various types of data stores, including BIM models, drawings, specifications, documents, analytical models, photographs, reality models, IoT channels, and enterprise resource and enterprise asset management data. Some companies offer iTwin Services, which is a set of cloud-based services that enable organizations to create, visualize and analyze iTwins in order to support their users in their digital transformation.

Benefits of using Digital Twins

However, in addition to improved visualization and optimized asset performance, there are a number of other benefits of using Digital Twins in the construction industry. For example: with Bentley iTwin Design Insights, design teams gain insights into their work to help them understand the impact of design decisions on cost, schedule, materials required, safety and other key performance indicators (KPIs) early in a project. "ITwin Design Insights" gives users the ability to identify hot spots over a period of time to proactively identify potential conflicts and project risks. What's more, iTwin Design Insights offers users an easy way to create a business intelligence dashboard for Digital Twins. The solution integrates with Microsoft Power BI, thus offering a fairly simple way to create personalized interactive dashboards.

Using Digital Twins in the Construction Industry

Digital twins can bring significant benefits to the construction industry by helping users make data-driven decisions and deliver more predictable and optimized results. In the case of iTwins, they cover the entire life cycle of an asset, thus enabling better decision making, optimized and better results at all stages. ITwins give users the ability to model logistics and project schedules, track work progress and status, and view an up-to-date 4D model. All construction information is available in one place, including asset tags, work orders, maintenance records, inspection reports, and workplan details.

The following are some of the competitive advantages that users can gain by using iTwins in their work:

- with their help, users can quickly set the order of construction operations and perform simulations, which, in turn, allows them to detect and eliminate errors before work begins;
- they reduce the time of the project teams and, as a result, the costs of the owner;
- they can provide project analytics prior to commencement of work on the construction site;
- with their help, you can achieve a significant reduction in production costs;
- they can reduce project costs while gaining access to all data throughout the entire life cycle of an object;
- they allow real-time project monitoring with visual context.

There are various areas in the construction industry that will definitely benefit from the introduction of Digital Twins.

Results

Based on the summary of this study (part 2 of article), we could draw the following conclusions:

- Consideration of fourth wave technology in today's construction and architecture shows new initiatives, including: improve communication and data management; planning projects with the help of artificial intelligence and machine learning; construction robots; research drones (drones in construction); advancement of building information modeling (BIM); projects that have been completed virtually before the start of work; computer optimized design; real-time processing of information with the help of internet of things (IoT); digital twins of designs to optimize the manufacturing

process. This research tries to explain all indicated initiatives and shows some realization samples related to these points;

▪ Draw/Shows some sample application of the fourth wave technology in today's construction like as high-speed skyscraper's building; 3-d printing in construction; Internet of Things and Smart Sensors; Robots and drones in construction; Artificial intelligence (AI); virtual and augmented reality; and blockchain.

Conclusion

During the last three industrial revolutions, not only did people's personal and professional lives change over and over again, but sometimes they were even threatened. After each revolution, the world took a new direction. This time, the fourth industrial revolution will change our lives; although the speed and dimensions of this change will be very different and bigger than the changes of the past three industrial revolutions.

In the coming years, the construction industry can radically change its appearance due to the introduction of IT technologies. Construction will become more transparent and understandable for everyone, which means that the advantage will be given to those companies that are already thinking about their efficiency, reducing costs and developing client work. The fourth industrial revolution and digital technologies in construction are able to increase labor productivity, improve safety at the construction site, ensure the "broach" of any little things throughout the entire construction process from design to operation of the facility. Perhaps now some technologies seem like science fiction or useless dreams, but large developers have already understood the prospects: they are strengthening IT departments and teaching employees' new digital specialties. In the coming years, the construction industry, in addition to the traditional shortage of workers, will face a shortage of IT specialists which would help them for using fourth industrial revolution and technology in construction industry.

REFERENCES

1. Schwab K. The fourth industrial revolution. Currency; 2017.

2. Kashiripoor M.M. *Sovershenstvovanie arhitekturno-planirovochnoj struktury malyh gorodov regiona Blizhnego Vostoka na osnove koncepcii ustojchivogo razvitija. Cand. Diss*. [Improving the architectural and planning structure of small towns in the Middle East region based on the concept of sustainable development. Cand. Diss.]. Minsk; 2017. (In Russian) DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761

3. Aigbavboa Clinton, Wellington Thwala. The construction industry in the fourth industrial revolution. Proceedings of 11th Construction Industry Development Board (CIDB) Postgraduate Research Conference. Switzerland: Springer Nature; 2020.

4. Abdelhameed W. Industrial revolution effect on the architectural design. International conference on fourth industrial revolution (ICFIR); 2019 Feb 19-21; Manama, Bahrain. IEEE; 2019. DOI:10.1109/ICFIR.2019.8894774

5. Kashiripur M.M., Boreyko V.M. Automatic monitoring for complex structures and infrastructure of the city . *Dorozhnoe stroitel'stvo i ego inzhenernoe obespechenie: materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii* [Road construction and its engineering support: materials of the III International Scientific and Technical Conference]. Misnk, BNTU, 2022, pp. 90–94. (In Russian).

6. Kashiripoor M.M. The use of the metaverse in cities, its concept, advantages and disadvantages. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023. vol. 13, no. 3, pp. 168–173. (in Russian)

7. Kashiripur M.M. Metaverse city: definition and direction of development for urban planning and architecture. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta* [Bulletin of Brest State Technical University], 2023, vol. 3, no. 132, pp. 2–10. (in Russian) DOI:10.36773/1818-1112-2023-132-3-2-10

8. Kashiripur M.M., Al-Sayyab A.A. Proper methodology for automated monitoring during construction. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike»: sb. materialov studencheskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii v ramkah 20-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii BNTU* [Science – education, production and economics ": Sat. materials of the student scientific and technical conference within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU]. Misnk, BNTU, 2022, pp. 84–88. (In Russian).

9. Kashiripur M.M., Gaevskaya Y.N. Basics of understanding BIM technologies in construction. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike»: sb. materialov studencheskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii v ramkah 20-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii BNTU* [Science – education, production and economics ": Sat. materials of the student scientific and technical conference within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU]. Misnk, BNTU, 2022, pp. 89–93. (In Russian).

10. Lojanica V., Colic-Damjanovic V.-M., Jankovic N. Housing of the future: Housing design of the fourth industrial revolution. 5th International Symposium on Environment-Friendly Energies and Applications (EFEA); 2018 Sep 24-26; Rome, Italy. IEEE; 2019. DOI: 10.1109/EFEA.2018.8617094

11. Ejohwomu O.A., Adekunle S.A., Aigbavboa C.O., Bukoye O.T. Construction Industry and the Fourth Industrial Revolution: Issues and Strategies. In: Adinyira E., Agyekum K., editors. The construction industry: Global trends, job burnout and safety issues. Nova Science Publishers; 2021. Chapter: 2. DOI:10.52305/JDFM1229

12. Kashiripur M.M., Garagozov S.B. New Trends and Innovations in Construction: Building with a 3d

Printer. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike»: sb. materialov studencheskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii v ramkah 20-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii BNTU* [Science – education, production and economics ": Sat. materials of the student scientific and technical conference within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU]. Misnk, BNTU, 2022, pp. 94–99. (In Russian).

13. Kashiripur M.M., Kukhareva I.V. Building innovation: Building homes from waste. *Nauka – obrazovaniju, proizvodstvu i jekonomike»: sb. materialov studencheskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii v ramkah 20-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii BNTU* [Science – education, production and economics ": Sat. materials of the student scientific and technical conference within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU]. Misnk, BNTU, 2022, pp. 100–103. (In Russian).

14. Malomane R., Musonda I., Okoro. C.S. The opportunities and challenges associated with the implementation of fourth industrial revolution technologies to manage health and safety. International journal of environmental research and public health. 2022; 19 (2): 846. DOI: 10.3390/ijerph19020846

15. Noskov I.V., Noskov K.I., Tinenskaya S.V., Ananiev S.A. Drone technology in construction − modern solutions and capabilities. *Vestnik evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2020, vol. 12, no. 5, p. 27. (in Russian)

16. Li G., Hou Y., Wu A. Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. Chinese Geographical Science. 2017. V. 27. P. 626–637. DOI: 10.1007/s11769-017-0890-x

17. Hirschi A. The fourth industrial revolution: Issues and implications for career research and practice. The career development quarterly. 2018. V. 66 (3). P. 192–204. DOI: 10.1002/cdq.12142

18. Vladov R.A., Dozortsev V.M., Shaidullin R.A., Shunderyuk M.M. Practical Aspects of the Fourth Industrial Revolution. *Avtomatizacija v promyshlennosti* [Automation in industry], 2017, no. 7, pp. 7–13. (in Russian)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Schwab K.* The fourth industrial revolution. Currency; 2017.

2. *Каширипур М.М.* Совершенствование архитектурно-планировочной структуры малых городов региона Ближнего Востока на основе концепции устойчивого развития: дис. …канд. арх. Минск; 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761.

3. *Aigbavboa Clinton, Wellington Thwala.* The construction industry in the fourth industrial revolution. Proceedings of 11th Construction Industry Development Board (CIDB) Postgraduate Research Conference. Switzerland: Springer Nature; 2020.

4. *Abdelhameed W.* Industrial revolution effect on the architectural design. International conference on fourth industrial revolution (ICFIR); 2019 Feb 19-21; Manama, Bahrain. IEEE; 2019. DOI:10.1109/ICFIR.2019.8894774.

5. *Каширипур М.М., Борейко В.М.* Автоматический мониторинг для сложных сооружений и инфраструктуры города // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение: материалы III Международной научно-технической конференции. Минск: БНТУ, 2022. С. 90–94.

6. *Kashiripoor M.M.* Применение метавселенной в городах, её понятие, преимущества и недостатки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 168–173.

7. *Каширипур М.М.* Город метавселенной: определение и направление развития для градостроительства и архитектуры // Вестник Брестского государственного технического университета. 2023. Т. 3. № 132. С. 2–10. DOI:10.36773/1818-1112-2023-132-3-2-10.

8. *Каширипур М.М., Аль-Сайяб А.А.* Надлежащая методология автоматизированного мониторинга в процессе строительства // Наука – образованию, производству и экономике»: сб. материалов студенческой научно-технической конференции в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 84–88.

9. *Каширипур М.М., Гаевская Ю.Н.* Основы понимания BIM-технологий в строительстве // Наука – образованию, производству и экономике»: сб. материалов студенческой научно-технической конференции в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 89–93.

10. *Lojanica V., Colic-Damjanovic V.-M., Jankovic N.* Housing of the future: Housing design of the fourth industrial revolution. 5th International Symposium on Environment-Friendly Energies and Applications (EFEA); 2018 Sep 24-26; Rome, Italy. IEEE; 2019. DOI: 10.1109/EFEA.2018.8617094.

11. *Ejohwomu O.A., Adekunle S.A., Aigbavboa C.O., Bukoye O.T.* Construction Industry and the Fourth Industrial Revolution: Issues and Strategies. In: Adinyira E., Agyekum K., editors. The construction industry: Global trends, job burnout and safety issues. Nova Science Publishers; 2021. Chapter: 2. DOI:10.52305/JDFM1229.

12. *Каширипур М.М., Гарагозов С.Б.* Новые тенденции и инновации в строительстве: строительство с помощью 3d принтера // Наука – образованию, производству и экономике: сб. материалов студенческой научно-технической конференции в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 94–99.

13. *Каширипур М.М., Кухарева И.В.* Инновации в строительстве: строительство домов из отходов // Наука – образованию, производству и экономике: сб. материалов студенческой научно-технической конференции в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 100–103.

14. *Malomane R., Musonda I., Okoro. C.S.* The opportunities and challenges associated with the implementation of fourth industrial revolution technologies to manage health and safety. International journal of environmental research and public health. 2022; 19 (2): 846. DOI: 10.3390/ijerph19020846

15. *Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А.* Дрон-технологии в строительстве − современные решения и возможности // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 5. С. 27.

16. *Li G., Hou Y., Wu A.* Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. Chinese Geographical Science. 2017. V. 27. P. 626–637. DOI: 10.1007/s11769-017-0890-x.

17. *Hirschi A.* The fourth industrial revolution: Issues and implications for career research and practice. The career development quarterly. 2018. V. 66 (3). P. 192–204. DOI: 10.1002/cdq.12142.

18. *Владов Р.А., Дозорцев В.М., Шайдуллин Р.А., Шундерюк М.М.* Практические аспекты четвертой промышленной революции // Автоматизация в промышленности. 2017. № 7. С. 7–13.

About the author:

KASHIRIPOOR Mohammad Mahdi
Ph.D. in Architecture, Associate Professor, Postdoctoral Researcher, Associate Professor of the Building Materials and Construction Technology Chair
Belarusian National Technical University
220013, Belarus, Minsk, Y. Kolas str., 12
E-mail: mkashiripour@gmail.com

КАШИРИПУР Мохаммад Махди
кандидат архитектуры, доцент, постдокторский исследователь, доцент кафедры строительных материалов и технологии строительства
Белорусский национальный технический университет
220013, Беларусь, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12
E-mail: mkashiripour@gmail.com

For citation: Kashiripoor M.M. Fourth wave technologies in construction and architecture: from idea to realization (part 2). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 178–193. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.22.
Для цитирования: Каширипур М.М. Технологии четвертой волны в строительстве и архитектуре: от идеи до реализации (часть 2) // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 3. С. 178–193. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.03.22.

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «САМАРАСТРОЙИСПЫТАНИЯ»

Проведение сертификационных испытаний строительной продукции; экспериментальных и опытных образцов зданий и сооружений в процессе приемки и эксплуатации; испытание серийно выпускаемой продукции; периодические испытания образцов, взятых в торговле; проверка состояния производства; обследование зданий и сооружений; выполнение судебных экспертиз в области строительства

Надежда Владимировна КОНДРАТЬЕВА
кандидат технических наук, доцент

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194
(846) 242-50-87
samstroyisp@gmail.ru

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!
Обратите внимание, что с 1 сентября 2023 г. проводится подписная кампания на журналы Самарского государственного технического университета на 2024 год

ПОДПИСКА – 2024

на январь-декабрь

в «каталоге «Газеты и журналы – 2024»,

на сайте «ООО Урал-Пресс Округ» http://www.ural-press.ru/

- ✓ 18106 Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки»
- ✓ 18108 Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки»
- ✓ 70570 Градостроительство и архитектура
- ✓ 18107 Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Психолого-педагогические науки»
- ✓ 41340 Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Философия»

Условия оформления подписки Вы найдете на сайте http://www.ural-press.ru/

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Прием статей для публикации в научно-техническом журнале «Градостроительство и архитектура» осуществляется в постоянном режиме.

1. В редакцию журнала необходимо вместе с рукописью статьи представить следующие документы:

Сопроводительное письмо, подписанное руководителем организации, откуда исходит рукопись. Для аспирантов, соискателей и работников СамГТУ сопроводительное письмо представлять не требуется.

Выписка из протокола заседания кафедры о публикации статьи в журнале.

Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись.

Внешняя рецензия, заверенная по месту работы рецензента.

Лицензионный договор.

2. Общие требования к оформлению документа:

Формат страницы – А4, ориентация книжная.

Шрифт текста рукописи – Times New Roman Cyr, размер 14pt.

Междустрочный интервал – 1,5.

Общий объем рукописи (*включая иллюстрации и таблицы*) – 8–15 *страниц формата А4*.

Формулы следует набирать с использованием редакторов формул MathType 6 *или* MS Equation 3.0. Формула *не должна содержать промежуточные преобразования*.

Иллюстрации выполняются черно-белыми (с хорошей проработкой деталей) *в программах* Corel Draw (*с расширением* *.cdr) или *других редакторах* (*с расширением* *. jpeg *или* *.tif).

Библиографический список размещается в конце текста статьи, нумерация дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте [в квадратных скобках]. *При ссылках на нормативные документы (СНиПы, ГОСТы) номер и название документа указываются непосредственно в тексте статьи* (*в круглых скобках*). Библиографический список должен быть оформлен по ГОСТ Р 7.0.5-2008.

3. Структура размещения основных частей статьи:

индекс УДК

инициалы, фамилии авторов

название статьи на русском языке

название статьи на английском языке

аннотация на русском языке (не менее 10 строк)

аннотация статьи на английском языке

ключевые слова на русском языке (до 10 словосочетаний)

ключевые слова на английском языке

текст статьи (предпочтительно с выводами)

библиографический список (не менее 5 наименований)

библиографический список на транслитерации (References)

полные сведения об авторе(ах) на русском языке: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, контактные телефоны (с кодом города), e-mail автора(ов); наименование организации (с указанием почтового адреса учреждения), в которых работает автор(ы), на русском языке

полные сведения об авторе(ах) на английском языке (см. выше)

4. Рукописи, не соответствующие требованиям редакции, не рецензируются, не публикуются и не возвращаются авторам

5. *Публикации в журнале подлежат только оригинальные статьи, соответствующие тематическим направлениям журнала и ранее не публиковавшиеся в других изданиях*.

6. *При положительном решении редакции об опубликовании научной статьи с автором(ами) заключается лицензионный договор. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается*.

7. *Редакция имеет право представлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала* **https://journals.eco-vector.com/2542-0151/index**.

8. *Авторский коллектив несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.*

9. *Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – СамГТУ. Перепечатка материалов журнала без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.*

Материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней в печатном виде) должны быть отправлены по почте или доставлены лично по адресу: *Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194, Академия строительства и архитектуры, Самарский государственный технический университет. Редакция журнала «Градостроительство и архитектура» (каб. 307).*

По всем вопросам, связанным с публикацией статей в журнале «Градостроительство и архитектура», обращаться к отв. секретарю Досковской Марии Сергеевне по тел. (846) 242-36-98, 8 (927) 651-07-09 E-mail: vestniksgasu@yandex.ru, uc-arch@yandex.ru.