

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

Т. 14
№ 2 2024

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



САМАРА

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, № 2

САМАРА
2024

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

Редакционная коллегия:

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

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

Editorial Board

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

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

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-68052 от 13 декабря 2016 года
Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал индексируется в системе РИНЦ

Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI
Подписной индекс в каталоге агентства «Урал-Пресс»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина
Корректор М.В. Веселова

Подписано в печать 31.05.2024 г. Выпуск в свет 05.06.2024 г.
Формат 60х90 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная.
Печ. л. 22. Тираж 300 экз. Заказ № 2114

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
---------------	--	----------------

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 4 Бухман Н.С., Бухман Л.М. Метод определения пористости и коэффициента фильтрации грунта in situ
- 9 Насчетникова О.Б., Соколкина А.С., Шабунин А.Ф., Никифоров А.Ф. Технология очистки кислых шахтных вод с применением метода комплексобразования-ультрафильтрации
- 15 Дрикер Б.Н., Протазанов А.А. Испытания магнелиевых комплексонов нитрилотриметиленофосфоновой кислоты для предотвращения коррозии металла и солейотложений
- 23 Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. О практической реализации требований статьи 55.24 градостроительного кодекса Российской Федерации при расчете систем водоснабжения многоквартирных домов
- 28 Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Котовский А.Е. Оценка влияния принятой нормы удельного водопотребления на эффективность эксплуатации подкачивающих насосных станций
- 38 Калаева С.З., Хатюшин С.В., Жаров М.А. Очистка высококонцентрированных сточных вод кожевенных производств

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 46 Муртазаев С.А.Ю., Саламанова М.Ш. Влияние заполнителя на структуру и свойства бетона

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 56 Гордеева Т.Е., Чебуранов Е.В. Об эксплуатации деревянных перекрытий жилых зданий
- 61 Демиденко О.В. Повышение надежности организации материально-технического обеспечения строительства

АРХИТЕКТУРА

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

- 67 Заславская А.Ю., Табаева Е.В. Современные приемы применения материалов в архитектуре и дизайне
- 75 Лисицына А.В. Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 2
- 84 Вавилонская Т.В., Лызина А.Г. Архитектурно-конструктивные особенности как критерии идентичности архитектуры православных храмов

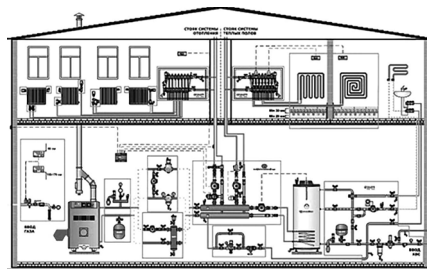
- 94 Танкеев А.С., Попов П.А., Чернышева Е.А. Проблемы реконструкции и сохранения историко-архитектурного облика краснокирпичных зданий учебных заведений конца XIX–начала XX века города Воронежа

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 103 Данилова Э.В. Концептуальные стратегии в творчестве Рема Колхаса
- 115 Репина Е.А., Бекарюкова А.С. Экологические практики в индустрии дизайна

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 122 Гудь И.Д., Ахмедова Е.А. Основные принципы градостроительной трансформации пригородной зоны мегаполиса Большая Самара. Часть II
- 133 Kashiripoor M.M. Fourth wave technologies in construction and architecture: from idea to realization (Part 1: Basic understanding, definition and historical events)
- 143 Щербина Е.В., Кузнецов И.В. Анализ плотности застройки на территориях крупных и крупнейших городов Поволжья с применением геоинформационных систем
- 149 Самогоров В.А., Зубкова И.И. Образ города. Код культурной идентичности мегаполиса на основе архитектурного наследия
- 155 Фрезинская Н.Р., Сергеев К.И. Развитие науки в пространстве российских столиц: начало пути
- 165 Юшкова Н.Г., Донцов Д.Г., Никифорова Д.Н., Овчарова Т.П. Диверсификация направлений пространственного развития мегаполисов и формирование региональных систем поселений
- 175 ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ
И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ



УДК 550.8

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.01

Н. С. БУХМАН
Л. М. БУХМАН

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТА IN SITU

ON ONE METHOD FOR DETERMINING THE POROSITY
AND FILTRATION COEFFICIENT OF SOIL IN SITU

Рассмотрен простой и недорогой полевой способ оценочного определения пористости грунта и его коэффициента фильтрации. Представлены графики для непосредственного определения этих параметров по глубине лужи жидкости на поверхности сухого грунта, времени полного впитывания жидкости в грунт и времени половинного впитывания, в течение которого глубина лужи уменьшается в два раза. Представлены упрощенные методики, позволяющие ограничиться измерением исходной глубины лужи и времени ее полного впитывания и позволяющие получить приближенную оценку коэффициента фильтрации с точностью до фактора 2.

Ключевые слова: фильтрация, жидкие загрязнения, пористый грунт, время впитывания, пористость, коэффициент фильтрации

Одним из важных и до сих пор недостаточно хорошо изученных источников загрязнения окружающей среды является фильтрация загрязненной воды и иных жидких загрязнений в грунте. Речь идет о фильтрации поверхностных сточных вод, загрязненных, например, нефтепродуктами или гербицидами, и о миграции грунтовых вод как через выведенные из эксплуатации, так и через действующие шламонакопители предприятий [1–7]. Ясно, что при такой миграции происходит загрязнение грунтовых вод токсичными отходами пищевой, нефтехимической, химической промышленности. Существенно, что загрязненные жидкости

A simple and cheap field method for determining the porosity of the soil and its filtration coefficient is considered. Graphs are presented for the direct determination of these parameters by the depth of a puddle of liquid on the surface of dry soil, the time of complete absorption of this liquid into the soil and the time of half absorption, during which the depth of the puddle decreases by 2 times. Simplified techniques are presented that allow us to limit ourselves to measuring the initial depth of the puddle and the time of its complete absorption and allow us to obtain an approximate estimate of the filtration coefficient with an accuracy of factor 2.

Keywords: filtration, liquid impurities, porous soil, absorption time, porosity, filtration coefficient

мигрируют не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении, в результате чего оказывается возможным загрязнение грунтовых вод на значительной территории, миграция загрязнений в реки и даже попадание их в системы водоснабжения населенных пунктов.

Общеизвестной теоретической основой для изучения фильтрации жидкостей в пористой среде является уравнение Дарси [8, 9], для решения которого необходимы экспериментальные данные об основных параметрах среды – пористости и коэффициенте фильтрации. Теоретический расчет этих параметров практически невозможен, а экспериментальное опре-

деление на стационарных установках является достаточно длительным и трудоемким процессом. Кроме того, при использовании стационарных установок для получения надежных результатов требуется тщательное соблюдение правил отбора, упаковки и транспортирования образцов грунта ненарушенного сложения. Поэтому широкое распространение получили полевые методы исследования коэффициента фильтрации [9], в основном связанные с накачкой или откачкой воды с использованием скважин и потому еще более трудоемкие. На этом фоне выгодно выделяется своей простотой и невысокой трудоемкостью такой полевой метод определения пористости и коэффициента фильтрации, как налив воды в шурф с последующим слежением за свободным понижением уровня воды в шурфе. По временной зависимости понижения уровня воды в шурфе можно определить как пористость грунта, так и его коэффициент фильтрации.

Один из вариантов этого метода рассматривается в данной работе. Мы рассматриваем случай «плоского» шурфа, горизонтальные размеры которого значительно превышают его глубину. По существу речь идет о неглубокой плоской «луже», поэтому можно использовать приведенные в [10] результаты решения 1D-задачи о динамике впитывания слоя жидкости в грунт.

Основным результатом [10] является формула

$$\frac{t}{t_0} = \frac{1}{1-m} \left(\frac{h_{e0} - h_e(t)}{h_{e0}} - \frac{m}{1-m} \times \ln \left(1 + \frac{1-m}{m} \frac{h_{e0} - h_e(t)}{h_{e0}} \right) \right). \quad (1)$$

Здесь t – время, прошедшее с начала впитывания; $h_e(t)$ – глубина лужи в данный момент времени; h_{e0} – глубина лужи в начальный момент времени ($h_{e0} = h_e(0)$); m – пористость грунта, параметр $t_0 = h_{e0}/C$, где C – коэффициент фильтрации грунта.

Для определения двух неизвестных параметров (m и C) не требуется полностью фиксировать временную зависимость глубины лужи $h_e(t)$ – вполне достаточно двух параметров, в качестве которых можно использовать время полного впитывания лужи t_1 ($h_e(t_1) = 0$) и время половинного впитывания лужи $t_{1/2}$ ($h_e(t_{1/2}) = h_{e0}/2$), в течение которого глубина лужи уменьшается в два раза в сравнении с исходной. Для этих параметров из (1) нетрудно получить

$$\frac{t_1}{t_0} = \frac{1}{1-m} \left(1 + \frac{m}{1-m} \ln(m) \right) \quad (2)$$

$$\frac{t_{1/2}}{t_0} = \frac{1}{1-m} \left(\frac{1}{2} - \frac{m}{1-m} \ln \left(\frac{m+1}{2m} \right) \right). \quad (3)$$

Существенно, что и время полного впитывания, и время половинного впитывания зависят от коэффициента фильтрации и исходной глубины лужи единообразно – лишь через параметр $t_0 = h_{e0}/C$. Поэтому их безразмерное отношение $\delta \equiv t_1/t_{1/2}$ не зависит ни от исходной глубины лужи, ни от коэффициента фильтрации и определяется лишь пористостью среды:

$$\delta = \frac{t_1}{t_{1/2}} = \frac{2(1-m+m \ln(m))}{1-m+2m \ln(2m/(1+m))} \equiv \varphi_1(m). \quad (4)$$

График функции $\delta = \varphi_1(m)$ приведен на рис. 1.

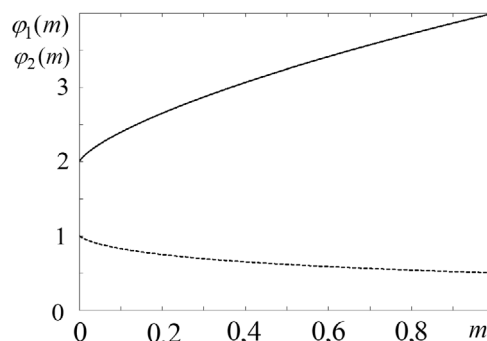


Рис. 1. Графики зависимости функций $\varphi_1(m)$ (сплошная кривая) и $\varphi_2(m)$ (штриховая кривая) от пористости среды m

Функция $\varphi_1(m)$ изменяется от 2 при $m \rightarrow 0$ до 4 при $m \rightarrow 1$. Видно, что эта функция монотонна и потому обратная к ней функция $m(\delta)$ однозначна и тоже монотонна. Данная функция изменяется от 0 при $\delta = 2$ до 1 при $\delta = 4$. График этой функции приведен на рис. 2.

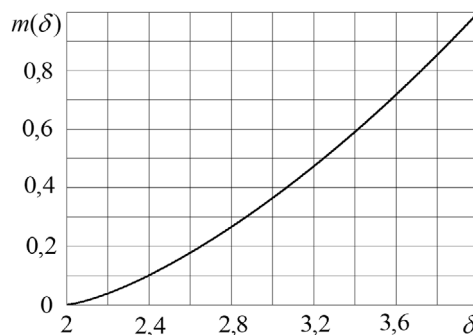


Рис. 2. График зависимости пористости среды m от отношения времени полного впитывания и половинного впитывания $\delta \equiv t_1/t_{1/2}$

Таким образом, измерив отношение времени полного впитывания к времени половинного впитывания $\delta \equiv t_1 / t_{1/2}$, можно найти пористость среды непосредственно с использованием рис. 2. Так, например, в случае $\delta = 3,4$ пористость среды равна 60 %.

Для коэффициента фильтрации из (2) имеем

$$C = \left(\frac{h_{e0}}{t_1} \right) \varphi_2(m), \quad (5)$$

где график функции

$$\varphi_2(m) \equiv \frac{1}{1-m} \left(1 + \frac{m}{1-m} \ln(m) \right) \quad (6)$$

также приведен на рис. 1. Функция $\varphi_2(m)$ монотонна и изменяется от 1 при $m \rightarrow 0$ до 1/2 при $m \rightarrow 1$. Измерив среднюю скорость впитывания $v_{av} = \left(\frac{h_{e0}}{t_1} \right)$ и уже зная пористость грунта, нетрудно найти и его коэффициент фильтрации.

Можно поступить еще проще, используя однозначную и монотонную функцию $\varphi_3(\delta) \equiv \varphi_2(m(\delta))$, график которой приведен на рис. 3, и формулу

$$C = \left(\frac{h_{e0}}{t_1} \right) \varphi_3(\delta). \quad (7)$$

Функция $\varphi_3(\delta)$ монотонно убывает от 1 при $\delta = 2$ до 1/2 при $\delta = 4$.

Таким образом, измерив всего три параметра – исходную глубину лужи h_{e0} , время полного впитывания t_1 и время половинного впитывания $t_{1/2}$ и найдя отношение $\delta \equiv t_1 / t_{1/2}$ можно

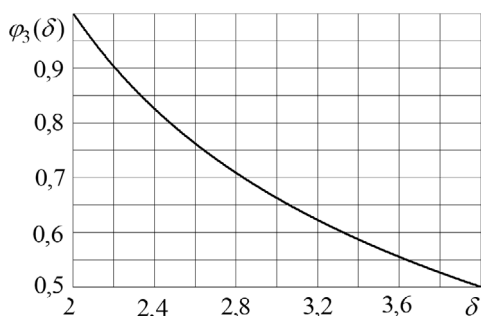


Рис. 3. График зависимости функции $\varphi_3(\delta) \equiv \varphi_2(m(\delta))$, необходимой для вычисления коэффициента фильтрации среды по формуле (7), от отношения времени полного впитывания и времени половинного впитывания $\delta \equiv t_1 / t_{1/2}$

по графику рис. 2 найти пористость среды, а по графику рис. 3 совместно с формулой (7) – ее коэффициент фильтрации.

Разумеется, описанный метод измерения пористости и коэффициента фильтрации имеет ряд очевидных недостатков и не может быть рекомендован для ответственных измерений, требующих особой надежности (например при проектировании). Тем не менее его простота и дешевизна (по существу требуется только лопата, линейка и часы) позволяет использовать его в тех случаях, когда главным критерием является оперативность и дешевизна измерений (например при проведении научных исследований).

За счет некоторого снижения точности процедуру измерения коэффициента фильтрации можно упростить еще больше, отказавшись от измерения пористости грунта и половинного времени впитывания. Действительно, из рисунка 3 видно, что функция $\varphi_3(\delta) \equiv \varphi_2(m(\delta))$ при любом значении параметра δ находится в пределах от 1 до 1/2, т. е. значение коэффициента фильтрации в любом случае находится в пределах от средней скорости впитывания

$v_{av} = \left(\frac{h_{e0}}{t_1} \right)$ до половины этой скорости:

$$\left(\frac{h_{e0}}{2t_1} \right) < C < \left(\frac{h_{e0}}{t_1} \right). \quad (8)$$

Если учесть, что обычно [10] пористость среды близка к 50 %, для грубых оценок можно пользоваться формулой

$$C = 0,62 \left(\frac{h_{e0}}{t_1} \right). \quad (9)$$

Выбор начальной глубины лужи при измерениях несущественен, поскольку, как известно [11], средняя скорость понижения уровня воды от исходной глубины лужи не зависит. Ясно, что из соображений удобства измерения времени впитывания исходная глубина лужи должна быть достаточно велика в случае сред в высокими значениями коэффициента фильтрации (типа крупнозернистых песков) и достаточно мала в случае сред с низкими значениями этого параметра (типа суглинков).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Теплых С.Ю. Охрана окружающей среды и экология гидросферы. Самара, 2015. 240 с.
2. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалев П.А., Саргсян А.М. Экологические аспекты воздействия по-

верхностных сточных вод с железнодорожных станций // Градостроительство и архитектура. 2013. № S4 (13). С. 83–88.

3. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А., Саргсян А.М. Оценка экологического состояния технической полосы отвода // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 3. С. 31–34.

4. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Бухман Н.С., Саргсян А.М. Анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 12. С. 63–72.

5. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А. Методика определения категории загрязненности железнодорожных путей // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: мат-лы 66-й Всерос. науч.-техн. конф. / СГАСУ. Самара, 2009. С. 109–111.

6. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А. Влияние хозяйственной деятельности на качественный состав поверхностных водотоков // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 8. С. 21–26.

7. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А., Саргсян А.М. Современное состояние вопроса сбора и очистки поверхностного стока с железной дороги // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 123–129.

8. Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации. М.: Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2009. 88 с.

9. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. Институт компьютерных исследований. Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. 628 с.

10. Бухман Н.С., Теплых С.Ю., Бухман Л.М. Динамика впитывания жидких загрязнений в пористый грунт // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. № 4 (132). С. 51–59.

11. Бухман Н.С., Теплых С.Ю., Бухман Л.М. О линейной зависимости времени впитывания скопления жидкости от высоты ее слоя на поверхности почвогрунта // Приволжский научный журнал. 2022. № 4 (64). С. 73–78.

REFERENCES

1. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu. *Okhrana okruzhayushchey sredy i ekologiya gidrosfery* [Environmental Protection and Hydrosphere Ecology]. Samara, 2015. 240 p.

2. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Environmental aspects of the impact of surface wastewater from railway stations. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban planning and architecture], 2013. no. S4(13), pp. 83–88. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.S4.23.

3. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Environmental assessment of the technical right-of-way. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Track and track facilities], 2014, no. 3, pp. 31–34. (un Russian)

4. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Bukhman N.S., Sargsyan A.M. Analysis and characteristics of surface runoff filtration in the ballast prism of the railway track. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2015, no. 12, pp. 63–72. (in Russian)

5. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A. Methodology for determining the category of contamination of railway tracks. *Aktual'nye problemy v stroitel'stve i arkhitekture. Obrazovanie. Nauka. Praktika: mat-ly 66-y Vseros. nauch.-tekhn. konf. / SGASU* [Actual problems in construction and architecture. Education. Science. Practice: checkpoints of the 66th All-Russia. scientific and technical conf. / SGASU]. Samara, 2009, pp. 109–111. (In Russian).

6. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A. Influence of economic activity on the qualitative composition of surface watercourses. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2014, no. 8, pp. 21–26. (in Russian)

7. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. The current state of the issue of collecting and cleaning surface runoff from the railway. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2014, no. 4, pp. 123–129. (in Russian)

8. Leontyev N.E. *Osnovy teorii fil'tratsii* [Fundamentals of filtration theory]. Moscow, Publishing house of the Center of applied researches at the MSU Faculty of Mechanics and Mathematics, 2009. 88 p.

9. Masket M. *Techenie odnorodnykh zhidkostey v poristoy srede. Institut komp'yuternykh issledovaniy* [Flow of homogeneous liquids in a porous medium. Institute for Computer Studies]. Moscow – Izhevsk: Research Center “Regular and Chaotic Dynamics”, 2004. 628 p.

10. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Bukhman L.M. Dynamics of absorption of liquid contaminants into porous soil. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov* [Problems of collection, treatment and transportation of oil and petroleum products], 2021, no. 4(132), pp. 51–59. (in Russian)

11. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Bukhman L.M. On the linear dependence of the time of fluid accumulation absorption on the height of its layer on the soil surface. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2022, no. 4(64), pp. 73–78. (in Russian)

Об авторах:

БУХМАН Николай Сергеевич

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

БУХМАН Любовь Михайловна

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

BUKHMAN Nikolay S.

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

BUKHMAN Lyubov M.

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

Для цитирования: Бухман Н.С., Бухман Л.М. Метод определения пористости и коэффициента фильтрации грунта in situ // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 4–8. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.01.
For citation: Bukhman N.S., Bukhman L.M. On one method for determining the porosity and filtration coefficient of soil in situ. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 4–8. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.01.

О. Б. НАСЧЕТНИКОВА
А. С. СОКОЛКИНА
А. Ф. ШАБУНИН
А. Ф. НИКИФОРОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ КИСЛЫХ ШАХТНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ-УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

TECHNOLOGY FOR PURIFICATION OF ACID MINE WATER USING THE COMPLEXATION-ULTRAFILTRATION METHOD

Проблема очистки металлосодержащих кислых шахтных вод для Уральского региона крайне актуальна. На территории региона отмечено 5 рудников, оказывающих существенное воздействие на экологическое состояние водного бассейна Свердловской области. Среди них Лёвихинский медный рудник под г. Кировградом, условно очищенные шахтные воды которого поступают в р. Тагил. Результаты мониторинга состояния реки показали неэффективность действующей системы очистки. В результате исследований авторами была разработана принципиальная комплексная технологическая схема очистки шахтных вод с применением метода комплексообразования-ультрафильтрации и использованием доступного, экономически выгодного реагента, производимого в РФ, – гумата калия. Эффективность технологической схемы подтверждена лабораторными испытаниями.

Ключевые слова: очистка шахтных вод, извлечение ионов меди и железа, природоподобные технологии, комплексообразование, гуматы, ультрафильтрация

The problem of purification of metal-containing acidic mine waters is extremely relevant for the Ural region. It noted 5 mines that have a significant impact on the ecological state of the water basin of the Sverdlovsk Region. Among them is the Levikhinsky copper mine near Kirovgrad, the conditionally purified mine waters of which flow into the Tagil River. Results of monitoring the state of the river. Tagil showed the ineffectiveness of the current treatment system. As a result of our research, a fundamental integrated technological scheme for the purification of mine waters was developed using the complexation-ultrafiltration method and the use of an accessible, cost-effective reagent produced in the Russian Federation – potassium humate. The effectiveness of the technological scheme has been confirmed by laboratory tests.

Keywords: purification of mine waters, extraction of copper and iron ions, nature-like technologies, complex formation, humates, ultrafiltration

Проблема очистки металлосодержащих кислых шахтных вод для Уральского региона крайне актуальна. В постановлении Правительства Свердловской области № 353 отмечено 5 рудников, оказывающих существенное воздействие на экологическое состояние водного бассейна.

Среди них Лёвихинский медный рудник под г. Кировградом. Он был заброшен в 2003 г., а затем затоплен. В настоящее время имеет место значительный водоотлив условно очищенных кислых шахтных вод, что крайне негативно влияет на состояние акватории. Результаты мониторинга состояния Тагила показали неэффективность действующей системы очистки. Превышение предельно допустимой концентрации меди в реке достигало 80 раз, железа – 8 [1].

Данная проблема широко освещалась СМИ в 2012–2014 гг. [2]. Совместно с Уральским федеральным университетом (УрФУ) был раз-

работан проект, содержащий технологию по извлечению цинка и меди из шламов и с полной очисткой шахтных вод до требований ПДК, но он не был реализован. В 2020 г. Свердловским Департаментом госзакупок был проведен тендер, по которому Институт горного дела УрО РАН должен был провести оценку состояния окружающей среды и дать рекомендации по минимизации загрязнения [3]. Исследование должно было завершиться к декабрю 2021 г., однако информация о его результатах так и не была представлена.

Таким образом, проблема очистки шахтных вод Лёвихинского медного рудника и вод других схожих объектов актуальна и на сегодняшний день.

Целью исследования является разработка и обоснование технологии, позволяющей очистить шахтные воды от ионов Fe(III) и Cu(II)

с применением метода комплексообразования и последующей ультрафильтрации (КОУФ). В качестве комплексообразователя в работе использовали гумат калия (ГК) [4]. Предмет исследования – реальные шахтные воды Лёвехинского рудника, загрязненные тяжёлыми металлами и их солями.

Гумат калия – это природное вещество, в больших количествах присутствующее в плодородных почвах, торфе и природных водах. В ряде научных статей [5, 6] приводятся сведения об эффективном связывании тяжелых цветных металлов гуминовыми соединениями с образованием прочных нерастворимых комплексов.

Используя гуматы калия для извлечения тяжелых металлов из водных растворов, мы практически моделируем природоподобную технологию, которая имеет место в любой природной водной экосистеме: болотах, реках, прудах при образовании илстых донных отложений. За счет этого частично обеспечивается своеобразное самоочищение водных объектов от ионов металлов.

Данные исследования представляют большой научный интерес в свете развития инновационных природоподобных технологий, а также имеют высокую практическую значимость при разработке технологий очистки металлосодержащих сточных вод, особенно кислых шахтных и подотвалных вод.

Анализ работ [7, 8] позволяет нам выделить основные рабочие параметры комплексообразования, позволяющие спланировать эксперимент по очистке шахтных вод. Такими параметрами являются: pH среды, концентрация тяжелого металла в исходном растворе, массовое соотношение комплексообразователя с металлом (далее К:Ме) и время их смешивания.

Проверка работоспособности технологии очистки реальных шахтных вод Лёвехинского медного рудника от ионов Fe(III) и Cu(II) производилась в три этапа. На первом этапе было определено: доза извести, необходимая для повышения pH до 5,5; тип и доза флокулянта, требующегося для интенсификации процесса отстаивания (первая ступень очистки).

На втором этапе было проведено тестирование метода КОУФ для доочистки осветленной воды (вторая ступень очистки).

Третьим этапом стал заключительный эксперимент по обработке реальных шахтных вод Лёвехинского медного рудника, моделирующий основные ступени очистки, в соответствии с ранее определенными оптимальными технологическими параметрами.

Обработка шахтных вод проходила в соответствии со следующим регламентом: обработка стока известковым молоком до pH 5,5; интенсивное перемешивание обработанного

стока в течение 10 мин с градиентом скорости $G = 200 \text{ с}^{-1}$; обработка стока раствором флокулянта серии «Праестол»; интенсивное перемешивание в течение 30 с с $G = 200 \text{ с}^{-1}$; флокуляционное перемешивание обработанного стока в течение 5 мин с $G = 40 \text{ с}^{-1}$; отстаивание до гидравлической крупности 0,3 мм/с; обработка осветленного стока раствором гумата калия (ГК); интенсивное перемешивание в течение 30 с обработанного стока с $G = 200 \text{ с}^{-1}$; флокуляционное перемешивание обработанного стока в течение 20 мин с $G = 40 \text{ с}^{-1}$; ультрафильтрация на лабораторной установке с полуволоконной мембраной.

Схема лабораторной ультрафильтрационной установки представлена на рис. 1.

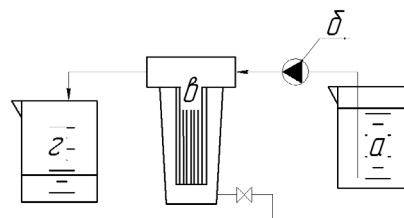


Рис. 1. Схема лабораторной ультрафильтрационной установки:

а – емкость, для исходного разделяемого раствора; б – центробежный насос; в – корпус мембранного аппарата с ультрафильтрационным модулем из полуволоконных мембран; г – приемная емкость пермеата

Fig. 1. Diagram of laboratory ultrafiltration unit: а – capacity for initial separated solution; б – centrifugal pump; в – membrane apparatus housing with ultrafiltration module made of hollow fiber membranes; г – permeate receiving capacity

Рабочая поверхность мембраны в модуле составляет $0,75 \text{ м}^2$. Рабочее давление 0,1 МПа. В ходе мембранного разделения обрабатываемый раствор концентрировали в корпусе мембранного аппарата, а очищенный раствор накапливали в приемной емкости пермеата. Контроль показателей Fe(III) и Cu(II) в пермеате проводили методом хроматографии.

Основную характеристику процесса комплексообразования с последующей ультрафильтрацией – селективность мембран или степень извлечения ионов металлов (φ) определяли по формуле

$$\varphi = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \times 100 \%,$$

где C_1 , C_2 – концентрация ионов металлов в исходном растворе и в пермеате, мг/дм³.

В ходе экспериментов по выбору флокулянта было исследовано три флокулянта: Праестол

2540, 2500, 655. В ходе экспериментов дозы флокулянтов приняты равными $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

По результатам опыта был выбран флокулянт Праестол 2500, не диссоциирующий в водных растворах на ионы (неионогенный).

Результаты опытов по оценке влияния дозы флокулянта Праестол 2500 на остаточную мутность обработанных шахтных вод Лёвихинского рудника приведены на рис. 3.

Как следует из рисунка, мутность обработанного стока снижается в зависимости от дозы введенного флокулянта. Установлено, что оптимальной дозой является концентрация флокулянта 1 мг/дм^3 . Дальнейшее ее увеличение не оказывает существенного влияния на снижение мутности.

Кроме того, в ходе экспериментов определено, что степень извлечения Fe(III) и Cu(II) составляет 90 % при соотношении К:Ме 7:1, которое является оптимальным.

Результаты эксперимента по каждой ступени очистки шахтных вод приведены в таблице.

В результате лабораторных испытаний удалось получить высокие проценты извлечения ионов меди – до 98–97 % и железа – до 99,9 %, что доказывает работоспособность предложенных методов очистки.

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных разработана принципиальная комплексная технологическая схема очистки шахтных вод с применением метода комплексообразования-ультрафильтрации с использованием доступного, экономически выгодного реагента, производимого в России – гумата калия.

Принципиальная технологическая схема представлена на рис. 4.

Согласно схеме, очистка шахтных вод включает в себя две ступени и последующее обеззараживание.

Первая ступень – реагентное отстаивание, при котором происходит частичная нейтрали-

зация (до pH 5–5,5) и осветление шахтных вод за счет введения известкового молока и флокулянта: шахтные воды подаются в смеситель, где равномерно смешиваются с известковым молоком. На выходе из смесителя в трубопровод не-

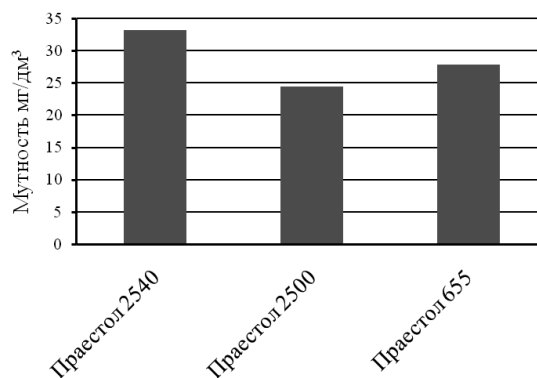


Рис. 2. Зависимость мутности осветленных шахтных вод Лёвихинского рудника от типа флокулянта
Fig. 2. Dependence of turbidity of clarified mine waters of Levikhinsky mine on flocculant type

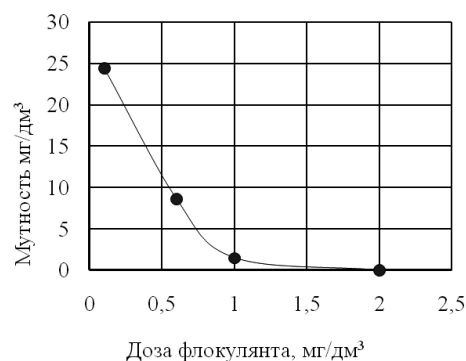


Рис. 3. Зависимость мутности осветленных шахтных вод Лёвихинского рудника от дозы флокулянта Праестол 2500
Fig. 3. Dependence of turbidity of clarified mine waters of Levikhinsky mine from the dose of Praestol 2500 flocculant

Результаты очистки шахтных вод Лёвихинского рудника Results of mine water treatment at Levikhinsky mine

Показатель	Исходные шахтные воды	Первая ступень очистки	Вторая ступень очистки	Требования ПДК для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения
pH	2,1	5,5	6,5	6,5–8,5
Fe (III), мг/дм³	988,70	17,78 (98,20 %)	0,1 (99,44 %)	0,1
Cu(II), мг/дм³	16,75	0,29 (98,27 %)	0,002 (99,31 %)	0,001

Примечание – в скобках приведено значение степени извлечения компонента по сравнению с предыдущей ступенью.

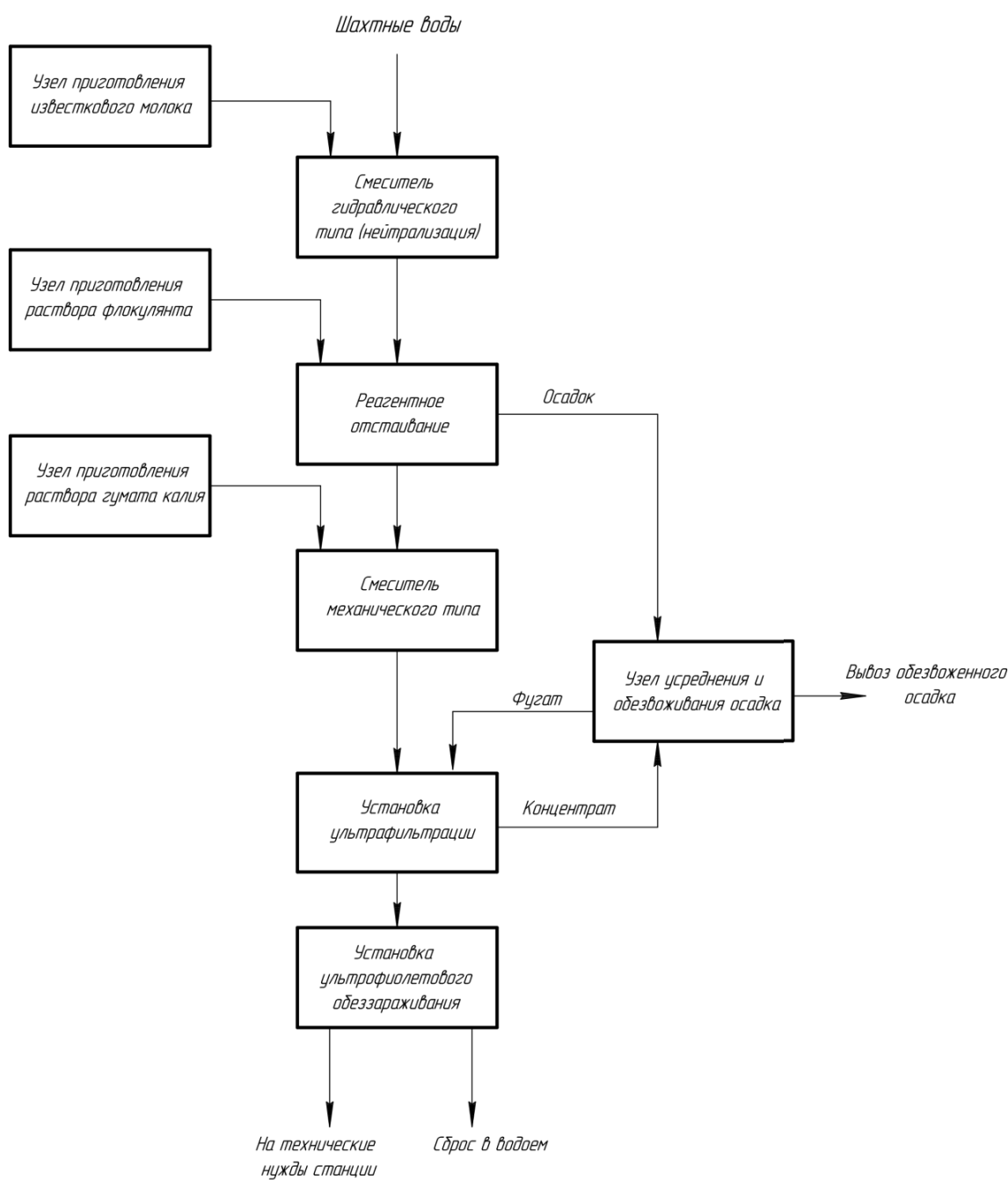


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема обработки шахтных вод Лёвихинского рудника
Fig. 4. Process Flow Diagram of Levikhinsky Mine Water Treatment

посредственно перед отстойником осуществляется ввод флокулянта. В отстойнике происходят процессы осаждения взвешенных веществ и частичная нейтрализация кислых шахтных вод с образованием гидроксидов металлов.

Вторая ступень – применение метода КОУФ, что обеспечивает доочистку шахтных

вод от ионов тяжелых металлов: обработанные шахтные воды поступают в смеситель, где происходит их смешивание с раствором ГК. После они поступают в резервуар, откуда под давлением подаются на ультрафильтрационную установку (УФ), состоящую из капиллярно-пористых элементов. После доочистки шахтных

вод на УФ установке они поступают на установку ультрафиолетового обеззараживания (УФО) для обеспечения бактериологической безопасности. После УФО часть очищенных шахтных вод забирают на собственные нужды станции (узел приготовления реагентов), а часть сбрасывают в водоем.

Осадок из отстойника флокулятора и концентрат с установки ультрафильтрации подаются в сгуститель, откуда поступают на фильтр-пресс для обезвоживания.

Обезвоженный осадок вывозится на площадки складирования с целью последующей термической обработки и обогащения руды.

Вывод. Предложенная схема позволяет значительно сократить потребление извести – с 9 до 2 г/дм³. Получающийся в результате технологии осадок обладает меньшей токсичностью по сравнению со шламами традиционных станций нейтрализации шахтных вод, так как не содержит гидрооксиды тяжелых цветных металлов, которые в процессе очистки образуют труднорастворимые устойчивые хелатные (внутрикомплексные) соединения с гуматами. Опробованная на начальной стадии лабораторных испытаний технология показала хорошие результаты, что говорит о необходимости продолжения исследований в данной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беда локального масштаба. Как пытаются решить проблему уральской Лёвихи [Электронный ресурс]. URL: <https://fedpress.ru/article/2551376> (дата обращения: 28.04.2023).
2. Почему Лёвиха стала символом экологических проблем Среднего Урала [Электронный ресурс]. URL: <https://fedpress.ru/article/2538144> (дата обращения: 28.04.2023).
3. Уральский изобретатель о способе очистить Лёвихинский рудник [Электронный ресурс]. URL: <https://fedpress.ru/expert-opinion/2536548> (дата обращения: 28.04.2023).
4. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: МГУ, 1990. 325 с.
5. Адсорбционная способность природных и окисленных гуминовых кислот низинного торфа по отношению к тяжелым металлам / Л.В. Переломов, Д.Л. Пинский, И.В. Переломова, Ю.М. Атрошенко // Агрохимия. 2019. № 12. С. 66–74.
6. Будаева А.Д., Золтоев Е.В., Жамбалова Б.С. Выделение гуминовых кислот из окисленных бурых углей и их сорбционные свойства // Горный информационно-аналитический бюллетень [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vydelenie-guminovyh-kislot-iz-okislennyh-buryh-ugley-i-ih-sorbtsionnye-svoystva> (дата обращения: 28.04.2023).

7. Complexation of humic acid with Fe ions upon persulfate/ferrous oxidation: Further insight from spectral analysis / Xiaodong Li, Bin Wu, Qian Zhang [et al.] // Journal of Hazardous Materials. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420310608> (accessed 15 November 2020).

8. Сорбционная способность гуминовых веществ торфов различного происхождения Тульской области по отношению к ионам Pb(II) / Е.Д. Дмитриева, А.А. Горячева, М.М. Леонтьева [и др.] // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2015. № 4. С. 205–219.

REFERENCES

1. Trouble of a local scale. How they are trying to solve the problem of the Ural Levikha. Available at: <https://fedpress.ru/article/2551376> (accessed 28 April 2024).
2. Why Levikha has become a symbol of environmental problems of the Middle Urals. Available at: <https://fedpress.ru/article/2538144> (accessed 28 April 2024).
3. Ural inventor on a way to clean the Levikhinsky mine. Available at: <https://fedpress.ru/expert-opinion/2536548> (accessed 28 April 2024).
4. Orlov D.S. *Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* [Humic acids of soils and the general theory of humification]. Moscow, MGU, 1990. 325 p.
5. Perelekov L.V., Pinsky D.L., Perelekova I.V., Atroshchenko Yu.M. Adsorption capacity of natural and oxidized humic acids of lowland peat with respect to heavy metals. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2019, no. 12, pp. 66–74. (in Russian)
6. Budaeva A.D., Zoltoev E.V., Zhambalova B.S. Isolation of humic acids from oxidized brown coals and their sorption properties. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining Information and Analytical Bulletin]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vydelenie-guminovyh-kislot-iz-okislennyh-buryh-ugley-i-ih-sorbtsionnye-svoystva> (accessed 28 April 2024).
7. Xiaodong Li, Bin Wu, Qian Zhang [et al.]. Complexation of humic acid with Fe ions upon persulfate/ferrous oxidation: Further insight from spectral analysis. *Journal of Hazardous Materials*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420310608> (accessed 15 November 2020).
8. Dmitrieva E.D., Goryacheva A.A., Leontyeva M.M. [et al.]. Sorption capacity of humic substances of peats of various origin of the Tula region in relation to Pb (II) ions. *Izvestiya TulGU. Estestvennye nauki* [Izvestia TulSU. Natural sciences], 2015, no. 4, pp. 205–219. (in Russian)

Об авторах:

НАСЧЕТНИКОВА Ольга Борисовна

кандидат химических 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: o.b.naschetnikova@urfu.ru

СОКОЛКИНА Александра Сергеевна

инженер 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: sokolkina-sasha@yandex.ru

ШАБУНИН Артем Федорович

аспирант 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: 6565792@gmail.com

НИКИФОРОВ Александр Федорович

доктор технических наук, профессор, 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: alex.f.nikiforov@mail.ru

NASCHETNIKOVA Olga B.

PhD in Chemical 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, Yekaterinburg, Mira str., 17
E-mail: o.b.naschetnikova@urfu.ru

SOKOLKINA Alexandra S.

Engineer of the Water Management and Water
Technology Chair
Ural Federal University named after the First President
of Russia B.N. Yeltsin
620002, Russia, Yekaterinburg, Mira str., 17
E-mail: sokolkina-sasha@yandex.ru

SHABUNIN Artem F.

Postgraduate student of the Water Management
and Water Technology Chair
Ural Federal University named after the First President of
Russia B.N. Yeltsin
620002, Russia, Yekaterinburg, Mira str., 17
E-mail: 6565792@gmail.com

NIKIFOROV Alexander F.

Doctor of Technical Sciences, 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, Yekaterinburg, Mira str., 17
E-mail: alex.f.nikiforov@mail.ru

Для цитирования: Насчетникова О.Б., Соколкина А.С., Шабунин А.Ф., Никифоров А.Ф. Технология очистки кис-
лых шахтных вод с применением метода комплексообразования-ультрафильтрации // Градостроительство
и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 9–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.02.

For citation: Naschetnikova O.B., Sokolkina A.S., Shabunin A.F., Nikiforov A.F. Technology for purification of acid
mine water using the complexation-ultrafiltration method. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and
Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 9–14. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.02.

Б. Н. ДРИКЕР
А. А. ПРОТАЗАНОВ

ИСПЫТАНИЯ МАГНИЕВЫХ КОМПЛЕКСОНАТОВ НИТРИЛОТРИМЕТИЛЕНОФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА И СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ

TESTING OF MAGNESIUM COMPLEXATES
OF NITRILOTRIMETHYLENE PHOSPHONIC ACID
TO PREVENT METAL CORROSION AND SALT DEPOSITS

Работа посвящена испытаниям магниевого комплексоната нитрилотриметиленофосфоновой (НТФ) кислоты в качестве реагента, снижающего величину скорости коррозии и количество образующихся минеральных отложений. Скорость коррозии контролировали методом измерения поляризационного сопротивления воды на приборе «Эксперт-004». В ходе проделанной работы установлена высокая эффективность ингибирования солеотложений и коррозии в котельной г. Полевский, работающей на воде городского пруда. Предложен и испытан в производственных условиях комплексный ингибитор солеотложений и коррозии Mg-НТФ в технологических системах ООО «УРАЛ-сахар 1», что позволило существенно сократить эксплуатационные и капитальные затраты.

Ключевые слова: водные объекты, ингибирование солеотложений и коррозии, органофосфонаты, водоснабжение, коррозия

The work is devoted to testing magnesium complexonate nitrilotrimethylenephosphonic (NTP) acid as a reagent that reduces the corrosion rate and the amount of mineral deposits formed. The corrosion rate was controlled by measuring the polarization resistance of water using the Expert-004 device. In the course of the work done, a high efficiency of inhibition of scale deposits and corrosion was established in the boiler house of the city of Polevsky, operating on the water of the city pond. A complex scale and corrosion inhibitor Mg-NTF was proposed and tested under production conditions in the technological systems of URAL-Sakhar 1 LLC, which made it possible to significantly reduce operating and capital costs.

Keywords: water bodies, inhibition of salt deposition and corrosion, organophosphonates, water supply, corrosion

Для сокращения водопотребления при создании ресурсосберегающих технологий и охраны окружающей среды современные тенденции в области водопользования предполагают наряду с предотвращением солеотложений уменьшение величины коррозии конструктивных стальных с использованием ингибиторов, в частности органофосфонатов (ОФ) и их комплексонатов [1–3]. Возможность их использования определяется как экономическими, так и экологическими аспектами [4, 5].

В зависимости от условий эксплуатации, для ингибирования солеотложений расход реагентов составляет 1–5 мг/л, для ингибирования коррозии он увеличивается на порядок и составляет 10–100 мг/л обрабатываемой воды. При этом величина коррозии для конструктивных стальных снижается и составляет менее 100 мкм/год.

Однако фактически наблюдаемый защитный эффект не является стабильным и не продолжителен по времени. Для достижения снижения

уровня коррозии до значений ниже нормативных (менее 100 мкм/год) требуется постоянное поддержание определенной концентрации ингибитора.

Сравнительно высокий расход реагента для ингибирования коррозии ограничивает возможности его применения в системах охлаждения промышленных предприятий (средняя стоимость реагента отечественного производства составляет 120 тыс. руб. за тонну товарного продукта), что неприемлемо для систем отопления и горячего водоснабжения, в которых вода должна соответствовать питьевому качеству.

Целью данной работы является экспериментальная проверка эффективности ингибирования коррозии и солеотложений магниевым комплексонатом нитрилотриметиленфосфоновой кислоты (Mg-НТФ) в реальных водных системах.

Для выяснения возможности использования реагентов для ингибирования коррозии и солеотложений обработке подвергали:

1) химочищенную воду пруда машиностроительного завода, используемую для нужд котельной южной части г. Полевский;

2) техническую воду предприятия «Урал-сахар 1», в которой вода используется для собственных нужд, в т. ч. систем отопления и ГВС (температура подогрева не превышает 80 °С).

В ходе проведения испытаний контролировали скорость коррозии методом измерения поляризационного сопротивления воды на приборе «Эксперт-004» (выпускаемого ОАО «Эконикс эксперт») [6] и количество образовавшихся отложений на теплопередающей поверхности.

Для разработки технологии ингибирования коррозии и снижения минеральных отложений в тепловых сетях южной части г. Полевский исследование проводили на воде пруда машиностроительного завода в городе. Состав воды представлен в табл. 1.

Учитывая качество источника водопотребления, проверку возможности применения ингибиторов на основе ОФ при температуре 60–90 °С проводили при концентрации по НТФ 0, 5 мг/л. Экспозиционное время составляло 180 мин. Исследования проводили на установке, представленной в [7]. Результаты исследования приведены на рис. 1 и в табл. 2.

Для предотвращения коррозии применяли смеси, включающие НТФ и ее комплексоны с цинком и магнием. Составы получали, растворяя оксиды цинка и магния в 2,5 %-м растворе НТФ, при мольном соотношении НТФ:Ме – 2,5:1.

Согласно рис. 1, можно заметить, что использование даже малых концентраций комплексонов (0, 5 мг/л) полностью предотвращает образование минеральных отложений.

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что применение смесей, содержащих как цинковые, так и магниевые комплексоны, демонстрирует высокую эффективность в ингибировании коррозии. Это проявляется в значи-

тельном сокращении скорости коррозии более чем в 10 раз при концентрации ингибиторов ≥ 15 мг/л. При этом содержание цинка и магния составляет 1,3 и 0,48 мг/л соответственно. Результаты, представленные на рис. 2, могут служить косвенным доказательством образования защитного покрытия на поверхности металла.

В начальный период времени (рис. 2) процесс образования защитной пленки происходит достаточно быстро (в первые 60–90 мин). Можно предположить, что сначала комплексоны активно реагируют с поверхностью металла,

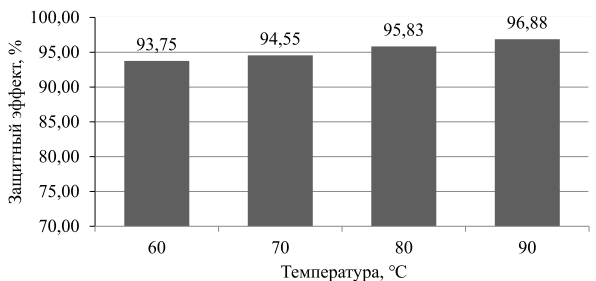


Рис. 1. Ингибирование солейотложений
Fig. 1. Scale inhibition

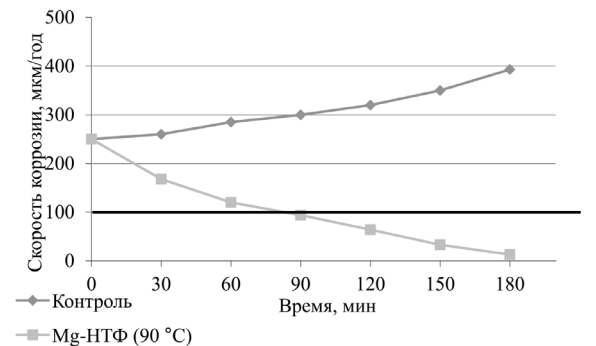


Рис. 2. Изменение величины коррозии.
Концентрация реагента – 20 мг/л
Fig. 2. Change in the amount of corrosion.
Reagent concentration – 20 mg/l

Таблица 1. Состав воды пруда машиностроительного завода, г. Полевский
Table 1. Composition of water in the pond of the machine-building plant, Polevskoy

Показатель качества	Вода пруда машиностроительного завода, г. Полевский
pH, ед. pH	7,1
Железо общее, мг/л	0,052
Хлориды, мг/л	14
Сульфаты, мг/л	35
Жесткость общая, мг-экв/л	1, 5
Щелочность, мг-экв/л	1, 0

Таблица 2. Ингибирование коррозии
Table 2. Corrosion inhibition

Реагент	Температура, °С	Концентрация, мг/л	Скорость коррозии, мкм/год
Контроль	60	–	304±3
	70		323±6
	80		393±6
НТФ-Mg	60	10	154±4
	70		163±6
	80		193±4
	60	15	73±2
	70		76±3
	80		94±3
	60	20	13±5
	70		13±4
	80		22±7
НТФ-Zn	60	10	135±2
	70		139±1
	80		143±2
	60	15	54±3
	70		58±4
	80		72±5
	60	20	15±3
	70		17±3
	80		20±2

образуя защитный слой. Возможный механизм ингибирования коррозии заключается в электрофильном замещении металла в комплексонате катионами железа ($\text{MeLn}^+ + \text{Fe}^{2+} = \text{MeLn}^+ + \text{Me}^{2+}$) с последующим связыванием катиона металла в гидроксид ($\text{Me}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Me}(\text{OH})_2$).

С учетом полученных экспериментальных данных в проект реконструкции котельной г. Полевский включена реагентная обработка воды с помощью магниевого комплексоната НТФ (принципиальная схема получения реагента показана на рис. 3).

Результаты испытаний воды показали скорость коррозии стали на уровне 300-400 мкм/год при температуре 60–80 °С, что объясняется наличием кислорода в воде. Основываясь на проведенных на воде верхнего пруда г. Полевский лабораторных исследованиях, рекомендуется использовать композиции на основе магниевого комплексоната НТФ (Mg-НТФ) или цинкового Zn-НТФ в качестве универсального ингибитора солеотложений и коррозии. Согласно полученным данным в лабораторных условиях, оптимальная концентрация Mg-НТФ или Zn-НТФ при температуре 60–80 °С составляет

20 мг/л. При такой концентрации наблюдается отсутствие отложений минеральных солей, а скорость коррозии снижается до 10-20 мкм/год. Рекомендуется дозировать реагент Mg-НТФ (или Zn-НТФ) в подпиточную воду котельной с использованием насоса-дозатора в автоматическом режиме.

С учетом качества воды разработана технология ингибирования коррозии и солеотложений для ООО «УРАЛ-сахар 1». Испы-

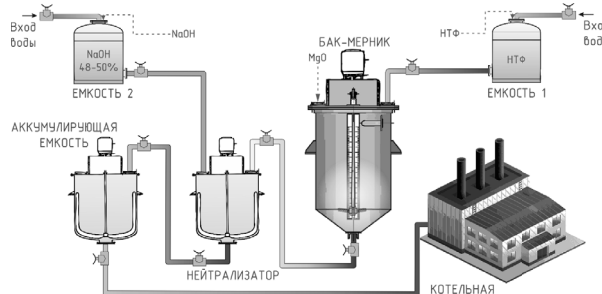


Рис. 3. Схема получения магниевого комплексоната НТФ для нужд котельной г. Полевский
Fig. 3. Scheme for obtaining magnesium complexonate NTP for the needs of the boiler house in Polevsky

тания реагента Mg-НТФ были проведены на ООО «УРАЛ-сахар 1» в период с 17.10.2022 по 03.04.2023 гг. ООО «УРАЛ-сахар 1» снабжает производственную компанию ООО «Ново-Корм» технической водой путем подачи ее из скважины. Вода используется для собственных нужд, в том числе систем отопления и ГВС (температура подогрева не превышает 80 °С).

Ежегодные затраты на замену технологического оборудования составляют 184 тыс. руб.

Подача ингибитора осуществлялась в аккумулялирующую емкость при помощи насоса-дозатора (рис. 4).

В табл. 3 приведены показатели качества воды в период проведения испытаний.

Результаты сравнительных испытаний за период с 17.10.2022 по 03.04.2023 гг. представлены в табл. 4.

Из данных, представленных в табл. 4, видно, что предлагаемые ингибиторы позволяют снизить величину коррозии с 185 до 11–79 мкм/год при концентрации реагента 10-20 мг/л. Магний-содержащий комплексонат не уступает по эффективности ингибирования коррозии цинковому аналогу.

На основании проведенных испытаний принято решение об использовании реагента

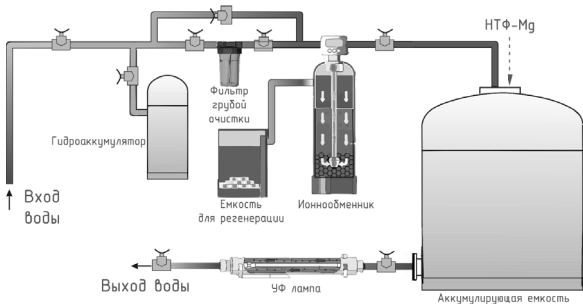


Рис. 4. Схема водоподготовки на предприятии ООО «УРАЛ-сахар 1» с точкой ввода ингибитора
Fig. 4. Scheme of water treatment at the Ural-Sakhar 1 LLC enterprise with an inhibitor injection point

«Mg-НТФ» для снижения коррозионного разрушения конструкционной стали. По результатам проверки и определения оптимальной концентрации реагента-ингибитора «Mg-НТФ» в эксплуатационных условиях установлены нормы по расходу реагентов, работающих на технической воде. Ежегодные затраты на нужды ООО «Ново-Корм» составляют 184 тыс. руб. Экономический эффект от внедрения реагентной обработки воды магний-содержащим комплексонатом нитрилотри-

Таблица 3. Состав исходной воды
Table 3. Composition of source water

Показатель качества	Вода ООО «УРАЛ-сахар 1»
рН, ед. рН	7,2
Железо общее, мг/л	0,09
Хлориды, мг/л	5
Сульфаты, мг/л	55
Жесткость общая, мг-экв/л	8,1
Щелочность, мг-экв/л	5,3

Таблица 4. Результаты сравнительных испытаний
Table 4. Comparative test results

Реагент	Дата	Концентрация реагента в системе по НТФ, мг/л	Скорость коррозии, мкм/год
Без реагента	17.10.2022	–	185
	18.10.2022		187
	19.10.2022		186
	20.10.2022		182
	21.10.2022		188
	21.10.2022		191
	26.10.2022		188
	27.10.2022		186
	28.10.2022		185

Окончание табл. 4

Реагент	Дата	Концентрация реагента в системе по НТФ, мг/л	Скорость коррозии, мкм/год
Zn-НТФ	31.11.2022	15	66
	01.11.2022		64
	02.11.2022		69
	03.11.2022		68
	10.11.2022		59
	17.11.2022		65
	24.11.2022		66
Mg-НТФ	01.12.2022	15	51
	03.12.2022		54
	13.12.2022		57
	21.12.2022		49
	22.12.2022		57
	25.12.2022		55
	28.12.2022		53
	09.01.2023	17	39
	10.01.2023		35
	13.01.2023		37
	18.01.2023		36
	25.01.2023		41
	02.02.2023	10	86
	04.02.2023		79
	09.02.2023		75
	13.02.2023		78
	17.02.2023		82
	24.02.2023		69
	27.02.2023		70
	28.02.2023		71
	05.03.2023	12	67
	10.03.2023		64
	14.03.2023		65
	17.03.2023		66
	24.03.2023		66
	29.03.2023		69
	02.04.2023	20	18

метиленфосфоновой кислоты в производственных условиях подачи воды для нужд ООО «НоваКорм» составляет более 100 тыс. руб.

Таким образом, результаты проведенных исследований внесены в проект реконструкции котельной г. Полевский, работающей на воде городского пруда. Применение композиций на основе магниевого комплексоната НТФ позво-

лит значительно улучшить работу котельной и снизить затраты на ее эксплуатацию. В ООО «УРАЛ-сахар 1» был предложен и испытан комплексный ингибитор солеотложений и коррозии на основе НТФ с магнием в технологических системах. После его внедрения удалось существенно сократить расходы на обслуживание и ремонт оборудования. Это улучшило

производственные показатели и даёт возможность снизить капитальные затраты на модернизацию технологических систем.

Для открытого водоразбора использование реагентов в концентрациях более 5 мг/л выглядит экономически и экологически недостаточно оправданно. Целесообразность предварительного нанесения защитного покрытия позволит не только снизить расход реагентов с целью их применения в системах с открытым водоразбором, но и защитить поверхность металла от коррозии.

С целью снижения расхода реагентов разработана технология обработки поверхности металла с целью уменьшения и предотвращения коррозии в водных растворах, пригодная для обработки изделий с металлической поверхностью любых размеров, в том числе крупногабаритных деталей по месту их нахождения [8, 9].

Нанесение антикоррозионного покрытия осуществляли как на прокорродировавшую поверхность металла (продуктами коррозии толщиной 0,1–0,2 мм), так и на отшлифованную наждачной бумагой различной зернистости. Перед нанесением защитного покрытия электроды опускали в 1–5-й % раствор фосфорной кислоты и выдерживали в течение 30–15 мин. Затем их промывали водой для удаления кислоты. В качестве ингибитора коррозии использовали магнийевый и цинковый комплексоны нитрилотриметиленфосфоновой кислоты при концентрациях 75–200 мг/л по НТФ, в которые погружали электроды. Величину защитного

покрытия определяли методом эллипсометрии (спектральный светодиодный эллипсометр SPEL-7LED). В табл. 5 представлены некоторые данные по наращиванию защитного покрытия.

Из данных, представленных в табл. 5, видно, что толщина образующегося защитного покрытия зависит от состава раствора и времени экспозиции. С ростом концентрации НТФ до 200 мг/л, магния с 3 до 6 мг/л, цинка с 8 до 16 мг/л происходит увеличение толщины защитного покрытия при одновременном снижении времени для ее увеличения. При концентрациях менее 100 мг/л НТФ, магния менее 3 мг/л (цинка менее 8 мг/л) толщина защитного покрытия составляет 17 и 25 нм соответственно, при времени экспозиции 24 ч.

Полученные результаты подтверждают механизм защитного действия и эффективность антикоррозионной защиты поверхности металлов путем нанесения защитных покрытий. Определяющим фактором продолжительности защитного действия является толщина покрытия. Нанесение защитных покрытий позволит существенно снизить расход реагентов при ингибировании солеотложений и коррозии. В качестве примера на рис. 5 представлена принципиальная схема получения защитного покрытия на внутренней поверхности водогрейных котлов, предназначенных для отопления и горячего водоснабжения жилых, производственных, сельскохозяйственных, административных зданий и сооружений.

Таблица 5. Влияние состава и экспозиции на толщину покрытия
Table 5. The influence of composition and exposure on coating thickness

№ п/п	Состав	Концентрация НТФ, мг/л	Концентрация металла, мг/л	Экспозиция, ч	Толщина пленки, нм
1*	НТФ-Mg	150	5	8	65
2*		150	5	12	180
3*		150	5	24	385
4		75	3	24	17
5		100	3	24	23
6		200	6	2	37
7		200	2	12	42
8*	НТФ-Zn	150	13	8	64
9*		150	13	12	175
10*		150	13	24	390
11		75	8	24	19
12		100	8	24	25
13		200	6	12	45

*Образцы электродов с продуктами коррозии (0, 1-0, 2 мм), предварительно обработанные фосфорной кислотой

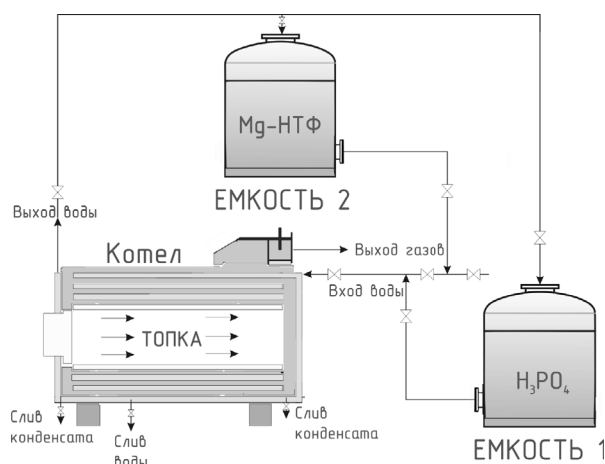


Рис. 5. Принципиальная схема получения защитного покрытия на внутренней поверхности водогрейных котлов

Fig. 5. Schematic diagram of obtaining a protective coating on the inner surface of hot water boilers

Данный способ не требует повышенных энергозатрат, так как осуществляется при нормальных условиях, не требует специальных приемов обработки и может быть осуществлен по месту нахождения обрабатываемых деталей, вне зависимости от их габаритных размеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ji Y., Chen Y., Le J., et al. Highly effective scale inhibition performance of aminotrimethylenephosphonic acid on calcium carbonate // *Desalination*. 2017. V. 422. P. 165–173. DOI: 10.1016/J.DESAL.2017.08.027.
2. 1, 3-диамино-2-гидроксипропанметилфосфоновые кислоты – синергетические добавки в композицию для ингибирования коррозии металлов и соеотложений в системах водопользования / Н.В. Цирульникова, Б.Н. Дрикер, Т.С. Фетисова, А.А. Протазанов, Ю.И. Кузнецов // *Коррозия: материалы, защита*. 2019. № 11. С. 26–31. DOI: 10.31044/1813-7016-2019-0-11-26-31.
3. Кузнецов Ю.И., Чиркунов А.А., Филиппов И.А. О влиянии модификации поверхности стали оксидилендифосфонатом цинка на пассивацию ее растворами некоторых ингибиторов // *Электрохимия*. 2013. Т.49. № 12. С. 1235–1242. DOI: 10.7868/S0424857013120049.
4. Bai W., Yu J.M., Yang Y. Effect of CO₂ Saturation on the Corrosion Behaviour of AZ31B Magnesium Alloy in Na₃PO₄ Solutions // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2013. P. 3441–3453. DOI: 10.1016/s1452-3981(23)14403-8.
5. El-Lateef H.M.A., Aliyeva L.I., Abbasov V.M. Corrosion inhibition of low carbon steel in CO₂-saturated solution using Anionic surfactant // *Adv. Appl. Sci. Res.* 2012. P. 1185–1201. DOI: 10.15199/40.2015.11.7.
6. Ануфриев Н.Г., Комарова Е.Е., Смирнова Н.Е. Универсальный коррозиметр для научных исследований и производственного контроля коррозии металлов и покрытий // *Коррозия: материалы, защита*. 2004. № 1. С. 42–47.
7. Дрикер Б.Н., Протазанов А.А., Цирульникова Н.В. Ингибитор многоцелевого назначения для систем водопотребления // *Энергосбережение и водоподготовка*. 2020. № 6. С. 13–17.
8. Патент РФ № 2784714 С1, МПК C23F15/00, C23F11/167. Способ предотвращения коррозии металла в водных растворах: № 2021132390; заявл. 09.11.2021; опубл. 29.11.2022 / Б. Н. Дрикер, Н. В. Цирульникова, А. А. Протазанов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет».
9. Патент РФ № 2775595 С1, МПК C23F15/00. Способ предотвращения коррозии металла в водных растворах: № 2021132389; заявл. 09.11.2021; опубл. 05.07.2022 / Б. Н. Дрикер, Н. В. Цирульникова, А. А. Протазанов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет».

REFERENCES

1. Ji Y., Chen Y., Le J., et al. Highly effective scale inhibition performance of aminotrimethylenephosphonic acid on calcium carbonate. *Desalination*. 2017. V. 422. P. 165–173. DOI: 10.1016/J.DESAL.2017.08.027
2. Tsiurulnikova N.V., Driker B.N., Fetisova T.S., Protazanov A.A., Kuznetsov Yu.I. 1, 3-diamino-2-hydroxypropane methyl phosphonic acids are synergistic additives in the composition for inhibiting corrosion of metals and salt deposits in water use systems. *Korroziya: materialy, zashhita* [Corrosion: materials, protection], 2019, no. 11, pp. 26–31. (in Russian) DOI: 10.31044/1813-7016-2019-0-11-26-31
3. Kuznetsov Yu.I., Chirkunov A.A., Filippov I.A. On the effect of modification of the surface of zinc hydroxyethylidene diphosphonate steel on its passivation with solutions of some inhibitors. *E'lektrokhimiya* [Electrochemistry], 2013, no. 49(12), pp. 1235–1242. (in Russian) DOI: 10.7868/S0424857013120049
4. Bai W., Yu J.M., Yang Y. Effect of CO₂ Saturation on the Corrosion Behaviour of AZ31B Magnesium Alloy in Na₃PO₄ Solutions. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2013. P. 3441–3453. DOI: 10.1016/s1452-3981(23)14403-8
5. El-Lateef H.M.A., Aliyeva L.I., Abbasov V.M. Corrosion inhibition of low carbon steel in CO₂-saturated solution using Anionic surfactant. *Adv. Appl. Sci. Res.* 2012. P. 1185–1201. DOI: 10.15199/40.2015.11.7
6. Anufriev N.G. Komarova E.E., Smirnova N.E. Universal corrosion meter for scientific research and industrial control of corrosion of metals and coating. *Korroziya: materialy, zashhita* [Corrosion: materials, protection], 2014, no. 1, pp. 42–47. (in Russian)
7. Driker B.N., Protazanov A.A., Tsiurulnikova N.V. Multi-purpose inhibitor for water consumption systems.

E`nergoberezhenie i vodopodgotovka [Energy saving and water treatment], 2020, no. 6, pp. 13–17. (in Russian)

8. Driker B.N., Tsiulnikova N.V., Protazanov A.A. et al. *Sposob predotvrashheniya korrozii metalla v vodny`x rastvorax* [A method for preventing metal corrosion in aqueous solutions]. Patent RF, no. 2784714, 2021.

9. Driker B.N., Tsiulnikova N.V., Protazanov A.A. et al. *Sposob predotvrashheniya korrozii metalla v vodny`x rastvorax* [A method for preventing metal corrosion in aqueous solutions]. Patent RF, no. 2775595, 2021.

Об авторах:

ДРИКЕР Борис НUTOвич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физико-химической технологии защиты биосферы
Уральский государственный лесотехнический университет
620100, Россия, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
E-mail: bndriker70191@mail.ru

ДРИКЕР Boris N.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Physical and Chemical Technology of Biosphere Protection Chair
Ural State Forest Engineering University
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian Tract, 37
E-mail: bndriker70191@mail.ru

ПРОТАЗАНОВ Афанасий Андреевич

аспирант кафедры физико-химической технологии защиты биосферы
Уральский государственный лесотехнический университет
620100, Россия, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
E-mail: protazanov.a@yandex.ru

PROTAZANOV Afanasii An.

Postgraduate student of the Physical and Chemical Technology of Biosphere Protection Chair
Ural State Forest Engineering University
620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian Tract, 37
E-mail: protazanov.a@yandex.ru

Для цитирования: Дрикер Б.Н., Протазанов А.А. Испытания магниевых комплексонатов нитрилотриметиленофосфоновой кислоты для предотвращения коррозии металла и солеотложений // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 15–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.03.

For citation: Driker B.N., Protazanov A.A. Testing of magnesium complexates of nitrilotrimethylene phosphonic acid to prevent metal corrosion and salt deposits. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 15–22. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.03.

А. К. СТРЕЛКОВ
Ю. Н. ЗОТОВ
И. Ю. МИХАЙЛОВА

О ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ СТАТЬИ 55.24 ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ РАСЧЕТЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

ON THE PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE REQUIREMENTS OF ARTICLE 55.24
OF THE URBAN PLANNING CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION
WHEN CALCULATING WATER SUPPLY SYSTEMS OF APARTMENT BUILDINGS

Статья посвящена актуальным вопросам оценки соответствия нормативно-технической базы федерального уровня, определяющей основные требования к системам водоснабжения многоквартирных домов, требованиям статьи 55.24 Градостроительного Кодекса Российской Федерации. Рассмотрена сложившаяся судебная практика по вопросам предоставления коммунальных услуг и размеру их оплаты и методология нормативно-технических документов федерального уровня в сфере строительства. На основе анализа судебной практики и методологии нормативно-технических документов в их взаимосвязи выявлена основная причина возникновения проблем в эксплуатации многоквартирных домов. Приведены рекомендации, обеспечивающие легитимные проектные решения при наличии законодательных пробелов в нормативно-технических документах федерального уровня.

Ключевые слова: системы водоснабжения, многоквартирный дом, проектирование и эксплуатация систем водоснабжения, нормативно-правовая база

The article is devoted to topical issues of assessing the compliance of the federal level regulatory and technical base, which defines the main requirements for water supply systems of apartment buildings, with the requirements of Article 55.24 of the Urban Planning Code of the Russian Federation. The existing judicial practice on the provision of utilities and the amount of their payment and the methodology of regulatory and technical documents of the federal level in the field of construction were considered. Based on the analysis of judicial practice and the methodology of regulatory and technical documents, their relationship revealed the main cause of problems in the operation of apartment buildings. Recommendations are provided that provide legitimate design solutions in the presence of legislative gaps in federal regulatory and technical documents.

Keywords: water supply systems, apartment building, design and operation of water supply systems, regulatory framework

Функциональное назначение внутренних систем водоснабжения и особенности их эксплуатации в многоквартирных домах (МКД) определены федеральным законом от 29.12.2004 № 190-ФЗ (с изменениями от 02.07.2021) «Градостроительный кодекс Российской Федерации» (ГрК РФ). Являясь частью коммунальной инфраструктуры, внутренние системы холодного и горячего водоснабжения МКД должны обеспечивать подачу абонентам установленный или рассчитанный при проектировании объем воды.

Эксплуатация МКД, как разновидность градостроительной деятельности, появилась в результате введения в действие федерального закона от 28.11.2011 № 337-ФЗ «О внесении изменений в ГрК РФ и отдельные законодатель-

ные акты Российской Федерации» (<http://www.stgrkrf.ru>). Нормы статьи 55.24 ГрК РФ распространяются на здания и сооружения, которые отнесены к объектам капитального строительства. Термин «эксплуатация» трактуется как всякое использование МКД или отдельных свойств их частей физическими или юридическими лицами, имеющими правовое основание в такого рода использовании. Реализация общего правила, которое закреплено в статье 4 ГрК РФ, является по существу применением к системам водоснабжения МКД режима технико-юридического регулирования [1]. При этом режиме регулирования требуется конкретизировать в нормативно-технических документах по расчету систем водоснабжения МКД

требований нормативно-правовых документов как в сфере строительства, так и в сфере жилищного законодательства в их взаимосвязи. Однако современные нормативно-технические документы федерального уровня в определенной степени противоречивы, а их практическое применение приводит к проблемам и рискам при эксплуатации систем водоснабжения МКД, рассмотрение которых является своевременной и актуальной задачей [2–4].

В настоящее время реализация требований статьи 55.24 ГрК РФ в нормативно-технических документах федерального уровня не осуществлена в полном объеме, а именно при расчете систем водоснабжения МКД (определении пропускной способности систем) не учитываются требования жилищного законодательства – необходимость предоставления коммунальных ресурсов в соответствии с законодательно установленными нормативами потребления коммунальных услуг.

Подтверждением этого заключения авторов статьи является ознакомление со сложившейся судебной практикой по вопросам предоставления коммунальных услуг и размеру их оплаты и с методологией нормативно-технических документов федерального уровня в сфере строительства.

Сложившаяся судебная практика по вопросам предоставления коммунальных услуг и размеру их оплаты. Судебная практика характеризуется сложившейся позицией, согласно которой конкретизация требований нормативно-правовых документов оценивается судами на основе легальных определений, содержащихся в них.

Технико-юридический режим регулирования предусматривает, что отношения по предоставлению коммунальных ресурсов и услуг собственникам и пользователям помещений в МКД (в том числе отношений между исполнителями и потребителями коммунальных услуг) регулируются федеральным законом от 29.12.2004 № 188-ФЗ «Жилищный кодекс Российской Федерации» и конкретизируются в постановлениях Правительства РФ: от 23.05.2006 № 306 «Об утверждении Правил установления и определения нормативов потребления коммунальных услуг», от 06.05.2011 № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (ПП РФ № 354) и других документах. Поэтому эксплуатация инженерных систем МКД должна осуществляться в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, как технических, так и правовых (федеральных, региональных, муниципальных). Суды при при-

нятии решений особое внимание обращают на технические регламенты и проектную документацию. Применительно к внутренним системам водоснабжения МКД они рассматривают:

- конкретные требования к параметрам коммунальных услуг, указанных в ПП РФ № 354;
- установленные нормативы предоставления коммунальных ресурсов и потребления коммунальных услуг;
- техническую возможность предоставления коммунальных ресурсов и услуг в необходимых потребителю объемах.

Критерием наличия (отсутствия) технической возможности предоставления коммунальных ресурсов и услуг в необходимых потребителю объемах является пропускная способность систем, указанная в проектной документации на МКД. При этом суды учитывают норму статьи II пункт «г» ПП РФ № 354 – «предоставление коммунальных услуг осуществляется в необходимых потребителю объемах в пределах технической возможности внутридомовых инженерных систем, с использованием которых осуществляется предоставление коммунальных услуг» (<http://www.consultant.ru>). Таким образом, требования статьи 55.24 ГрК РФ обретают реальный смысл и значение, только если система водоснабжения МКД может обеспечить бесперебойную подачу воды до конечного потребителя в установленных объемах в соответствии с нормативами потребления коммунального ресурса.

Такой подход подтверждается, например, Решением Арбитражного суда Самарской области от 12.01.2021 г. по делу № А55-40136/2019 по иску, заявлению АО «Предприятие тепловых сетей» к АО «Производственный жилищно-ремонтный трест Промышленного района», третье лицо АО «Энергосбыт Плюс». В процессе рассмотрения исковых требований по существу судом было установлено, что оплата поставленных коммунальных ресурсов по утвержденным тарифам невозможна вследствие отсутствия технической возможности их предоставления.

Потери АО «Энергосбыт Плюс» – более 20 млн. руб. Причина – пропускная способность внутренних систем водоснабжения МКД, величины которых указаны в проектной документации МКД и определялись по алгоритмам нормативно-технических документов федерального уровня в сфере регулирования строительства, недостаточна для подачи воды в жилые и нежилые помещения в соответствии с установленными нормативами потребления коммунальных ресурсов.

Анализ проектной документации, который провели сотрудники Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета (АСА

СамГТУ), выявил несоответствие конструктивных и инженерно-технических решений инженерных систем МКД некоторым требованиям ГрК РФ и технических регламентов (Договор № 6959/109/21 АСА СамГТУ от 12.07.2021 на оказание услуг по подготовке заключения «Обследование системы теплоснабжения, в том числе горячего водоснабжения многоквартирных домов» между ПАО «Т Плюс» и ФГБОУ СамГТУ). Было установлено, что проектировщики копировали как схемы инженерных систем МКД, так и применяли алгоритмы их расчета, которые были рекомендованы в СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020. Требования статей 1 и 55.24 ГрК РФ при проектировании не учитывались.

Методология нормативно-технических документов федерального уровня в сфере строительства. В настоящее время специалисты, осуществляющие проектирование и расчет внутренних систем водоснабжения МКД руководствуются требованиями и рекомендациями сводов правил СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020. Методология проектирования внутренних систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД (конкретизирована в сводах правил СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020) базируется на допущении о вероятностном характере водопотребления, в соответствии с которым принимается, что режим водопотребления рассматривается как стационарный случайный процесс [5]. При этом все разнообразие водоразборных приборов заменяется одним эквивалентным прибором, а расчетный расход определяется по формуле

$$q = q_0 \cdot m,$$

где q_0 – расход эквивалентного водоразборного прибора; m – число одновременно включенных эквивалентных водоразборных приборов.

Величина m определяется на основе биномиального закона вероятности числа одновременно действующих эквивалентных водоразборных приборов при различных со-

четаниях вероятности их действия и общего числа приборов.

Для определения максимального секундного расхода на некотором расчетном участке водопроводной сети, по величине которого определяется пропускная способность участка и сети в целом, необходимо использовать следующие исходные данные: число жителей N , число водоразборных приборов U , величины усредненных секундных q_0 и часовых $q_{0,hr}$ расходов воды для одного водоразборного прибора и нормы расходов воды в час $q_{hr,u}$ и сутки Q_u наибольшего водопотребления.

Основным недостатком реализации (конкретизации) данной методологии в нормативно-технических документах федерального уровня (сводах правил СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020) является директивное установление величин норм расходов воды в час и сутки наибольшего водопотребления вместо их определения на основе экспериментально установленных нормативов потребления коммунальных ресурсов в МКД. Такой отход от общепринятого порядка определения осредненных величин обосновывался разработчиками сводов правил необходимостью реализации требований федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В таблице представлены величины q_0 , $q_{0,hr}$, $q_{hr,u}$, Q_u (извлечения из СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020 «Расчетные расходы воды потребителями» для жилых домов с водопроводом, канализацией, централизованным горячим водоснабжением, оборудованных умывальниками, мойками и ванными длиной более 1500 мм для одного жителя), а также величины нормативов потребления $N_w^{c(h)}$ холодной и горячей воды, установленные для одного жителя городского округа Самара (<http://www.dbe-samara.ru>).

Отличие методики стандарта организации Саморегулируемая организация «Приволж-

Расчетные расходы воды потребителями

Свод правил, Стандарт организации	Расчетные расходы воды					Интервал времени Т, ч
	среднесуточные		в час наибольшего водопотребления		прибором холодной или горячей $q_0^{c,h} (q_{0,hr}^{c,h}),$ л/сут (л/ч)	
	холодной Q_u^c , л/сут	горячей Q_u^h , л/сут	холодной $q_{hr,u}^c$, л/ч	горячей $q_{hr,u}^h$, л/ч		
СП 30.13330.2016	165	85	7, 1	8, 5	0,2 (200)	24
СП 30.13330.2020	110	70	5,1	6,5	0,2 (200)	24
СРО ПРААП	211*	116*	5,1	6,5	0,2 (200)	24

Примечание. * – нормативы потребления воды.

ская региональная ассоциация архитекторов и проектировщиков» (<http://www.proap.sro.ru>) от методик СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020 заключается в выборе исходных данных, необходимых для определения пропускной способности внутренних систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД, а именно вместо осредненных величины используются экспериментально определенные (как правило) величины нормативов потребления коммунальных ресурсов (<http://www.proap.sro.ru>).

В настоящее время проектирование и расчет внутренних систем водоснабжения МКД, как правило, основывается на реализации требований и рекомендаций сводов правил СП 30.13330.2016 и СП 30.13330.2020. Эти своды правил включены в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2021 г. № 815 с изменениями от 20 мая 2022 г.).

Данное утверждение разработчиков сводов правил федерального уровня является основной причиной возникновения проблем в эксплуатации, что однозначно подтверждается судебной практикой.

Некорректный выбор проектировщиками исходных данных для гидравлического расчета систем водоснабжения МКД приводит к определению пропускной способности этих систем меньше величины, необходимой для подачи воды в жилые и нежилые помещения МКД, в соответствии с установленными нормативами потребления коммунальных ресурсов.

Следует отметить, что рассмотренная проблема обострится при возможном переходе рекомендаций СП 30.13330.2020 без их корректировки в части определения пропускной способности систем водоснабжения для различных по степени благоустройства жилых помещений МКД в категорию требований [2].

В настоящее время, исходя из результатов проведенного анализа, для устранения рассмотренной ошибки проектировщиков достаточно проводить гидравлический расчет систем водоснабжения многоквартирных домов для жилых помещений и помещений общего пользования по методике СРО ПРААП.

Выводы. 1. В настоящее время реализация требований статьи 55.24 ГрК РФ в нормативно-технических документах федерального уровня не осуществлена в полном объеме, что является основной причиной возникновения проблем при эксплуатации.

2. Для устранения существующего законодательного пробела в части определения параметров систем водоснабжения многоквартирных домов при проектировании необходимо при гидравлическом расчете использовать в качестве исходных данных нормы для нежилых помещений, а также нормы и нормативы для жилых помещений и помещений общего пользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агешкина Н.А., Коржов В.Ю. Комментарий к Федеральному закону от 27 декабря.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. 151 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/73978.html> (дата обращения: 1.11.2023).
2. Табунщиков Ю.Н. Добровольные-обязательные нормативные требования: «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // АВОК. 2023. № 2. С. 4–7.
3. Грановский В. Л. Пути реконструкции инженерных систем жилых и общественных зданий // АВОК. 2023. № 5. С. 4–9.
4. Колубков А.Н. Отмена ПП № 815: чудо или осознанная необходимость? // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика // АВОК. 2022. № 5. С. 10–15.
5. Методика по определению расчетных расходов воды и стоков в системе водоснабжения и канализации зданий и сооружений. М.: Изд-во ФАУ ФЦС, 2019. 117 с.

REFERENCES

1. Ageshkina N.A., Korzhov V.Yu. Commentary to the Federal Law of December 27, 2002 No. 184-FZ "On Technical Regulation". Saratov: IP Air Media. Available at: <http://www.iprbookshop.ru/73978.html> (accessed 1 November 2023).
2. Tabunshchikov Yu.N. Voluntary-mandatory regulatory requirements: «Technical regulations on safety of buildings and structures». AVOK [AVOC], 2023, no. 2, pp. 4–7. (in Russian)
3. Granovsky V. L. Ways of reconstruction of engineering systems of residential and public buildings. AVOK [AVOC], 2023, no. 5, pp. 4–9. (in Russian)
4. Kolubkov A.N. Cancellation of PP No. 815: miracle or conscious necessity? AVOK [AVOC], 2022, no. 5, pp. 10–15. (in Russian)
5. Metodika po opredeleniyu raschetnykh raskhodov vody i stokov v sisteme vodosnabzheniya i kanalizatsii zdaniy i sooruzheniy [Procedure for Determination of Design Flows of Water and Effluents in the Water Supply and Sewerage System of Buildings and Structures]. Moscow, Publishing house of FAU FCS, 2019. 117 p.

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел. (846) 339-14-11
E-mail: a19400209@yandex.ru

ЗОТОВ Юрий Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры
водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
тел. (846) 339-14-76
E-mail: nauka_zotov@mail.ru

МИХАЙЛОВА Ирина Юрьевна

инженер общепольничного немедицинского
персонала
Самарская областная детская клиническая больница
имени Н.Н. Ивановой
443079, Россия, г. Самара, ул. Карла Маркса, 165-А,
тел. (846) 207-30-43
E-mail: vk-sgasu.zotova@yandex.ru

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head
of the Water Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244,
tel. (846) 339-14-11
E-mail: a19400209@yandex.ru

ZOTOV Yuri N.

PhD of Engineering Science, Associate Professor
of of Water Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244,
tel. (846) 339-14-76
E-mail: nauka_zotov@mail.ru

MIKHAILOVA IrinaYu.

Engineer of General hospital non-medical personnel state
budgetary institution of health care «Samara regional
children's clinical hospital named after N. N. Ivanova».
443079, Russia, Samara, Karla Marksa str., 165-A.
tel: (846) 207-30-43
E-mail: vk-sgasu.zotova@yandex.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. О практической реализации требований статьи 55.24 градостроительного кодекса Российской Федерации при расчете систем водоснабжения многоквартирных домов // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 23–27. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.04. For citation: Strelkov A.K., Zotov Yu.N., Mikhailova I.Yu. On the practical implementation of the requirements of article 55.24 of the urban planning code of the Russian Federation when calculating water supply systems of apartment buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 23–27. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.04.

С. Ю. ТЕПЛЫХ
Е. Е. КОТОВСКАЯ
А. Е. КОТОВСКИЙ

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИНЯТОЙ НОРМЫ УДЕЛЬНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДКАЧИВАЮЩИХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE ADOPTED NORM OF SPECIFIC WATER CONSUMPTION ON THE EFFICIENCY OF OPERATION OF PUMPING STATIONS

Рассмотрена выборка фактического удельного водопотребления нескольких закрытых гидравлических контуров, накопленная за многолетний период наблюдений. При помощи стандартных статистических методов были определены виды функции плотности распределения и получены аналитические выражения по удельному водопотреблению соответствующих микрорайонов, с последующим нанесением на сводный график и количественной оценкой попадания в нормированный диапазон удельного водопотребления в соответствии с СП 31.13330.2021. Показано влияние фактического удельного водопотребления на показатели эксплуатации насосного оборудования подкачивающих водопроводных насосных станций.

Ключевые слова: водопроводные насосные станции, канализационные насосные станции, гидравлический контур, нормы водопотребления, стационарный процесс, дифференциальные функции плотности распределения, показатели эксплуатации насосного оборудования

The paper considers a sample of the actual specific water consumption of several closed hydraulic circuits accumulated over a long-term observation period. Using standard statistical methods, the types of distribution density function were determined and analytical expressions were obtained for the specific water consumption of the corresponding neighborhoods, followed by drawing on a summary graph and quantifying falling into the normalized range of specific water consumption in accordance with SP 31.13330.2021. The influence of the actual specific water consumption on the performance of pumping equipment, pumping water pumping stations is shown

Keywords: water pumping stations, sewage pumping stations, hydraulic circuit, water consumption standards, stationary process, differential distribution density functions, performance indicators of pumping equipment

Введение. Выбор норм водопотребления при проектировании систем водоснабжения и водоотведения (СП 31.13330.2021 «Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») влияет на последующую эффективность эксплуатации насосного оборудования систем водоснабжения и водоотведения. На многих водопроводных насосных станциях больший процент периода времени эксплуатации насосное оборудование работает в левой зоне, что приводит к быстрому физическому износу [1–3].

Актуальность. На территории Республики Крым функционирует значительное количество насосных станций, построенных в 80-х гг. прошлого века, с фактической производительностью, которая в разы меньше проектной мощности. Например, районная канализационная насосная станция в г. Севастополе (КНС-5), отводящая стоки с территории, на которой проживает 40 000 жителей, рассчитана на среднесуточный

приток сточных вод, равный 25 000 м³/сут, при этом фактический приток составляет 2 000 м³/сут. Аналогичная ситуация складывается с канализационными насосными станциями во многих городах Республики Крым. В то же время в г. Краснодаре сложилась совершенно противоположная ситуация, так как существующие канализационные насосные станции работают в нерасчетных режимах и параметрах принятого оборудования (станции не справляются с поступающим притоком сточных вод). Такое положение обусловлено тем, что в последнее десятилетие город является привлекательным для внутренней миграции населения России, вследствие чего городская территория максимально плотно застраивается и к существующим системам водоснабжения и водоотведения присоединяется все большее количество абонентов, что вызывает затруднения при их эксплуатации.

Первоначальный резерв мощности в ряде насосных станций, по-видимому, был обусловлен нормами водопотребления соответствовавших временному периоду проектных и проектных работ по застройке микрорайонов, большинство из которых на территории городов Республики Крым осуществлялось в период конца 60 – середины 80-х гг. прошлого века. Нормы водопотребления подвергаются корректировке при каждой редакции нормативной документации (СП). В табл. 1 представлена динамика изменения удельных норм водопотребления на территории РФ.

Постановка задачи. В данной работе конечной целью являлось определение эффективности эксплуатации насосного оборудования подкачивающих водопроводных насосных станций (ВНС), и для достижения поставленной цели параллельно решался ряд задач, направленных на определение и оценку удельного водопотребления [4] в закрытых гидравлических контурах, под которыми понимается работа насосного оборудования на гидравлическую сеть с известными параметрами: количество потребителей, режимы водопотребления и т. д., и в которой нет других источников питания, а также перетоков в другие контуры.

Теоретическая часть. Для различных гидравлических контуров, расположенных в разных городах Республики Крым, проводили серию измерений параметров работы насосов ВНС (значение подачи, развиваемого напора, потребляемой мощности); собирали сведения по водопроводным сетям, в которые поступала вода от соответствующих ВНС (протяженность, материал исполнения, глубина

заложения, диаметры участков, геодезические отметки) с занесением в соответствующие цифровые гидравлические модели (в программном комплексе «Zulu» [5]); собирали сведения по аварийным ситуациям, возникающим на соответствующих участках (дата и время момента фиксации аварии и принятия заявки на устранение, время ремонтных работ, характер и размер повреждения), охватываемых соответствующими насосными станциями; количество многоквартирных жилых домов, количество квартир, количество проживающего населения, степень благоустройства рассматриваемых микрорайонов. Тем самым была сформирована значительная база, охватывающая многолетний период накопления информации параметров эксплуатации систем, объединяющая: ВНС – гидравлическая сеть – потребитель [6, 7]. Накопленная база пригодна для решения огромного количества коммутационных задач, направленных на улучшение работы системы водоснабжения рассматриваемых микрорайонов [8], а также выработки общих подходов при оценке сложившихся режимов эксплуатации. Так, при капитальных ремонтах насосных станций, ассигнование которых осуществляется за счет государственного бюджета, оборудование подбирают аналогичное работавшему ранее, и в лучшем случае проводят замеры показателей эксплуатации в течение одного дня, что для подкачивающих насосных станций не отображает фактической картины, так как водопотребление меняется в течение сезона года, дней недели и часов суток [9, 10]. Для представления механизма определения фактического диапазона эксплуатации проведем оценку показателей работы ряда насосных станций.

Таблица 1. Динамика изменения удельной нормы водопотребления

Table 1. Dynamics of water consumption specific rate change

Степень благоустройства районов жилой застройки	Ед. изм.	Расчетное хозяйственно-питьевое водопотребление в поселениях и в городских округах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут		
		СНиП 2.04.02-84* (табл. 1)	СП 31.13330.2012 (табл. 1)	СП 31.13330.2021 (табл. 1)
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	Один житель	125–160	–	–
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией с ваннами и местными водонагревателями	Один житель	160–230	140–190	140–180
То же, с централизованным горячим водоснабжением	Один житель	230–350	195–220	165–180

Результаты исследований

Рассмотрим группу насосных станций, работающих на соответствующие закрытые гидравлические контуры водопроводной сети с определением ряда показателей. Насосные станции расположены в разных городах Республики Крым (рис. 1). С целью получения обобщенной характеристики по каждой ВНС был проведен ряд наблюдений за многолетний период, который на некоторых ВНС достигал 4–5 лет. Полученные данные были обобщены, классифицированы и унифицированы (табл. 2). В таблицу внесены результаты по статистической обработке суточного водопотребления рассматриваемых микрорайонов в пересчете на одного жителя с получением математического ожидания, удельного водопотребления, дисперсии и среднеквадратического отклонения с определением коэффициента вариации, а также вида дифференциальной функции плотности распределения и аналитического выражения самой функции [11].

Сведения по количеству обслуживаемых многоквартирных домов и количеству жильцов

также представлены в табл. 2. Далее приведены краткие характеристики рассматриваемых гидравлических контуров.

Микрорайон «Марат-5», г. Керчь, ограничен улицами: Индустриальное шоссе, Ворошилова, Блюхера, всего 21 многоэтажный жилой дом этажностью 5 и 10 этажей. Квартал расположен на геодезических отметках 50,000 – 28,000; ЦТП – на отметке 31,000 (ЦТП – центральный тепловой пункт, в котором установлена подкачивающая водопроводная насосная станция). При этом водопровод от магистрали заведен в ЦТП, а далее после ВНС в распределительную сеть микрорайона. План микрорайона «Марат-5» представлен на рис. 1, а. Подающий насос марки К 100-65-250 – один рабочий [12].

Микрорайон «Марат-4», г. Керчь, ограничен улицами: Индустриальное шоссе, Ворошилова, Блюхера, Буденного, всего 22 многоэтажных жилых дома этажностью 5, 9, 10 этажей. Квартал расположен на геодезических отметках 29,000 – 17,000; ЦТП – на отметке 23,000. При этом водопровод от магистрали заведен в ЦТП, а далее после ВНС в распределительную сеть микрорайона исключительно для обеспечения

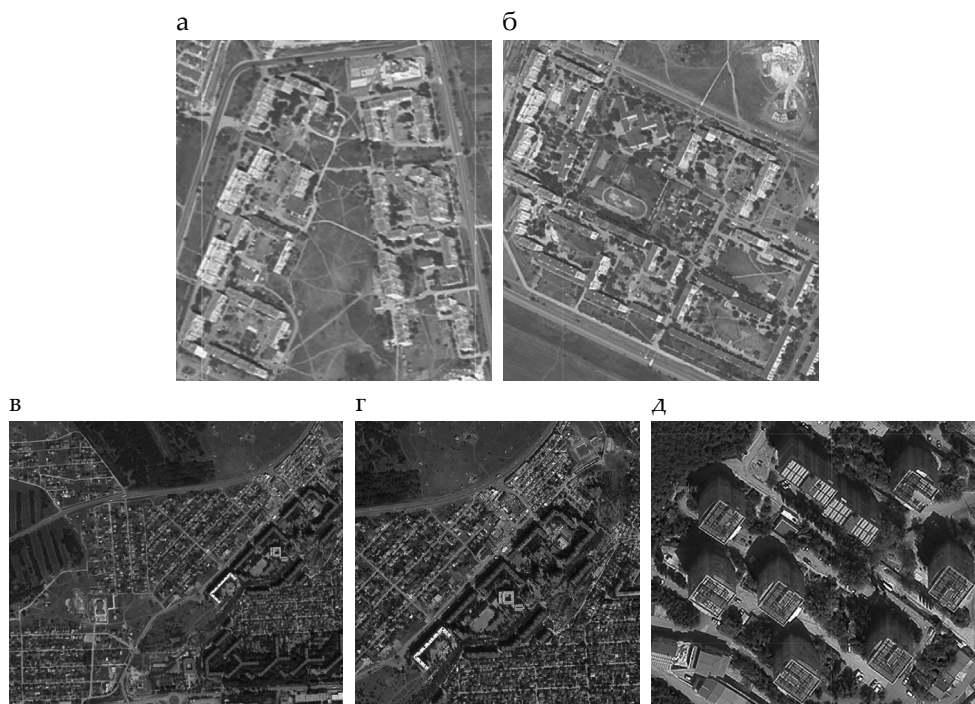


Рис. 1. План микрорайона:

а – мкр. «Марат – 5», г. Керчь; б – мкр. «Марат – 4», г. Керчь; в – мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь; г – мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь; д – группа из 8 МКД по ул. Октябрьской, г. Алушта

Fig. 1. Microdistrict plan:

а – microdistrict “Marat • 5, ” Kerch; б – microdistrict “Marat • 4, ” the city of Kerch; в – microdistrict “Marshal Zhukov – a village of deported peoples, ” Simferopol; д – microdistrict “Marshal Zhukov – multi-storey residential buildings, ” Simferopol; е – a group of 8 MKDs on the street. October city of Alushta

водой многоэтажных зданий (9–10 этажей). Подключение пятиэтажных зданий осуществляется от магистральной распределительной сети отдельной системой водоснабжения. План микрорайона «Марат-4» представлен на рис. 1, б [12].

Микрорайон «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь, состоит из 15 улиц, на которых находится 441 дом усадебного типа с коэффициентом семейственности 7. Населенный пункт расположен на отметках 281,550 – 318,780 [12]. Магистральный водовод от городских ВОС питает РЧВ объемом 10 000 м³, откуда вода забирается при помощи насоса, установленного в здании насосной станции на отметке 314,110. Далее по одному напорному стальному водоводу dy150 поступает в водопроводную сеть Поселка депортированных народов, состоящую из 14 водопроводных колец (план микрорайона «Маршала Жукова – поселок депортированных народов» представлен на рис. 1, в). Насос: один рабочий с возможностью переключения для совместной работы с насосами, работающими на многоэтажную жилую застройку: КМ 80-50-200 (рабочий), диаметр рабочего колеса 254 мм, частота вращения $n = 2900$ об/мин, $N_{\text{двигателя}} = 15$ кВт, КПД составляет 70 %.

Микрорайон «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь, расположен на геодезических отметках местности 304,480 – 325,770 [12]. На территории рассматриваемого микрорайона размещено 19 многоквартирных жилых домов этажностью 9, 14 этажей; здание школы на 1000 учащихся; детский сад на 250 мест [12]. План микрорайона «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка» представлен на рис. 1, г. Насос: один рабочий, один противопожарный и два резервных марок: Wilo-CronoNorm – NL80/250-45-2-05 (рабочий); Wilo NL80/250-45-2-05 (резервный); Wilo BL 65/250 (резервный); K90-85 (аналог K100-65-250), диаметр рабочего колеса 254 мм, частота вращения $n = 2900$ об/мин, $N_{\text{двигателя}} = 45$ кВт, КПД составляет 67 %.

Группа из 8 многоэтажных жилых домов по ул. Октябрьской, 63, г. Алушта, предназначена для повышения давления в сетях жилых домов по ул. Октябрьской, 49–53. Вода в ПНС (109, 300) поступает из РЧВ (140,500). Наивысшая точка подъема 155,000. План микрорайона представлен на рис. 1, д. Насос К20/30 – 2 шт., из которых один рабочий, один резервный.

Жилые дома рассматриваемых микрорайонов оборудованы местными газовыми водонагревателями.

После получения аналитических выражений дифференциальных функций плотности распределения удельного водопотребления

был составлен сводный график, на который нанесены кривые, соответствующие пяти рассматриваемым микрорайонам, математическое ожидание удельного водопотребления соответствующих кривых, а также кривая плотности распределения удельного водопотребления, рекомендованного СП 31.13330.2021.

Заштрихованная область под кривой показывает период времени удельного водопотребления в границах, рекомендованных СП 31.13330.2021. Количественно оценить период времени попадания удельного водопотребления рассматриваемых микрорайонов в диапазон, соответствующий СП 31.13330.2021, возможно при помощи функции Лапласа [11].

$$P(q_{y0} \min_{\text{гр.раб.дианСП}} < q_{y0} < q_{y0} \text{гр.раб.диан}) = \\ = \Phi \left(\frac{(q_{y0 \max} - M(q_{y0}))}{\sigma} \right) - \Phi \left(\frac{(q_{y0 \min} - M(q_{y0}))}{\sigma} \right),$$

где $M(q_{y0})$ – математическое ожидание удельного водопотребления;

σ – среднее квадратическое отклонение удельного водопотребления.

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du - \text{функция Лапласа.}$$

Результаты по определению вероятности попадания в тот или иной диапазон сведены в табл. 3, анализ результатов которой показал, что максимальное попадание значений удельного водопотребления соответствует мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь, а также группе из 8 многоэтажных жилых домов, г. Алушта.

Удельное водопотребление микрорайонов «Марат-4» и «Марат-5» в Керчи охватывает 27 и 24 % от рекомендованного удельного водопотребления (СП 31.13330.2021), что обусловлено в целом уменьшенным количеством подаваемой воды в Керчи (отсутствие вод Северо-Крымского канала). В мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов» в Симферополе отсутствует централизованная канализация, домовладения оборудованы септиками, объем которых ограничен (скальный грунт) с периодической откачкой, что накладывает, в свою очередь, ограничения на динамику водопотребления населением.

Следующим этапом оценки являлся переход к определению эксплуатационных параметров насосного оборудования, работающего на соответствующий гидравлический контур. Энергетические характеристики насосов представлены на рис. 3.

Таблица 2. Характеристики удельного водопотребления микрорайонов охватываемых работой подающих ВНС
Table 2. Characteristics of specific water consumption of microdistricts covered by the work of pumping VNS

№ п/п	Наименование микрорайона (период сбора информации)	Количество многоквартирных жилых домов	Количество жителей в рассматриваемом микрорайоне	q_{ya}^{min} , м³/сут на человека	q_{ya}^{max} , м³/сут на человека	Математическое ожидание удельного водопотребления за время измерения, м³/сут на человека	Дисперсия удельного водопотребления	Среднеквадратическое отклонение удельного водопотребления	Коэффициент вариации	Наименование функции плотности распределения – выражение функции плотности распределения
1	Мкр. «Марат – 5», г. Керчь	21 МКД	4466	0,033	0,172	0,09	0,00673	0,082	0,91	Вейбулла Гнеденко $f(q_{yo}) = \frac{1,08}{0,09} \cdot \left(\frac{q_i}{0,09}\right)^{1,08} \cdot e^{-\left(\frac{q_{yo}}{0,09}\right)^{1,08}}$
2	Мкр. «Марат – 4», г. Керчь	7 МКД	1800	0,046	0,141	0,084	0,0072	0,085	1	Вейбулла Гнеденко $f(q_{yo}) = \frac{0,98}{0,082} \cdot \left(\frac{q_i}{0,082}\right)^{1,08} \cdot e^{-\left(\frac{q_{yo}}{0,082}\right)^{1,08}}$
3	Мкр. Маршала Жукова – поселок депортированных народов, г. Симферополь	571 частное домовладение усадебного типа	3997	0,025	0,213	0,098	0,012	0,107	0,91	Вейбулла Гнеденко $f(q_i) = \frac{1,08}{0,119} \cdot \frac{q_i}{0,119} \cdot e^{-\frac{q_i^{1,08}}{0,119}}$
4	Мкр. Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка, г. Симферополь	21 МКД	8460	0,064	0,271	0,145	0,0005	0,0223	0,153	Нормальное распределение $f(q_i) = \frac{1}{0,0223 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{(q_i - 0,145)^2}{2 \cdot 0,000511}} = 17,89 \cdot e^{-1000(q_i - 0,145)^2}$
5	Мкр. из 8 МКД. по ул. Октябрьской, г. Алушта (февраль 2015)	8 МКД (328 квартир)	984	0,100	0,155	0,130	0,0001	0,010	0,075	Нормальное распределение $f(q_i) = \frac{1}{0,01 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{(q_i - 0,130)^2}{2 \cdot 0,0001}} = 39,89 \cdot e^{-5000(q_i - 0,130)^2}$

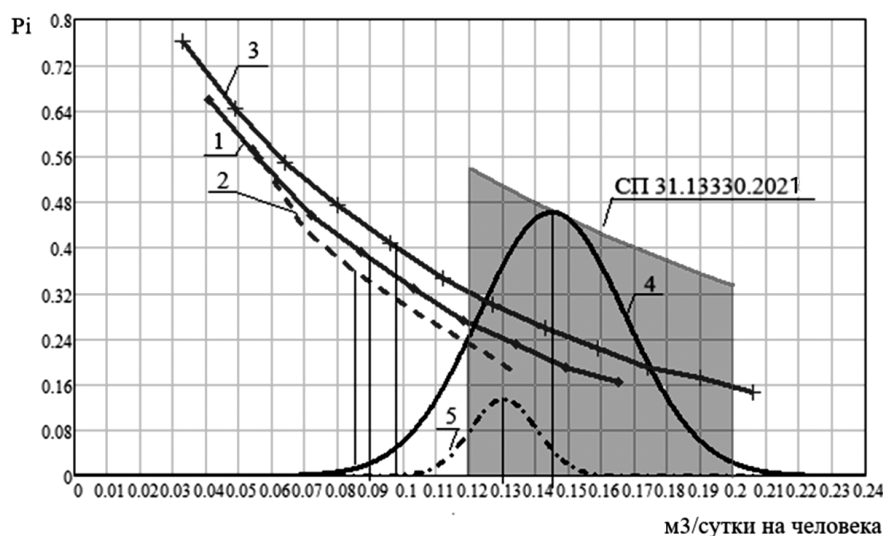


Рис. 2. Графики дифференциальных функций плотности распределения
диапазон удельного водопотребления, рекомендованный СП 31.13330.2021:

1 – мкр. «Марат – 5», г. Керчь; 2 – мкр. «Марат – 4», г. Керчь; 3 – мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь; 4 – мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь; 5 – группа из 8 МКД по ул. Октябрьской, г. Алушта

Fig. 2. Graphs of differential distribution density functions within

the specific water consumption range recommended by SP 31.13330.2021:

1 – the Marat-5 microdistrict in Kerch; 2 – microdistrict “Marat • 4” Kerch; 3 – microdistrict “Marshal Zhukov – a village of deported peoples” Simferopol; 4 – microdistrict “Marshal Zhukov – multi-storey residential building” Simferopol; 5 – a group of 8 MKDs on the street. October city of Alushta

Таблица 3. Значение процента удельных норм водопотребления,
соответствующих нормативным требованиям СП 31.13330.2021
Table 3. The value of the percentage of specific water consumption rates
that meet the regulatory requirements of SP 31.13330.2021

Порядковый номер рассматриваемого микрорайона	1	2	3	4	5
Процент значений, попадающих в зону рекомендованных СП 31.13330.2021, %	27	24	25	86,2	84,3

В табл. 4 представлены результаты обработки статистических данных часовых подач насосов с определением стандартных показателей. Оценку расчетов в настоящей работе представили только для двух насосных станций: мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов» в Симферополе; группа из 8 многоэтажных жилых домов в Алуште.

Для практического применения полученных результатов нанесем на график энергетических характеристик насоса гидравлическую характеристику трубопровода с диапазоном рабочего охвата и совместим с графиком дифференциальной функции плотности распределения, которая позволит оценить период времени эксплуатации на том или ином режиме с оценкой рекомендуемых диапазонов эксплуатации заводом-изготовителем [10, 12].

Количественную оценку определения периода эксплуатации в том или ином диапазоне выполним при помощи функции Лапласа [11], результаты сведены в табл. 5.

Таким образом, для насоса марки КМ 80-50-200 вероятность работы в зоне рабочего диапазона составляет 38,2 %; в зоне усиленной кавитации – 34,83 %; в зоне, вызывающей перегрев, – 6,14 %; в зоне циркуляции «на всосе» – 19,32 %. В то же время для насоса К 20/30 период работы в рабочей зоне составляет 98,66 %.

Практическая значимость. Проанализировав полученные результаты, можно заключить следующее: в том случае, где фактическое удельное водопотребление приближено к диапазону, рекомендованному СП 31.13330.2021, эксплуатационные показатели работы насосно-оборудования соответствуют рекомендован-

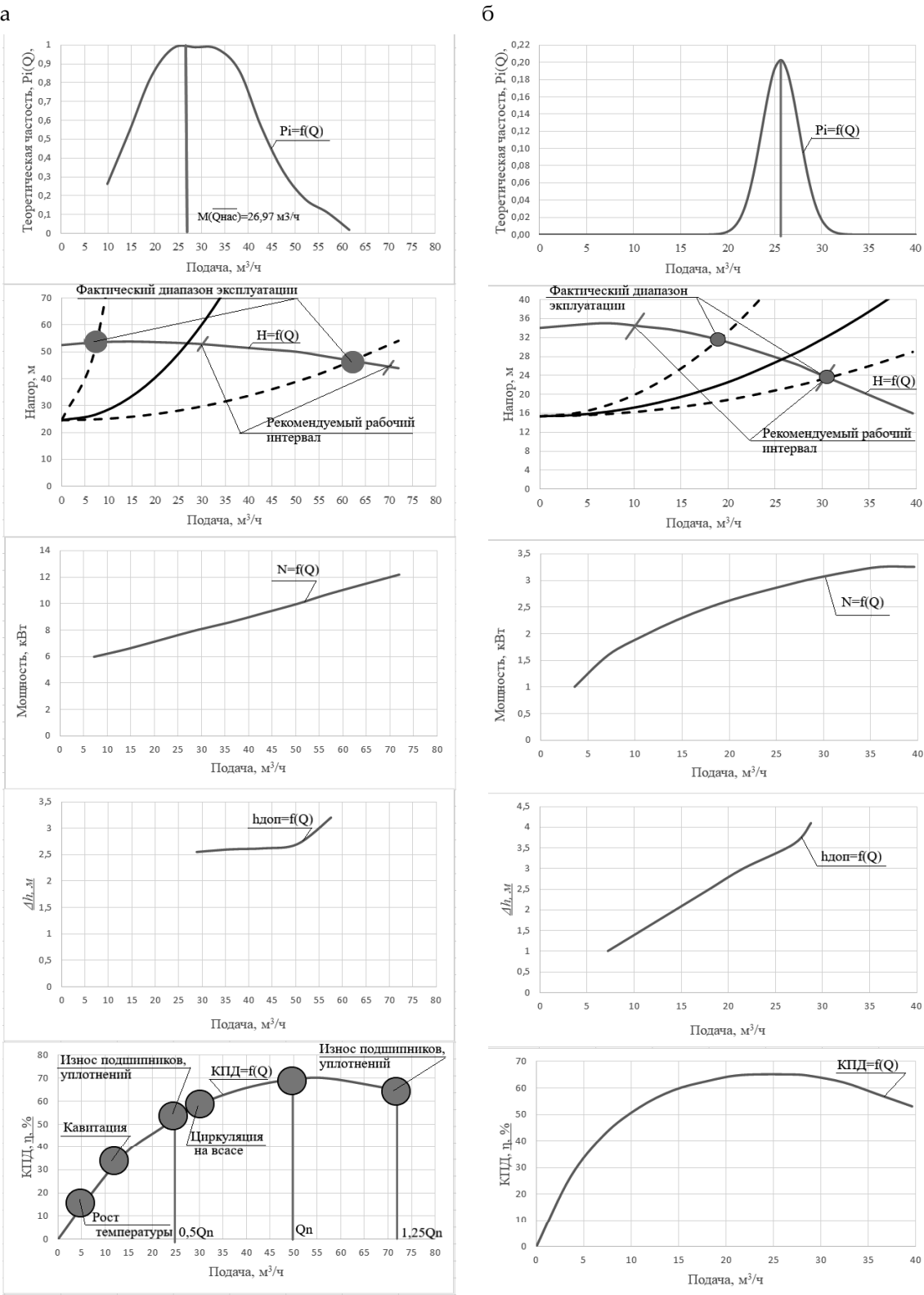


Таблица 4. Эксплуатационные характеристики работы насосного оборудования
Table 4. Operating characteristics of pump equipment operation

Марка насоса (период сбора информации)	$Q_{\min}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_{\max}, \text{ м}^3/\text{ч}$	Математическое ожидание подачи насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$	Дисперсия подачи насоса, $(\text{м}^3/\text{ч})^2$	Среднеквадратическое отклонение подачи насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$	Коэффициент вариации	Наименование функции плотности распределения – выражение функции плотности распределения
КМ 80-50-200 (2016-2020)	4,21	35,54	26,97	101,56	10,08	0,37	Распределение по закону Вейбулла-Гнеденко $f(Q) = \frac{3,24}{33,15} \cdot \left(\frac{Q}{33,15} \right)^{\frac{Q-3,24}{33,15}} \cdot e^{-\frac{Q-3,24}{33,15}}$
К20/30 (февраль 2015)	19,8	30,6	25,63	3,87	1,97	0,077	По нормальному закону распределения $f(Q) = \frac{1}{1,967 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{(Q-25,634)^2}{2 \cdot 3,870}} = 0,203 \cdot e^{-0,129(Q-25,634)^2}$

Таблица 5. Количественное определение вероятности работы насоса
в различных зонах эксплуатации
Table 5. Quantification of the probability of pump operation in different operating areas

Наименование микрорайона	Марка насоса	Диапазон работы насоса в зоне, вызывающей перегрев	Диапазон работы насоса в зоне усиленной кавитации	Диапазон вероятности работы насоса в зоне циркуляции «на всосе»	Диапазон вероятности работы насоса в зоне рабочего диапазона
Мкр. Маршала Жукова – поселок депортированных народов, г. Симферополь	КМ 80-50-200	$4,21 < Q < 12,5$	$12,5 < Q < 25$	$25 < Q < 30$	$30 < Q < 70$
		6,14	34,83	19,32	38,2
Мкр. из 8 МКД по ул. Октябрьской, г. Алушта	Насос марки К20/30	$5 < Q < 6,25$	$6,25 < Q < 10$	$10 < Q < 12,5$	$10 < Q < 30$
		0	0	0	98,66

ным диапазонам эксплуатации, а в тех случаях, где удельное водопотребление отстает от рекомендованного диапазона, наблюдается эксплуатация на режимах, способствующих быстрому физическому износу оборудования [1, 2]. Для подтверждения данного заключения следует провести обработку большего количества насосных станций, с выработкой единого алгоритма обследования перед заменой оборудования, направленного на исключение практики замены

по принципу «предшественник» на «аналог» с полным совпадением параметров, а руководствоваться фактическими показателями удельного водопотребления и параметрами эксплуатации, присущими ремонтируемым объектам, а также с учетом пункта 7.9 СП 31.13330.2021.

Выводы. 1. Представлены данные первичной статистической обработки параметров удельного водопотребления для пяти микрорайонов, расположенных в разных городах Республики

Крым, четыре из которых обладают одинаковой степенью благоустройства – водопровод, канализация, местные газовые водонагреватели.

2. Определено, что для трех микрорайонов (мкр. «Марат-5», г. Керчь, мкр. «Марат-4», г. Керчь, мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь) вероятность удельного водопотребления подчинена закону распределения Вейбулла-Гнеденко, а для двух других (мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь и группа домов по ул. Октябрьской, г. Алушта) – закону нормального распределения.

3. Рассчитаны количественные показатели принадлежности значений удельного водопотребления диапазону, указанному нормативными данными СП 31.13330.2021.

4. Выявлено, что для микрорайона с высоким удельным водопотреблением диапазон эксплуатации насосного оборудования находится в рабочем интервале, а для микрорайона со значением ниже рекомендуемого удельного водопотребления находится больший период эксплуатации за пределами рекомендуемого рабочего диапазона, что способствует быстрому износу оборудования.

5. Представлен алгоритм анализа фактических параметров эксплуатации насосных агрегатов, в связке с оценкой фактического удельного водопотребления от принятых проектных норм, показывающий значимость корректного выбора нормативных показателей на стадии проектных расчетов, которые впоследствии оказывают значительное влияние на эксплуатационные показатели.

6. Рекомендовано при капитальных ремонтах насосных станций подбирать оборудование не по принципу «предшественник» на «аналог» с полным совпадением параметров, а руководствоваться фактическими показателями водопотребления и фактическими параметрами часового водопотребления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин С.Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. М.: Стройиздат, 2008. 160 с.
2. Березин С.Е., Баженов В.И. Воздухорудные станции с регулируемыми центробежными компрессорами. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 188 с.
3. Сайридин С.Ш., Селезнев В.А., Селезнева А.В. Анализ проблемы водоснабжения и водоотведения в Поволжье и обоснование ее решения программными методами // Градостроительство и архитектура. 2015. № 4(21). С. 68–77. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.9.
4. Чупин В.Р. Управление развитием систем водоснабжения и водоотведения в условиях вариативности численности населения и перспективного

водопотребления // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 12(756). С. 41–57. DOI 10.32683/0536-1052-2021-756-12-41-57.

5. Компания «Политерм» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.politerm.com> (дата обращения: 15.01.2024).

6. Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. Особенности гидравлического расчета систем хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирных домов // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 37–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.06.

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

8. Лезнов Б.С., Чебанов В.Б. Технологические основы энергосбережения в насосных установках // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №7. С. 13–18.

9. Шмиголь В.В., Черносвитов М.Д. О минимальных расчетных расходах в системах водоснабжения // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей / СГА-СУ. Самара, 2016. С. 220–224.

10. Николенко И.В., Котовская Е.Е., Котовский А.Е. Определение фактических параметров эксплуатации силовых агрегатов подкачивающих насосных станций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 6(762). С. 56–69. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-56-69.

11. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. 6-е изд., доп. М.: Высш. школа, 2002. 405 с.

12. Николенко И.В., Росовская О.В. Анализ режимов работы насосных агрегатов при возникновении аварийных ситуаций в системах подачи и распределения воды // Яковлевские чтения-2022: Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 133–143.

REFERENCES

1. Berezin S.E. *Nasosnye stantsii s pogruzhnymi nasosami. Raschet i konstruirovaniye* [Pump stations with submersible pumps. Calculation and design]. Moscow, Stroyizdat, 2008. 160 p.
2. Berezin S.E., Bazhenov V.I. *Vozdukhoduvnyye stantsii s reguliruemymi tsentrobezhnymi kompressorami* [Air blowing stations with adjustable centrifugal compressors]. Simferopol, IT "ARIAL", 2019. 188 p.
3. Sayriddinov S.Sh., Seleznev V.A., Selezneva A.V. On the issue of water supply and sewage in the volga region and software methods for its solution. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2015, no. 4(21), pp. 68–77. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.9

4. Chupin V.R. Management of the development of water supply and sewerage systems in conditions of population variability and prospective water consumption. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2021, no. 12(756), pp. 41–57. (in Russian) DOI 10.32683/0536-1052-2021-756-12-41-57
5. *Politerm Company*. Available at: <https://www.politerm.com> (accessed 15 January 2024).
6. Strelkov A.K., Zotov Yu.N., Mikhailova I.Yu. Features of the Hydraulic Calculation of Household Drinking Water Supply Systems of Apartment Buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 37–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.06
7. Saied M.A., Srepokrylov N.S., Nelidin V.V. Influence of the biomass carrier type on the oxygen transfer rate of the modified submersible rotating biofilter. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 60–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.8
8. Leznov B.S., Chebanov V.B. Technological fundamentals of energy saving in pumping units. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2004, no. 7, pp. 13–18. (in Russian)
9. Shmigol V.V., Chernosvitov M.D. On minimum design costs in water supply systems. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: sbornik statey* [Traditions and innovations in construction and architecture. Building technology: a collection of articles]. Samara, SGASU, 2016, pp. 220–224. (In Russian).
10. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Kotovsky A.E. Determination of actual operating parameters of power units of booster pumping stations. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2022, no. 6(762), pp. 56–69. (in Russian) DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-56-69
11. Gmurman V.E. *Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike. 6-e izd., dop.* [A guide to solving problems in probability theory and mathematical statistics. 6th ed., ext.]. Moscow, High school, 2002. 405 p.
12. Nikolenko I.V., Rosovskaya O.V. Analysis of operating modes of pumping units in case of emergency situations in water supply and distribution systems. *Yakovlevskie chteniya-2022: Sistemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya. Sovremennyye problemy i resheniya* [Yakovlevsky readings-2022: Water supply and sewerage systems. Today's Challenges and Solutions]. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2022. pp. 133–143. (In Russian).

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

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

КОТОВСКИЙ Алексей Евгеньевич

главный инженер
ООО инженерный центр «КРЫМТЕХКОМ»
295053, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 3
E-mail: kotovskiialex@yandex.ru

TEPLYKH Svetlana Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
the Water Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: lana2802@mail.ru

KOTOVSKAYA Elena Ev.

Senior Lecturer of the Engineering Systems in
Construction Chair
Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky
295007, Russia, Simferopol, Akademika Vernadsky av., 4
E-mail: elevkot@gmail.com

KOTOVSKY Alexey Ev.

Chief Engineer
LLC engineering center "KRYMTEKHCOM"
295053, Russia, Simferopol, Kievskaya str., 3
E-mail: kotovskiialex@yandex.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Котовский А.Е. Оценка влияния принятой нормы удельного водопотребления на эффективность эксплуатации подкачивающих насосных станций // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 28–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.05.

For citation: Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Kotovsky A.E. Assessment of the impact of the adopted norm of specific water consumption on the efficiency of operation of pumping stations. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 28–37. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.05.

С. З. КАЛАЕВА
С. В. ХАТЮШИН
М. А. ЖАРОВ

ОЧИСТКА ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД КОЖЕВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

PURIFICATION OF HIGHLY CONCENTRATED WASTEWATER FROM TANNERIES

Актуальность проведения исследования обусловлена необходимостью очистки производственных сточных вод, образующихся от обработки шкур животных, до показателей ПДК, позволяющих принимать такие воды в городскую канализационную сеть. В последние годы технологизация производственных процессов кожевенных предприятий претерпела значительные изменения, что привело к образованию сточных вод с более высокими концентрациями загрязняющих показателей, включая хром. Целью исследования является определение эффективности методов и технологии обработки сточных вод кожевенного производства. В работе рассматриваются методы и процессы очистки, позволяющие обеспечить нормативные результаты, а также опыт эксплуатации очистных сооружений предприятий кожевенного производства. Рассмотрен вариант разделения стоков с процесса золотения, с последующим окислением сульфидов перед сбросом в канализационную насосную станцию. Сбор данных производился на кожевном заводе в г. Ярославле. Изучена технология производства, осуществлялся отбор проб стоков и проводились лабораторные испытания на различных этапах процесса обработки кож. Рассмотрена схема очистных сооружений, выполнен забор проб поступающих стоков на очистку и стоков очищенных вод. Проведён анализ результатов обработки стоков, представлены данные исследования, на их основе сформулированы выводы по результативности применяемого способа обработки сточных вод кожевенного производства.

Ключевые слова: состав сточных вод, технология обработки, окисление сульфидов, биологический метод очистки

Постановка проблемы

Проект стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года [1] предполагает переход на новую технологическую базу, основанную на развитии малоотходных и безотходных технологических процессов, совершенствовании организации производства и управления, а также экологизацию производства кож

The relevance of the study is due to the need to purify industrial wastewater generated from the treatment of animal skin to the MPC indicators that allow such water to be taken into the city's general sewage network. In recent years, the technology of the production processes of tanneries has undergone significant changes, which has led to the formation of wastewater with higher concentrations of pollutants, including chromium. The purpose of the study is to determine the effectiveness of methods and technology of wastewater treatment of leather production. The paper studies the methods and processes of cleaning, allowing to provide regulatory results, as well as the experience of operating treatment facilities of tanneries. A variant of separation of effluents from the process of ashing, followed by oxidation of sulfides before discharge into the CNS, is considered. Data collection was carried out at a tannery in Yaroslavl. The production technology was studied, wastewater sampling was carried out and laboratory tests were carried out at various stages of the leather processing process. The scheme of treatment facilities is considered, sampling of incoming wastewater for treatment and wastewater of treated waters is carried out. The analysis of the results of wastewater treatment is carried out, the research data are presented, on their basis conclusions are formed on the effectiveness of the applied method of wastewater treatment of leather production.

Keywords: the composition of wastewater, processing technology, oxidation of sulfides, biological method of purification

и применение бесхромовых методов дубления, что должно заметно отразиться на технологии обработки и очистки сточных вод кожевенных предприятий. Наибольший урон экологической составляющей от кожевенного производства наносится от образующихся в значительном количестве сточных вод.

В Российской Федерации на настоящий момент располагается 25 основных предприятий по переработке шкур животных, где для

обработки 1 т сырья (сырых шкур) используется 57–78 м³ воды, расходуется до 400 кг химических материалов и энергии в пределах 40–60 кДж. Наиболее крупные предприятия из списка [2] представлены табл. 1.

Количественный и качественный состав сточных вод кожевенного производства, представляющий собой гетерогенные системы, характеризующиеся дисперсностью, содержащие: белки, жиры, шерсть, грязь, части мездры, а также применяемые химические реагенты, зависит от перерабатываемой продукции, ее выпускаемого ассортимента, технологического процесса (применяемого оборудования, количества стоков на единицу выпускаемой продукции, вида ее переработки), режима работы, что обуславливает необходимость в поиске эффективных методов и технологий обработки. Производственные стоки на предприятии смешиваются с хозяйственно-бытовыми и подвергаются обработке по единой схеме. В табл. 2 представлены обобщённые данные о характе-

ристике сточных вод при различных технологических операциях кожевенных производств.

В настоящее время имеется достаточно исследований в области очистки сточных вод от различных примесей, а также известны и успешно применяются способы биологической очистки производственных загрязнений [3–5]. Для очистки сточных вод кожевенных производств на территории Российской Федерации широкое применение получили схемы, включающие механические способы (процеживание, отстаивание), физико-химические способы (коагуляция, флотация, адсорбционная очистка, ионный обмен, экстракция, обратный осмос и ультрафильтрация) и биологические способы (деятельность многочисленных групп микроорганизмов) очистки.

Полнота изучения микробиологической трансформации металлов и их соединений позволяет продвигать исследования вопроса интенсификации процесса такой очистки от ионов тяжелых металлов, содержащихся в сточ-

Таблица 1. Основные кожевенные заводы с долей выпуска продукции со средним объёмом годового стока

Table 1. The main tanneries with a share of production with an average annual flow volume

Предприятие	Годовой объём выпускаемой продукции, тыс.м ²	Средний годовой объём стока, тыс.м ³
Вяземское кожевенное производство (ООО «ВКП ЛТ»), г. Вязьма Смоленской обл.	До 1 680	420
Рязанский кожевенный завод (Русская кожа), г. Рязань Рязанской обл.	До 8 640	2 165
Ярославский кожевенный завод (АО «Хром»), г. Ярославль Ярославской обл.	До 1 440	294
Талдомский кожевенный завод (ООО Арсенал), п. Северный Московской обл.	До 2 400	600
Рыбинский кожевенный завод (РКЗ), г. Рыбинск Ярославской обл.	До 60	15
Верхневолжский кожевенный завод, г. Осташков Тверской обл.	До 4 800	1 200
Волгоградский кожевенный завод (ООО Шеврет)	До 360	90
Кировский кожевенный завод (ООО Артэкс), г. Киров Кировской обл.	До 144	36
Богородский завод хромовых кож (ООО Караван-СК), г. Богородск Нижегородской обл.	До 840	210
Спасский кожевенный завод НАО, г. Спасск Рязанской обл.	До 1 200	300
Рассказовский кожевенный завод, г. Рассказово Тамбовской обл.	До 1 800	450
Чегемский кожевенный завод ОАО (ООО «Кариста»), г. Чегем, Республика Кабардино-Балкария	До 4 200	1 050

ных водах кожевенного производства, а именно соединения хрома двух степеней окисления: Cr (III) и Cr (VI) [6].

Опыт эксплуатации механической очистки на горизонтальном отстойнике стоков кожевенных производств показал, что повышение интенсификации процесса происходит при добавлении коагулянта (сернокислого железа) и показатели очистки от исходных концентраций улучшаются по взвешенным веществам на 63 %, по ХПК на 50 % [7].

Специфика технологии, как показала практика, требует отделения из общего количества стоков, потока после операции зольения, ввиду содержания в них значительного количества сульфидов до 1, 8 г/дм³, делая такие стоки токсичными. В стоке сульфиды могут находиться в трех различных формах (свободного сероводорода, гидросульфид-ионов и сульфид-ионов), а их соотношение определяется значениями pH. При смещении показателя pH в кислый диапазон содержание свободного сероводорода резко возрастает, а при смещении в щелочной сокращается, что отрицательно влияет на процесс обработки [8].

В целом стоки кожевенных предприятий с точки зрения биохимической очистки можно отнести к разряду тяжелых вод ввиду присутствия в них токсичных веществ высоких концентраций, которые ограничивают жизнедеятельность микроорганизмов. В настоящее время предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в стоках кожевенных заводов территориально различаются и жестко регламентируются (табл. 3).

Состав сточных вод и концентрации загрязнений варьируются в широком диапазоне, что усложняет выбор способов очистки и технологических схем очистных сооружений и их эксплуатацию, поэтому исследования в этой области продолжаются, а разработка новых методов и технологических схем очистки продолжает оставаться весьма актуальной.

Сбор и анализ данных

Объектом исследования является завод по переработке кож шкур крупного рогатого скота (КРС) в Ярославле, на котором производился сбор и анализ данных.

Очистные сооружения завода включают в себя:

- станцию окисления сульфидов из зольного стока;
- канализационную насосную станцию (КНС);
- механическую очистку ступенчатого типа;
- горизонтальный отстойник;

- реагентное хозяйство;
- две ступени биологической очистки;
- камеру осветления (вторичный отстойник);
- станцию переработки осадка.

1. Станция окисления сульфидов из зольного стока

Стоки по канализационной линии отведения сульфидных стоков от 9 барабанов (объем каждого 6,0 м³) оточно-зольного участка самотеком поступают в канализационную насосную станцию. Отсюда в автоматическом режиме происходит перекачка в усредняющую ёмкость объемом 48 м³.

На этой стадии происходит усреднение поступающих стоков и добавление 10 %-го раствора сульфата марганца (MnSO₄). Раствор сульфата марганца поступает в усредняющую ёмкость при помощи насосов-дозаторов. Расход окислителя, используемого в технологии обработки, составляет 3900 кг/год сухого вещества.

Следующим этапом является перекачка стоков из усредняющей ёмкости в два установленных отстойника-окислителя объемом 150 м³ каждый. Перед отстойниками установлены дисковые фильтры, которые удаляют крупные взвешенные вещества из стоков. Процесс окисления в них осуществляется попеременно. Производственные сточные воды поступают в первый отстойник-окислитель, где происходит процесс окисления. На обоих отстойниках установлены датчики уровня, после достижения максимального уровня прекращается подача (перекрывается пережимной клапан) производственных сточных вод в первую ёмкость. После закрытия пережимного клапана на первой ёмкости открывается клапан на транспортировку производственных сточных вод во второй отстойник-окислитель, где все процессы повторяются. После полного удаления сточных вод, прошедших окисление, из первого отстойника и достижения установленного уровня во второй ёмкости происходит удаление окисленных сточных вод из второй ёмкости и набор производственных сточных вод в первую ёмкость.

Процесс аэрации в отстойниках-окислителях осуществляет окисление сульфидов S²⁻ в сульфаты SO₄²⁻. Система подачи воздуха состоит из насосов и труб Вентури, установленных у основания ёмкостей. Аэрация осуществляет непрерывное движение сточных вод, что исключает осаждение осадка во время процесса окисления.

В результате процесса окисления сульфидов S²⁻ в сульфаты SO₄²⁻ выделяется аммиак NH₃, для его удаления установлен газоочистительный комплекс.

Производственные сточные воды сульфидного стока до поступления в усреднитель содер-

Таблица 2. Характеристика технологических сточных вод
при различных операциях кожевенного производства [9]
Table 2. Process Waste Water Characteristics in various leather operations [9]

Технологическая операция	pH, ед.	БПК ₅ , г/дм ³	Загрязняющие вещества	Доля сточных вод, %
Отмока	6 – 7	0,5 – 0,7	Хлориды, шерсть, обрезки шкур, мездра, щетина, кровь, растворенные жиры, песок	23
Золение	14	6,3 – 10,9	Известь, сернистый натрий, сульфиды, волосы, растворенные орг. вещества, диметиламин, орг. азот	34
Обеззоливание	6 – 9	1,7 – 3,2	Неорганические вещества, аммонийный азот	23
Дубление хромовое	3 – 6,5	400 – 900	Растворенные органические вещества, соли, оксид хрома	1,5
Дубление растительное	3 – 6,5	400 – 900	Дубильные вещества, фенолы, сульфаты, синтаны, множество видов бактерий	
Крашение	5 – 6	1,7 – 6,0	Полимеры, растворители, ПАВ	18,5

Таблица 3. Региональные ПДК в Российской Федерации и Европейском союзе, мг/дм³ [10]
Table 3. Regional MPC in the Russian Federation and the European Union, mg/dm³ [10]

Показатели качества воды, химические вещества, мг/дм ³	ЕС	Москва	Санкт-Петербург	Ярославль
pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Хром (Cr ⁶⁺)	0,1 – 0,5	0,1	0,1	0,07
Хром (Cr ³⁺)	0,5 – 5	1	0,1	0,4
Алюминий (Al ³⁺)	1 – 10	1	–	–
Марганец (Mn)	–	2	0,2	–
Кальций (Ca ²⁺)	–	–	–	150
Жесткость, мг-экв/дм ³	–	–	–	–
Сухой остаток	–	2000	–	–
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	–	500	250	100
Хлориды (Cl ⁻)	–	350	170	300
Нитраты (NO ₃ ⁻)	–	–	23,5	40
Фосфаты (PO ₄ ³⁻)	–	4	1,5	1,6
Эфироивлекаемые вещества	–	20	23,1	3
Аммиак и аммонийные соли	–	20	23,1	3
Нефтепродукты	0,1 – 5	4	0,5	0,3
ПАВ (анионные и неионогенные)	–	2,5	2,5	0,9
Жиры	–	20	–	–
Фенолы	–	0,01	–	–
ХПК	150–400	800	270	176
Взвешенные вещества	50 – 60	500	150	103
Сухой остаток	–	–	500	–

жали в своем составе: сульфиды – 666 мг/дм³, Ph – 12,6. После прохождения полного цикла очистки от содержания сульфидов их количественное содержание уменьшается до 0,002 мг/дм³ (норма содержания сульфидов в сточных водах – 1,5 мг/дм³), значение Ph уменьшается до 8,6. Степень очистки составляет 99 %.

Блок-схема станции окисления сульфидов из зольного стока представлена на рис. 1.

2. Общая очистка сточных вод

Перед поступлением производственных стоков на очистку они имеют следующие показатели: рН – 8, 09; количество взвешенных веществ – 1436,3 мг/дм³, общее содержание хрома – 78,13 мг/дм³ (хром 6+ – 3,69 мг/дм³ + хром 3+ – 74,55 мг/дм³); ХПК – 7090,2 мг/дм³. Исходные сточные воды завода с максимальным расходом 1200 м³/сут самотеком поступают в канализационную насосную станцию вертикального исполнения, далее посредством погружных насосов, управляемых частотными преобразователями, подаётся на механическую очистку. Очистка осуществляется на решетках шнекового и ступенчатого типа. Задерживаются плавающие, оседающие и взвешенные вещества в стоках. Образующийся слой из отходов создает дополнительную фильтрацию, задерживая более мелкие фракции. Далее отходы с решеток направляются в сборную ёмкость для осадка. При прохождении сточных вод через решётки происходит добавление в проходящий сток хлорного железа FeCl₃, это необходимо для нейтрализации

запаха от сточных вод. После прохождения механических решёток количество взвешенных веществ уменьшилось практически более чем в два раза и составляет 533,71 мг/дм³, как и ХПК – 3419,35 мг/дм³, а рН – 7,04.

После решеток стоки отправляются самотёком на тонкую механическую очистку в горизонтальные отстойники: общее количество – 4 шт., объем камеры одного отстойника 171 м³, общий объем – 684 м³, общее время пребывания стоков в отстойнике – 16 ч. Происходит разделение. Скопившийся осадок на дне отстойника шнековыми транспортерами собирается в приямок и насосами откачивается в ёмкость для образования осадка (взаимодействие извести и хлорного железа), откуда он направляется на уплотнение и обезвоживание на центрифугах, с его последующим удалением из технологической схемы. Производственные сточные воды далее направляются на первую стадию биологической очистки со следующими показателями: количество взвешенных веществ – 367,33 мг/дм³, ХПК – 755,04 мг/дм³ и рН – 6,88.

Для проведения процесса биологической очистки необходимо соблюдение следующих показателей: содержание взвешенных веществ – в пределах от 150 до 400 мг/дм³, рН – в пределах от 5, 5 до 8, 5. Данное требование выполняется, поэтому дальнейшее проведение биологической очистки является возможным.

Биологическая очистка первого этапа подразделяется на два подэтапа:

1) нитрификация в аэротенке [11] (окисление органических загрязнений активным илом)

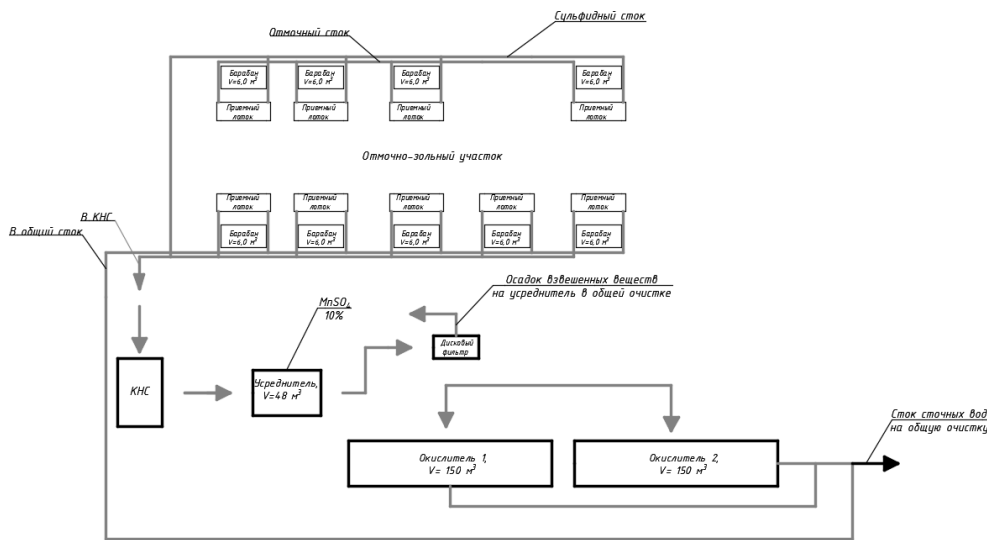


Рис. 1. Блок-схема станции окисления сульфидов из зольного стока
Fig. 1. Block diagram of the station for oxidation of sulphides from ash effluent

с дальнейшим отделением и рециркуляцией активного ила [12] во вторичном отстойнике (процесс происходит в режиме полного окисления). Воздух в камеру аэротенка подаётся через мелкопузырчатые аэраторы с помощью воздуходувки. Это обеспечивает концентрацию растворенного кислорода в пределах от 2 до 3 мг/дм³, которая необходима для протекания окисления органики и обеспечения процесса нитрификации;

2) денитрификация – процесс, где производственные сточные воды смешиваются с нитрифицированной иловой смесью [13], рециркуляция которой осуществляется из аэротенка. Для перемешивания в ёмкости денитрификатора используется крупнопузырчатая аэрация, параллельно с этим процессом измельчаются содержащиеся в производственных сточных водах агломерационные хлопья [14].

После прохождения второй ступени процесса биологической очистки сточные воды имеют следующие показатели: рН – 5, 73; ХПК – 3937, 5 мг/дм³; азот – 40, 74 мг/м³; фосфаты – 29, 66 мг/дм³.

Последним этапом общей очистки производственных сточных вод является их прохождение через камеру осветления (вторичный отстойник), где осуществляется их доочистка [15].

После прохождения технологической схемы очистки сточные воды имеют следующий состав: рН – 6,34; взвешенные вещества – 108,75 мг/дм³; ХПК – 178,61 мг/дм³; сульфиды – менее 0,02 мг/дм³; общее содержание хрома – 0,5 мг/дм³ (хром 6+ – 0,08 мг/дм³ + хром 3+ – 0,42 мг/дм³) и направляются в общую канализацию на городские очистные сооружения.

Блок-схема общей очистки сточных вод представлена на рис. 2.

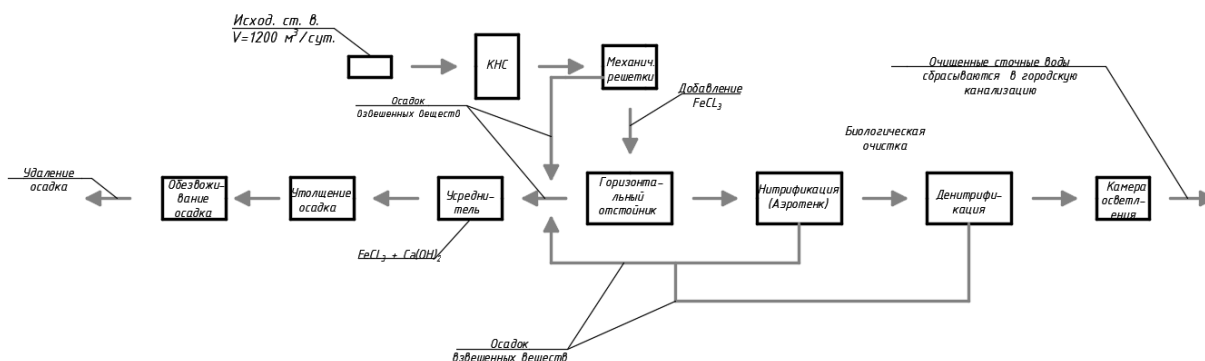


Рис. 2. Блок-схема общей очистки сточных вод
Fig. 2. Block diagram of general wastewater treatment

Выводы. 1. Сточные воды завода по обработке шкур крупного рогатого скота отличаются высоким содержанием органических веществ – ХПК 7090 мг/дм³, БПК_{полн.} – 4254 мг/дм³, взвешенных веществ – 1436 мг/дм³.

2. Технологическая схема очистки сточных вод кожевенного предприятия Ярославля включает механическую очистку на решётках шнекового и ступенчатого типа, двухэтапную биологическую, сульфидную очистку, с завершающим этапом прохождения через камеру осветления (вторичный отстойник, где осуществляется их доочистка) перед сбросом в городской коллектор.

3. Показано эффективное соотношение БПК_{полн.}/ХПК = 528,53/755,04 = 0, 6, что доказывает целесообразность применения биологической очистки сточных вод. Оптимальный диапазон отношения БПК_{полн.}/ХПК находится в пределах от 0,4 до 0,75.

4. В результате очистки сточных вод образуется большое количество осадков, которые в дан-

ный момент просто вывозятся для утилизации на специальных полигонах для захоронения. Однако возможно использование осадков в качестве добавки в строительные материалы [16], что требует дальнейшей проработки и исследования на конкретной технологической схеме очистки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: <https://minrpp.nso.ru/news/1541> (дата обращения: 09.10.2023).
2. Кожевенные предприятия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.souzkogevnikov.ru/shop/goods/category/8/> (дата обращения: 09.10.2023).
3. Хабибрахманова А.И., Югина Н.А., Хабибрахманов В.З., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. Биологическая очистка сточных вод от ионов хрома (VI) с применением биологически активных веществ // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №19. С. 224–224.

4. Стрелков А.К., Степанов С.В., Морозова К.М., Базарова А.О. Результаты применения аэробных термофильных микроорганизмов для очистки сточных вод маслоэкстракционной промышленности // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 40–47. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.6.

5. Стрелков А.К., Базарова А.О., Теплых С.Ю. Очистка сточных вод пищевых производств с высоким содержанием жиров, нефтепродуктов и фенольных примесей // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 50–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.08.

6. Климова О.В. Сорбция ионов хрома (VI) углеродным сорбентом // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. №11(70). С. 155–160.

7. Козловская С.Б. Исследование интенсификации процесса очистки городских сточных вод методом реагентной обработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Харьков, 1982. 154 с.

8. Разработка проекта по очистке сточных вод кожевенного производства [Электронный ресурс]. URL: https://www.myuniversity.ru/Экология/Разработка_проекта_по_очистке_сточных_вод/167606_2253130_страница3.htm (дата обращения: 09.10.2023).

9. Характеристика технологических сточных вод при различных операциях кожевенного производства [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vo-da.ru/articles/los-kojevennyh-predpriyatij/sostav-stokov> (дата обращения: 09.10.2023).

10. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС40–2021 Дубление, крашение, выделка шкур и кожи [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728318742> (дата обращения: 09.10.2023).

11. Карелин Я.А., Жуков Д.Д., Журов В.Н., Репин Б.Н. Очистка производственных сточных вод в аэротенках. М.: Стройиздт, 1973. 223 с.

12. Герман Н.В. Получение и применение бактериального биопрепарата для очистки сточных вод кожевенного производства: дис. ... канд. биол. наук. Волгоград, 2016. 131 с.

13. Авдеенков П.П., Чистяков Н.Е. Механизм денитрификации // Наука, техника и образование. 2019. №4(57). С. 19–22.

14. Хуснулина А.Л. Выбор показателей для проверки эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник науч. трудов. Томск: изд-во ТПУ, 2014. С. 36–38.

15. Сточные воды кожевенного предприятия: проблемы и решения / Б.П. Кондауров, А.А. Захарова, В.И. Александров, Л.Т. Базшиева, В.С. Салтыкова. М.: МГУДТ, 2011. 285 с.

16. Чулкова И.Л., Смирнова О.Е., Красова А.В. Применение осадков сточных вод в производстве бетона // Вестник СибАДИ. 2021. Т.18, № 5(81). С. 566–575. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-5-566-575.

REFERENCES

1. Strategy for the development of light industry in the Russian Federation for the period up to 2025. Available at: <https://minrpp.nso.ru/news/1541> (accessed 09 October 2023).

2. Tanneries. Available at: <https://www.souzkogevnikov.ru/shop/goods/category/8/> (accessed 09 October 2023).

3. Khabibrakhmanova A.I., Yugina N.A., Khabibrakhmanov V.Z., Mikhailova E.O., Shulaev M.V. Biological treatment of wastewater from chromium (VI) ions using biologically active substances. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2014, no. 19, pp. 224–224. (in Russian)

4. Strelkov A.K., Stepanov S.V., Morozova K.M., Bazarova A.O. Results of the Application of Aerobic Thermophilic Microorganisms for Wastewater Purification of the Oil Extraction Industry. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 40–47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vest-nik.2023.02.6

5. Strelkov A.K., Bazarova A.O., Teplykh S.Yu. Treatment of Food Production Waste Water with a High Content of Fats, Petroleum Products and Phenolic Impurities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 50–55. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.08

6. Klimova O.V. Sorption of chromium (VI) ions by carbon sorbent. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2012, no. 11(70). pp. 155–160. (in Russian)

7. Kozlovskaya S.B. *Issledovanie intensifikatsii protsessov ochistki gorodskikh stochnykh vod metodom reagentnoy obrabotki. Cand. Diss.* [Study of intensification of urban wastewater treatment by reagent treatment. Cand. Diss.]. Kharkiv, 1982. 154 p.

8. Development of a project for waste water treatment of leather production. Available at: https://www.myuniversity.ru/Экология/Разработка_проекта_по_очистке_сточных_вод/167606_2253130_страница3.htm (accessed 09 October 2023).

9. Characteristics of process wastewater during various leather production operations. Available at: <https://www.vo-da.ru/articles/los-kojevennyh-predpriyatij/sostav-stokov> (accessed 09 October 2023).

10. Information and technical reference on the best available technologies. ITS40–2021 Tanning, dyeing, dressing of hides and leather. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/728318742> (accessed 09 October 2023).

11. Karelin Ya. A., Zhukov D.D., Zhurov V.N., Repin B.N. *Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod v aerotenkakh* [Treatment of industrial wastewater in aeration tanks]. Moscow, Stroyizdat, 1973. 223 p.

12. Herman N.V. *Poluchenie i primeneniye bakterial'nogo biopreparata dlya ochistki stochnykh vod kozhevennogo proizvodstva. Cand. Diss.* [Production and application of

bacterial biological product for treatment of waste water of leather production. Cand. Diss.]. Volgograd, 2016. 131 p.

13. Avdeenkov P.P., Chistyakov N.E. Denitrification mechanism. *Nauka, tekhnika i obrazovanie* [Science, technology and education], 2019, no. 4(57), pp. 19–22. (in Russian)

14. Khusnulina A.L. Selection of indicators for checking the efficiency of domestic wastewater treatment. *Resursoeffektivnym tekhnologiyam – energiyu i entuziazm molodykh: sbornik nauch. trudov* [Resource-efficient technologies ▪ energy and enthusiasm of young people: collection scientific. Works]. Tomsk, TPU publishing house, 2014, pp. 36–38. (In Russian).

15. Kondaurov B.P., Zakharova A.A., Alexandrov V.I., Bazshieva L.T., Saltykova V.S. *Stochnye vody kozhevennogo predpriyatiya: problemy i resheniya* [Tannery Wastewater: Challenges and Solutions]. Moscow, MGUDT, 2011. 285 p.

16. Chulkova I.L., Smirnova O.E., Krasova A.V. Application of sewage sludge in concrete production. *Vestnik SibADI* [SibADI Bulletin], 2021, vol. 18, no. 5(81), pp. 566–575. (in Russian) DOI: 10.26518/2071-7296• 2021-18• 5-566-575

Об авторах:

КАЛАЕВА Сахиба Зияддиновна

доктор технических наук, доцент,
заведующая кафедрой охраны труда и природы
Ярославский государственный технический
университет
150023, Россия, г. Ярославль, Московский пр., 88
E-mail: kalaevasz@mail.ru

KALAEVA Sahiba Z.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head
of the Labor and Nature Protection Chair
Yaroslavl State Technical University
150023, Russia, Yaroslavl, Moskovsky pr., 88
E-mail: kalaevasz@mail.ru

ХАТЮШИН Станислав Викторович

старший преподаватель кафедры строительства
зданий и сооружений
Ярославский государственный технический
университет
150023, Россия, г. Ярославль, Московский пр., 88
E-mail: stas_khatyushin_76@vk.com

KHATYUSHIN Stanislav V.

Senior Lecturer of the Construction of Buildings
and Structures Chair
Yaroslavl State Technical University
150023, Russia, Yaroslavl, Moskovsky pr., 88
E-mail: stas_khatyushin_76@vk.com

ЖАРОВ Максим Андреевич

аспирант
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
ассистент кафедры строительства зданий
и сооружений
Ярославский государственный технический
университет
150023, Россия, г. Ярославль, Московский пр., 88
E-mail: mack.jarov2014@yandex.ru

ZHAROV Maxim An.

Postgraduate student
National Research Moscow State University of Civil
Engineering
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26
Assistant of the Construction of Buildings and Structures
Chair
Yaroslavl State Technical University
150023, Russia, Yaroslavl, Moskovsky pr., 88
E-mail: mack.jarov2014@yandex.ru

Для цитирования: Калаева С.З., Хатюшин С.В., Жаров М.А. Очистка высококонцентрированных сточных вод кожевенных производств // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 38–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.06.

For citation: Kalaeva S.Z., Khatyushin S.V., Zharov M.A. Purification of highly concentrated wastewater from tanneries. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 38–45. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.06.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ



УДК 691.335

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.07

С. А. Ю. МУРТАЗАЕВ
М. Ш. САЛАМАНОВА

ВЛИЯНИЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БЕТОНА

INFLUENCE OF AGGREGATE ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CONCRETE

Доминирующая роль вяжущей системы и водо-цементного отношения доказана многими исследованиями, но следует отметить и значимость заполнителя, ведь большая доля в объеме материала принадлежит именно ему. Образуя жесткий остов, заполнитель участвует в формировании структуры композита, и именно он отвечает за контактную прочность с цементной матрицей. Исследование физико-механических свойств и гранулометрического состава заполнителя проводили согласно требованиям ГОСТ 8267–93. Исследовались возможные типы структур в зависимости от распределения зерен заполнителя в основной массе бетонной смеси, выделен наилучший «контактный» вид структуры. Изучены свойства проб щебня различных карьеров, установлено, что все относятся к группе гранит-диабазовых пород с развитой кубовидной формой, что положительно отразилось на контактной прочности с растворенной частью. Использование щебня фракции 20–40 мм карьера Алханчурт способствовало достижению класса бетона В40. Проведенный фронт работы по проектированию состава бетона с использованием крупного заполнителя Северо-Кавказского федерального округа позволил оценить вклад этого компонента в процесс формирования структуры и прочности бетонного камня, что является ответственным моментом при получении заданных классов бетона и в дальнейшем отразится на эксплуатационной надежности и долговечности строящихся объектов.

Ключевые слова: крупный заполнитель, гранулометрия, бетон, бетонная смесь, структура, водоотделение, контактная зона, прочность

The dominant role of the binder system and the water-cement ratio has been proven by many studies, but the importance of the aggregate should also be noted, because a large share in the volume of the material belongs to it. By forming a rigid skeleton, the filler participates in the formation of the structure of the composite, and it is it that is responsible for the contact strength with the cement matrix. A study of the physical and mechanical properties and granulometric composition of the filler is necessary to determine the material's compliance with the requirements of GOST 8267–93. The work carried out on designing the composition of concrete using coarse aggregate from the North Caucasus Federal District made it possible to evaluate the contribution of this component to the process of formation of the structure and strength of concrete stone. Occupying the predominant volume in the mass of concrete, coarse aggregate affects the technical performance, durability and cost of the final product. The study of physical and mechanical properties and granulometric composition of the aggregate will make it possible to correctly design concrete formulations, which is a crucial point in obtaining specified classes of concrete, and will subsequently affect the operational reliability and durability of objects under construction

Keywords: coarse aggregate, granulometry, concrete, concrete mixture, structure, water separation, contact zone, strength

Введение

История зарождения такого доминирующего в строительстве материала, как бетон упирается в далекое прошлое, но возможности и потенциал его, можно с уверенностью утверждать, неисчерпаемы [1–5]. Вяжущее, заполнители и вода – основные компоненты бетонного камня, в которых сосредоточен определенный резерв энергии, – после химического контакта активных составляющих, связывая крупные и мелкие зерна пород в единое целое, образуют жесткий и прочный конгломерат. Первостепенная роль вяжущей системы и водоцементного отношения доказана многими исследованиями [6–9], но следует отметить и значимость заполнителя, ведь большая доля в объеме материала принадлежит именно ему. Образуя жесткий остов, заполнитель участвует в формировании структуры композита, и именно он отвечает за контактную прочность с цементной матрицей.

По данным многих исследователей [10–16] прочность бетонов всех марок без исключения, зависит в большей мере от адгезионной прочности контакта цементной связки с поверхностью щебня. Развитый и шероховатый микрорельеф способствует увеличению прочности в 4 раза, в сравнении с заполнителем гладкой поверхности, обусловлено это более глубоким проникновением в углубления и дефекты на поверхности щебня цементного раствора, с дальнейшим синтезом на указанных подложках кристаллических образований гидратных соединений [17]. Следовательно, адгезионная прочность зависит от многих факторов, таких как прочность, гранулометрия и морфология заполнителя, но необходимо

отдельно отметить влияние водоцементного отношения на плотность примыкания цементной пасты с зернами щебня. Установлено, что с увеличением водоцементного отношения наблюдаются нежелательные процессы водоотделения и седиментации вяжущей связки, которые приводят к скоплению жидкости под зернами щебня или гравия с образованием слабых зон, пустот и нарушению сплошности контактной зоны [9, 18]. Увеличение крупности фракций заполнителя также благоприятствует нежелательным явлениям. Поэтому для повышения прочности в зоне контакта желательно использовать жесткие бетонные смеси, с оптимальной гранулометрией и развитой морфологией, а для преодоления трудностей приготовления и формования массы необходимо предусмотреть дополнительные источники перемешивания и виброуплотнения, вводить химические модификаторы, ликвидируя тем самым негативные седиментационные процессы в составе [19, 20].

Доля заполнителя в теле бетона велика, образуемый жесткий каркас должен воспринимать действующие нагрузки, уменьшать деформации (усадка, ползучесть, микротрещины), повышать прочность и модуль упругости камня при дальнейшей эксплуатации в конструктивном элементе, но следует заметить, что от степени наполнения цементной матрицы щебнем зависит структура смеси, бетона и возможности конечного продукта [21, 22]. На рис. 1 представлены возможные вариации структуры композита в зависимости от содержания крупного заполнителя.

Приведенные типы структур, полученные на основании результатов исследований [12, 14],

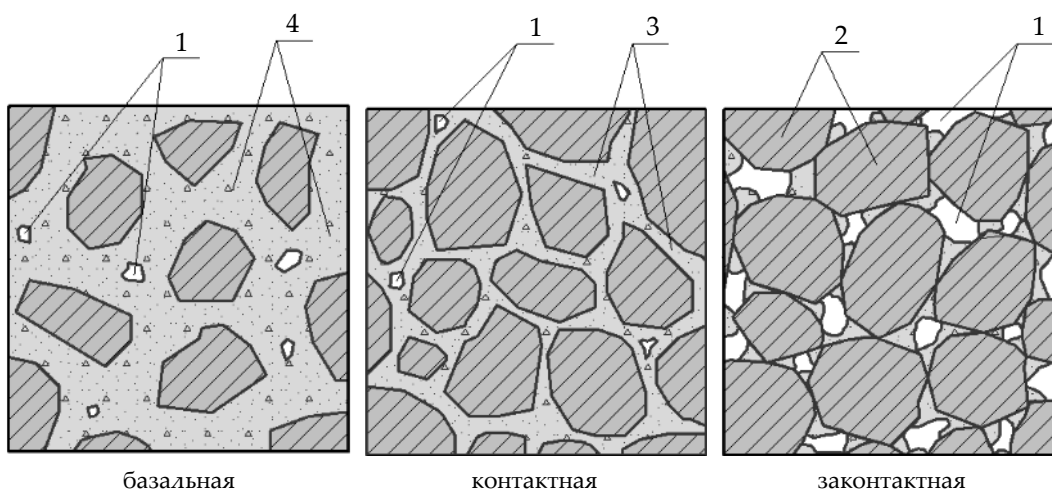


Рис. 1. Типы структур бетонов в зависимости изменения содержания щебня:

1 – межзерновые пустоты; 2 – зерна щебня; 3 – адгезионный слой; 4 – цементная матрица

Fig. 1. Types of concrete structures depending on the change in crushed stone content:

1 – intergranular voids; 2 – crushed stone grains; 3 – is an adhesive layer; 4 – cement matrix

дают возможность восприятия особенностей распределения зерен заполнителя в основной массе бетона в зависимости от степени наполнения цементного раствора щебнем. Наибольшее предпочтение можно отдать «контактной» структуре, так как возникающие при работе бетона сжимающие нагрузки и напряжения концентрируются на сравнительно жестком элементе – зернах щебня, и величина усилия определяется модулями упругости матрицы и крупного заполнителя.

«Базальная» структура, или «плавающий заполнитель» формируется при уменьшении доли щебня за счет увеличения растворной массы, зерна отдаляются друг от друга толстым слоем цементного камня, что приводит к снижению сжимающих нагрузок и напряжений в области крупного заполнителя, влияние этого компонента на физико-механические свойства бетона практически неощутимы.

«Законтактная» структура характерна при перерасходе доли крупного заполнителя, зерна щебня непосредственно контактируют друг с другом, растворной части не хватает для сохранения сплошности, межзерновые пространства заполнены воздухом. Можно утверждать, что этот тип структуры самый нестабильный и весьма критичен; из-за отсутствия прочной связи между зернами щебня происходит концентрация напряжений в зоне контакта с дефицитной растворной массой, что отразится на прочностных и деформационных свойствах бетона.

Материалы и методы

Приведенный небольшой анализ доказывает значимость заполнителя в составе бетона, его влияние на свойства конечного композита.

Для получения качественного материала необходимо тщательно исследовать все основополагающие для подбора состава бетона свойства крупного заполнителя. С этой целью, в рамках проведения научно-технического сопровождения объектов СКФО, для разработки бетонов классов В20–В40 были взяты пробы щебня с действующих карьеров Республики Северная Осетия (РСО), Чеченской Республики (ЧР) и Республики Дагестан (РД). Исследовались физико-механические свойства, гранулометрический состав, изучалась морфология поверхности заполнителя, и особый акцент делался на наличие нежелательных в заполнителе активных примесей. Результаты исследований представлены в табл. 1–6.

Исследуемые в работе пробы щебня, отобранные в соответствии с ГОСТ 8269.0-97, относятся к группе гранит-диабазовых пород, наиболее часто применяемых фракций 5–20 и 20–40 мм. Рельеф поверхности у всех исследуемых проб шероховатый, присутствует развитая кубовидная форма, что положительно отразится на контактной прочности с растворной частью. Практически все партии щебня соответствуют марке по дробимости М1000, за исключением щебня карьера Комсомольский фракции 5–20 мм и щебня фракции 20–40 мм карьера с. Беслан, прочность по дробимости которых составила М800 (ГОСТ 8267-93, табл. 5). Для получения бетонов В40 и более рекомендуется применять щебень с маркой по дробимости более $\geq$ М1000. Результаты гранулометрического анализа показали, что проба щебня фракции 20–40 мм с. Алханчурт (РСО) по требованиям зернового состава и по физико-механическим свойствам соответствует требованиям ГОСТ 8267-93. Остальные исследуемые пробы щебня испытание по гранулометрическому составу частично не прошли.

Таблица 1. Свойства щебня фракции 5–20 мм, с. Алханчурт, РСО
Table 1. Properties of crushed stone of 5–20 mm fraction, p. Alkhanchurt, RSO

Показатель	Фактические значения						ГОСТ 8267-93
Подбор сит	1, 25Д	Д	0, 5(Д+d)	d	2, 5	< 2, 5	
Размер сит, мм	25	20	12, 5	5	2, 5	–	
Полные остатки, %	–	12, 7	72, 78	97, 67	99, 07	100	
ГОСТ 8267-93	До 0, 5	До 10	30-60	90-100	–	–	
Прочность щебня (марка по дробимости)			6,19 (М1000)				–
Насыпная плотность, кг/м³			1476				–
Содержание дробленых зерен, %			83				$\geq$ 80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %			0,9				< 1
Содержание глины в комках, %			Нет				< 0, 25

Таблица 2. Свойства щебня фракции 5–20 мм, с. Комсомольское, ЧР
Table 2. Properties of crushed stone of 5–20 mm fraction with. Komsomolskoye, CR

Показатель	Фактические значения							ГОСТ 8267–93
Подбор сит	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	1,25	< 1,25	
Размер сит, мм	25	20	12,5	5	2,5	1,25	–	
Полные остатки, %	0,92	17,2	69,8	98,6	99,4	99,4	100	
ГОСТ 8267–93	До 0,5	До 10	30–60	90–100	–	–	–	
Прочность щебня (марка по дробимости)	21,3 (М800)							–
Насыпная плотность, кг/м³	1432							–
Содержание дробленых зерен, %	87							≥80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,5							< 1
Содержание глины в комках, %	Нет							< 0,25

Таблица 3. Свойства щебня фракции 20–40 мм, с. Алханчурт, РСО
Table 3. Properties of crushed stone with fraction of 20–40 mm s. Alkhanchurt, RSO

Показатель	Фактические значения							ГОСТ 8267–93
Подбор сит	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	< 2,5		
Размер сит, мм	50	40	30	20	10	–		
Полные остатки, %	–	8,16	59,5	92,95	99,8	100		
ГОСТ 8267–93	До 0,5	До 10	30–60	90–100	–	–		
Прочность щебня (марка по дробимости)	16,4 (М1000)							–
Насыпная плотность, кг/м³	1420							–
Содержание дробленых зерен, %	85							≥80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,13							< 1
Содержание глины в комках, %	Нет							< 0,25

Таблица 4. Свойства щебня фракции 20–40 мм, с. Беслан, РСО
Table 4. Properties of crushed stone, fraction 20–40 mm, p. Beslan, PSO

Показатель	Фактические значения							ГОСТ 8267–93
Подбор сит	1, 25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	< 2,5		
Размер сит, мм	50	40	30	20	10	–		
Полные остатки, %	–	21,42	67,91	97,78	99,46	100		
ГОСТ 8267–93	До 0,5	До 10	30–60	90–100	–	–		
Прочность щебня (марка по дробимости)	22,1 (М800)							–
Насыпная плотность, кг/м³	1351							–
Содержание дробленых зерен, %	84							≥80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,43							< 1
Содержание глины в комках, %	Нет							< 0,25

Таблица 5. Свойства щебня фракции 20–40мм, с. Нагир, РСО
Table 5. Properties of crushed stone with fraction of 20–40 mm, with. Nagir, RSO

Показатель	Фактические значения						ГОСТ 8267–93
Подбор сит	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	< 2,5	
Размер сит, мм	50	40	30	20	10	–	
Полные остатки, %	1,36	22,91	63,43	98,60	99,86	100	
ГОСТ 8267–93	До 0, 5	До 10	30–60	90–100		–	
Прочность щебня (марка по дробимости)			8,3 (М1000)				–
Насыпная плотность, кг/м³			1500				–
Содержание дробленых зерен, %			84				≥80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %			0,85				< 1
Содержание глины в комках, %			Нет				< 0,25

Таблица 6. Свойства щебня фракции 20–40 мм, г. Кизилюрт, РД
Table 6. Properties of crushed stone of 20–40 mm fraction, Kizilyurt, RD

Показатель	Фактические значения						ГОСТ 8267–93
Подбор сит	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	< 2,5	
Размер сит, мм	50	40	30	20	10	–	
Полные остатки, %	–	13,41	52,01	97,31	99,97	100	
ГОСТ 8267–93	До 0,5	До 10	30–60	90–100		–	
Прочность щебня (марка по дробимости)			18,2 (М1000)				–
Насыпная плотность, кг/м³			1470				–
Содержание дробленых зерен, %			83				≥80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %			0,60				< 1
Содержание глины в комках, %			Нет				< 0,25

Результаты

В состав современных бетонных смесей входят минеральные порошки, химические модификаторы, фракционированные заполнители, многокомпонентные вяжущие связки, активированная вода затворения. Но на строительных площадках в большей мере пользуются спросом универсальные линейки бетона классов В25–В40, для производства которых нужны стабильные и доступные сырьевые материалы. Для подбора составов бетона в качестве вяжущего применялся портландцемент АО «Чеченцемент» ЦЕМ I 42,5 Н, активность которого на момент исследований составила 49,5 МПа. Мелкий заполнитель использовался с месторождения Алагир (РСО), модуль крупности составил 2,8, присутствие активного кремнезема не обнаружено, содержание пылеватых и глинистых частиц 0,7 %. Для получения высокоподвижных смесей марки по подвижности П4 исследовалась химическая добавка на основе эфиров

поликарбоксилатов Полипласт СП-1 (1,3 % от массы цемента), для работы в зимних условиях рекомендуется противоморозная добавка РЕ-ОДИН 150F (RE150F) с дозировкой от 1–1,5 % от массы цемента, которая изменялась в зависимости от температуры окружающей среды. Крупный заполнитель, который полностью или частично отвечал требованиям ГОСТ 8267–93, использовался в экспериментах. Предлагаемые составы тяжелых бетонов В25–В40 и результаты испытаний представлены в табл. 7, 8. Испытания серии образцов кубов размером 10 см (4 кубика на каждый состав), твердевших в камере нормального твердения в течение 28 сут, показали, что достигнуть проектной прочности удалось только образцам класса В40. Объяснением достижения заданной прочности составом В40 будет использование щебня фракции 20–40 мм карьера Алханчурт, РСО, полностью соответствующего требованиям ГОСТ 8267–93 как по гранулометрическому, так и по физико-механическим характеристикам.

Таблица 7. Составы тяжелых бетонов
Table 7. Heavy Concrete Compositions

№ состав	Заданный класс (марка) бетона по прочности на сжатие	В/Ц	Расход материалов на 1 м³ бетона, кг				Плотность бетонной смеси, кг/м³	Подвижность смеси ОК, см	Добавка полипласт СП-1 Реодин*
			Ц	В	Щ	П			
Щебень фракции 20–40 мм карьера Алханчурт, РСО									
1	B40 (M500)	0, 30	530	159	1000	730	2420	17	6, 8
Щебень фракции 20–40 мм Кизилюрт, РД									
2	B35 (M 450)	0, 31	450	140	1100	745	2440	18	6, 3
Щебень фракции 5–20 мм Алханчурт, РСО									
3	B30 (M400)	0, 44	430	189	1075	775	2470	17	5, 7
Щебень фракции 20–40 мм Беслан, РСО									
4	B25 (M350)	0, 50	380	190	1060	820	2460	17	4, 7

* Противоморозная добавка РЕОДИН 150F дозировка изменяется в зависимости от температуры окружающей среды: +5–0 °C – 1 %; 0 – -5 °C – 1, 1–1,2 %; -5 – -10 °C – 1,3–1,4 %; -10 – -15 °C от 1,5 %

Таблица 8. Результаты испытаний бетона
Table 8. Concrete test results

№ состава	Наименование образца	Плотность, кг/м ³	Разрушающая нагрузка, кН	Прочность при сжатии, МПа	Требуемая прочность, МПа	% от требуемой прочности
1	B40 (M500)	2325	570	54,1	52,3	103,0
2	B35 (M450)	2320	460	43,7	45,8	95,4
3	B30 (M400)	2318	384	36,5	39,2	93,0
4	B25 (M350)	2310	324	30,8	32,7	94,2

Минимальная загрязненность зерен щебня пылеватыми, глинистыми и илистыми частицами, шероховатый, изъеденный рельеф поверхности, остроугольная кубовидная форма, высокая прочность при сдавливании в цилиндре – все это в комплексе содействовало набору проектной прочности. За проектируемые составы B35 (M450), B30 (M400) и B25 (M350) на 5–7 % уступают проектной прочности на 28-е сутки, но в более длительные сроки достигнут заданные показатели благодаря использованию в составах щебня марки по дробимости M1000 и суперпластификатора Полипласт СП-1 (1,3 % от массы цемента).

Ввиду того, что от показателя адгезионной прочности в зоне контакта цементно-песчаного раствора и поверхности крупного заполнителя

зависят физико-механические показатели бетона в целом, образцы состава B40 подвергались микроанализу на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200i с интегрированной системой микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX. На приведенных микрографиях (рис. 2) образцов бетона можно наблюдать морфологию контактной зоны и достаточно плотную структуру композита. Композиция представлена массивной относительно однородной структурой, образованной гидратами силикатов и алюминатов кальция.

Результаты наличия микрофаз в контактной зоне, диагностируемые методами электронно-зондового анализа, представлены в виде спектрограммы на рис. 3 и в табл. 9.

Микроструктура основной массы образования неокристаллизованными агрегатами гидроси-

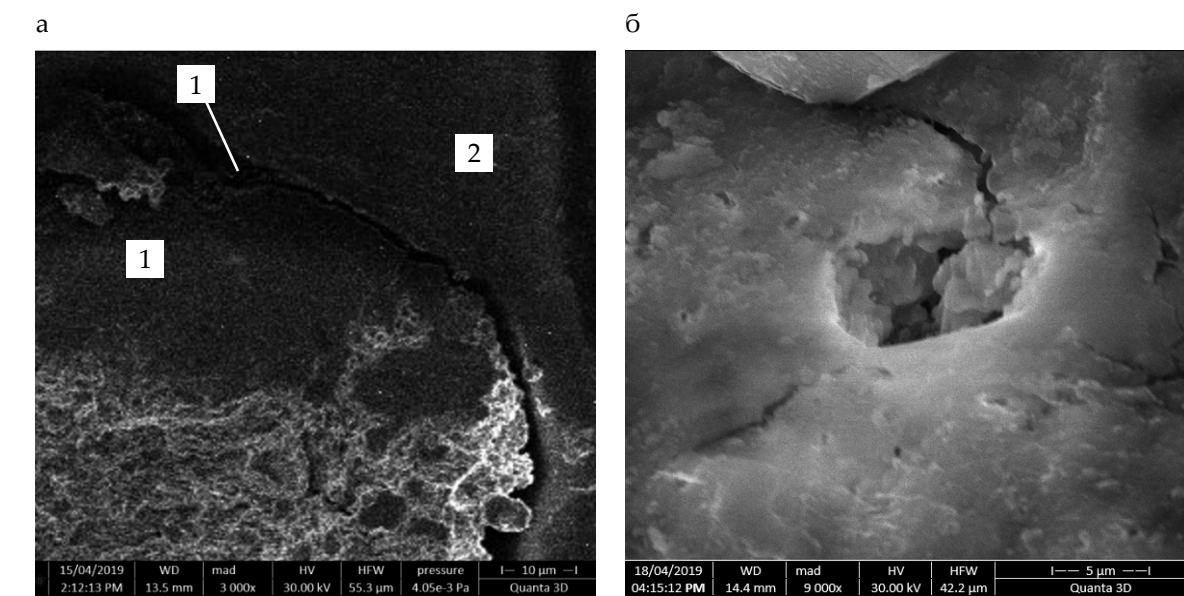


Рис. 2. Микрофотография адгезионной зоны бетона состава В40:
а – зона контакта цементной матрицы с гранитом (увел. 3000 крат; б – структура бетона (увел. 9000 крат)
1 – заполнитель; 2 – зона контакта; 3 – адгезионный слой
Fig. 2. Micrograph of the adhesion zone of concrete of the composition V40:
a – zone of contact of cement matrix with granite (el. 3, 000 krat; b – concrete structure (el. 9000 krat)
1 – filler; 2 – contact area; 3 – adhesive layer

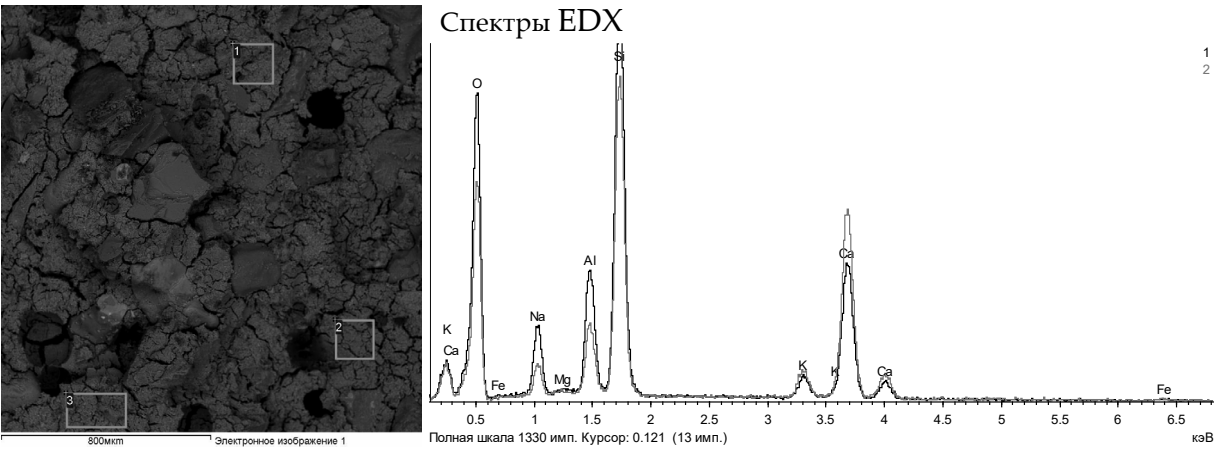


Рис. 3. Состав типичных участков (спектры EDX) (увел.800 мкм)
Fig. 3. Composition of Typical Sites (EDX Spectra) (800 μm)

Таблица 9. Результаты анализа микрофаз на участке контактной зоны
Table 9. Results of analysis of microfases in the contact area area

№ п/п	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Итог
1	0,46	-	19,49	54,26	13,34	87,54
2	1,14	0,23	0,29	2,19	41,97	45,81
3	0,85	0,55	0,56	6,69	42,13	50,78

ликатов кальция переменного состава (табл. 9, анализ 1) и гидроалюминатов кальция (табл. 9, анализы 2, 3). Преобладание указанных соединений в контактной зоне подтверждает влияние адгезионной прочности в переходной зоне цементная матрица – заполнитель на прочность бетона в целом.

Заключение

Проведенный фронт работ по проектированию состава бетона с использованием крупного заполнителя Северо-Кавказского федерального округа, позволил оценить вклад этого компонента в процесс формирования структуры и прочности бетонного камня. Установлено, что, варьируя содержанием доли заполнителя, можно управлять процессами формирования структуры и прочности. Наиболее выгодной можно считать «контактную» структуру с равномерным распределением зерен щебня в достаточной цементно-песчаной массе; возникающие при работе бетона сжимающие нагрузки и напряжения концентрируются на достаточно жестком каркасе из крупного заполнителя. Исследованные пробы гранитно-диабазового щебня подтверждают их эффективность как по прочностным показателям, так и по морфологии. Использование щебня фракции 20–40 мм карьера Алханчурт, характеристики которого полностью соответствуют требованиям ГОСТ 8267–93 как по гранулометрическому, так и по физико-механическим показателям содействовало достижению класса В40 тяжелого бетона. Методами электронной микроскопии подтверждается преобладание в контактной зоне таких прочных и труднорастворимых соединений, как гидраты силикатов и алюминатов кальция, гарантирующие эксплуатационную надежность и долговечность бетонного композита.

Таким образом, занимая преобладающий объем в массе бетона, крупный заполнитель влияет на технические показатели, долговечность и стоимость конечного продукта. Исследование физико-механических показателей и гранулометрического состава заполнителя позволит правильно проектировать рецептуры бетона, что является ответственным моментом при получении заданных классов бетона и в дальнейшем отразится на эксплуатационной надежности и долговечности строящихся объектов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-69-00043, <https://rscf.ru/project/24-69-00043/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Каприелов С.С., Волков Ю.С. Бетон как экологический фактор снижения углеродного следа в среде обитания // Бетон и железобетон. 2022. №3 (611). С. 10–14.
2. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Чилин И.А. Оптимизация параметров технологии бетона для обеспечения термической трещиностойкости массивных фундаментов // Строительные материалы. 2022. №10. С. 41–51.
3. Нелюбова В.В., Усиков С.А., Строкова В.В., Нецвет Д.Д. Состав и свойства самоуплотняющегося бетона с использованием комплекса модификаторов // Строительные материалы. 2021. №12. С. 48–54.
4. Strokov V.V., Nikulina M.V., Baskakov P.S., Abzalilova A.V., Esina A.Y. Influence of a hydrophobic emulsion on the surface properties of coatings of water-dispersion acrylic paint. Materials Science Forum. 2021. P. 165–171.
5. Федоров П.А. Сравнительный анализ методов определения эффективного коэффициента диффузии CO₂ в мелкозернистом бетоне разной плотности // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, №1. С. 63–70. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.9.
6. Маилян Д.Р., Невсетаев Г.В., Коллеганов Н.А. К определению трещиностойкости железобетонных балок из различных видов бетонов // Инженерный вестник Дона. 2023. №1(97). С. 533–548.
7. Chepurnenko A.S., Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Yazyev B.M. Simplified model for determining the stress-strain state in massive monolithic foundation slabs during construction // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. N. 18 (3). P. 126–136.
8. Lesovik V.S., Popov D.Yu., Fediuk R.S., Usanova K.Iu. Composite binders with superabsorbent polymers // Construction of Unique Buildings and Structures. 2023. N. 3(108). P. 10803.
9. Alaskhanov A.Kh., Lesovik V.S., Tolstoy A. “Green” composites based on technogenic raw materials // AIP Conference Proceedings. 2023. P. 153–158.
10. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: АСВ, 2006. 289 с.
11. Калашников В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов // Строительные материалы. 2008. №3. С. 20–24.
12. Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. 2018. Т. 46. № 2. С. 65–70.
13. Каприелов С.С. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях // Строительные материалы. 2008. №3. С. 9–13.
14. Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С-А., Хубаев М. С-М. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы // Инновации и инвестиции. 2015. №8. С. 159–163.
15. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Алиев С.А., Бисултанов Р.Г. Горные породы вулканического происхождения как заполнители для получения

легких бетонов // Научное обозрение. 2015. №7. С. 105–113.

16. Ивлев М.А., Недосеко И.В. Сталефибробетон в производстве малоформатных изгибаемых элементов // Градостроительство и архитектура. 2012. №4(8). С. 86–91. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.16.

17. Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г., Мовсулов М.М. Перспективные возможности получения качественных мелкозернистых композитов // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Т. XIX, №2(32). С. 94–101.

18. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Корянова Ю.И. Разработка полиморфной вяжущей системы на основе карбонатной добавки // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Т. XIX, №3(33). С. 96–103.

19. Yang J., Qu D., Hu J., Song L., Cheng B. Research on singular value detection method of concrete dam deformation monitoring. Measurement. 2021. V. 179. P. 109457.

20. Chen J., Jia Q., Xu S., Fan P., The PDEM-based time-varying dynamic reliability analysis method for a concrete dam subjected to earthquake. Structures. 2021. V. 33. P. 2964–2973.

21. Gowripalan N., Shakor P., Rocker P. Pressure exerted on formwork by self-compacting concrete at early ages: A review. Case Studies in Construction Materials. 2021. V.15. P. 00642.

22. Dong W., Li W., Tao Z. A comprehensive review on performance of cementitious and geopolymeric concretes with recycled waste glass as powder, sand or cullet. Resources, Conservation and Recycling. 2021. V. 172. P. 105664.

REFERENCES

1. Travush V.I., Kuzevanov D.V., Kaprielov S.S., Volkov Yu.S. Concrete as an environmental factor in reducing the carbon footprint in the environment. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and reinforced concrete], 2022, no. 3 (611), pp. 10–14. (in Russian)

2. Kaprielov S.S., Sheinfeld A.V., Chilin I.A. Optimization of concrete technology parameters to ensure thermal crack resistance of massive foundations. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2022, no. 10. pp. 41–51. (in Russian)

3. Kaprielov S.S., Sheinfeld A.V., Chilin I.A. Optimization of concrete technology parameters to ensure thermal crack resistance of massive foundations. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2022. no.10. pp. 41–51. (in Russian)

4. Strokova V.V., Nikulina M.V., Baskakov P.S., Abzalilova A.V., Esina A.Y. Influence of a hydrophobic emulsion on the surface properties of coatings of water-dispersion acrylic paint. Materials Science Forum. 2021. P. 165–171.

5. Fedorov P.A. Comparative analysis of methods for determining the effective CO₂ diffusion coefficient in fine-grained concrete of different densities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Archi-

itecture], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 63–70. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.9

6. Mailyan D.R., Nesvetaev G.V., Kolleganov N.A. To determine the crack resistance of reinforced concrete beams made from various types of concrete. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Don Engineering Herald], no. 1(97). pp. 533–548. (in Russian)

7. Chepurnenko A.S., Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Yazyev B.M. Simplified model for determining the stress-strain state in massive monolithic foundation slabs during construction. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. N. 18 (3). P. 126–136.

8. Lesovik V.S., Popov D.Yu., Fediuk R.S., Usanova K.Iu. Composite binders with superabsorbent polymers. Construction of Unique Buildings and Structures. 2023. N. 3(108). P. 10803.

9. Alaskhanov A.Kh., Lesovik V.S., Tolstoy A. “Green” composites based on technogenic raw materials. AIP Conference Proceedings. 2023. P. 153–158.

10. Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S., Kalashnikov V.I. *Modifitsirovannye vysokokachestvennye betony* [Modified high quality concrete]. Moscow, ASV, 2006. 289 p.

11. Kalashnikov V.I. The non-metallic building materials industry and the future of concrete. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2008, no. 3, pp. 20–24. (in Russian)

12. Murtazaev S.A. Yu., Salamanova M.Sh. Prospects for the use of thermally activated aluminosilicate raw materials. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2018. no. 2(47). pp. 65–75. (in Russian)

13. Kaprielov S.S. Modified high-strength concrete of classes B80 and B90 in monolithic structures. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2008. no. 3. pp. 9–13. (in Russian)

14. Salamanova M.Sh., Saidumov M.S., Murtazaeva T.S-A., Khubaev M. S-M. High-quality modified concrete based on mineral additives and superplasticizers of various natures. *Innovacii i investicii* [Innovation and investment], 2015. no. 8, pp. 159–163. (in Russian)

15. Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh., Aliev S.A., Bisultanov R.G. Rocks of volcanic origin as fillers for producing lightweight concrete. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2015, no. 7, pp. 105–113. (in Russian)

16. Ivlev M.A., Nedoseko I.V. Steel fiber concrete in the production of small-format bending elements. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2012, no. 4(8), pp. 86–91. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.16

17. Salamanova M.Sh., Bisultanov R.G., Movsulov M.M. Promising opportunities for producing high-quality fine-grained composites. *Nauchno-tehnicheskij zhurnal Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of GGNTU. Technical sciences], 2023, vol. XIX, no. 2 (32), pp. 94–101. (in Russian)

18. Murtazaev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Koryanova Yu.I. Development of a polymorphic binder system based on a carbonate additive. *Nauchno-tehnicheskij zhurnal Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of

GGNTU. Technical sciences], 2023, vol. XIX, no. 3(33), pp. 96–103. (in Russian)

19. Yang J., Qu D., Hu J., Song L., Cheng B. Research on singular value detection method of concrete dam deformation monitoring. Measurement. 2021. V.179. P. 109457.

20. Chen J., Jia Q., Xu S., Fan P., The PDEM-based time-varying dynamic reliability analysis method for a concrete dam subjected to earthquake. Structures. 2021. Vol. 33: 2964–2973.

21. Gowripalan N., Shakor P., Rocker P. Pressure exerted on formwork by self-compacting concrete at early ages: A review. Case Studies in Construction Materials. 2021. V.15. P. 00642.

22. Dong W., Li W., Tao Z. A comprehensive review on performance of cementitious and geopolymeric concretes with recycled waste glass as powder, sand or cullet. Resources, Conservation and Recycling. 2021. V. 172. P. 105664.

Об авторах:

МУРТАЗАЕВ Сайд-Альви Юсупович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова 364051, Россия, г. Грозный, пр-т им. Х.А. Исаева, 100
Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук 364051, Россия, г. Грозный, ул. им. В. Алиева, 21а
E-mail: s.murtazaev@mail.ru

MURTAZAEV Said-Alvi Yu.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Construction Technology Chair
Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshchikov
364051, Russia, Grozny,
Avenue named after Kh.A. Isaev, 100
Complex Research Institute named after H.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences
364051, Russia, Grozny, V. Aliyev str., 21 a
E-mail: s.murtazaev@mail.ru

САЛАМАНОВА Мадина Шахидовна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии строительного производства Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова 364051, Россия, г. Грозный, пр-т им. Х.А. Исаева, 100
Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук 364051, Россия, г. Грозный, ул. им. В. Алиева, 21а
E-mail: madina_salamanova@mail.ru

SALAMANOVA Madina Sh.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Construction Technology Chair
Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshchikov
364051, Russia, Grozny, Avenue named after Kh.A. Isaev, 100
Complex Research Institute named after H.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences
364051, Russia, Grozny, V. Aliyev str., 21 a
E-mail: madina_salamanova@mail.ru

Для цитирования: Муртазаев С.А.Ю., Саламанова М.Ш. Влияние заполнителя на структуру и свойства бетона // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 46–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.07.

For citation: Murtazaev S-A.Yu., Salamanova M.Sh. Influence of aggregate on the structure and properties of concrete. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 46–55. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.07.



Т. Е. ГОРДЕЕВА
Е. В. ЧЕБУРАНОВ

ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

ABOUT THE OPERATION OF WOODEN FLOORS
OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Сохранение жилых зданий разного периода постройки позволяет сохранить самобытность городов. Проанализировано нормативное регулирование вопросов финансирования ремонтов и целесообразности применения различных методов восстановления работоспособного состояния деревянных перекрытий зданий, введенных в эксплуатацию в середине XX в. Рассмотрены различные способы ремонта и восстановления деревянных перекрытий с точки зрения трудоемкости и эффективности методов.

Ключевые слова: срок службы, деревянное перекрытие, работоспособное состояние, аварийное обрушение, безопасная эксплуатация

Preservation of residential buildings from different periods of construction allows us to preserve the identity of cities. The regulatory regulation of issues of financing repairs and the feasibility of using various methods for restoring the working condition of wooden floors of buildings commissioned in the mid-20th century are analyzed. Various methods of repairing and restoring wooden floors are considered from the point of view of labor intensity and efficiency of the methods.

Keywords: service life, wooden floor, serviceable condition, emergency collapse, safe operation

За свою многовековую историю город Самара застраивался зданиями самых разных стилей. В городе можно встретить здания эпохи конструктивизма, монументальные «сталинки», экономные «хрущевки», микрорайоны панельных домов. В историческом центре Самары двухэтажные дома посадского люда заменяются на современные жилые комплексы многоэтажных домов.

Но самобытность любому городу, пережившему несколько исторических эпох, придает сохранение не только отдельных зданий, что, безусловно, очень важно, но и локальных застроек – отдельных кварталов или участков улиц. Удачным примером такого сохранения эпохи XIX в. является часть улицы Ленинской у музея Алабина. Но не вся застройка может быть приспособлена под музеи и общественные здания. Большая часть зданий – это жилые дома. Осо-

бый колорит историческому облику города придают улицы, застроенные «сталинками».

В Ленинском районе Самары по состоянию на 2023 г. эксплуатируется более 40 жилых домов 50-х гг. XX в. постройки, в которых горизонтальными несущими конструкциями служат перекрытия по деревянным несущим балкам. Перекрытие по деревянным балкам – это система, где каждому элементу отводится своя роль: силовые нагрузки берут на себя балки, а пространство между балками заполняется материалом, обеспечивающим ограждающие функции [1].

Для таких зданий характерна бескаркасная конструктивная схема, при которой вертикальными несущими конструкциями являются стены, выполненные из каменной кладки. В качестве строительного материала несущих стен применяли керамический кирпич. Обыч-

но стены возводились толщиной 640 мм. Подземными несущими конструкциями являются ленточные фундаменты из бутобетона для малоэтажных построек и железобетона в других проектах.

Рассматриваемые объекты рассчитаны на 125–150 лет эксплуатации, а их фактический срок службы составляет в среднем 70 лет. Таким образом, ресурс зданий еще не исчерпан. Однако встречаются аварийные случаи, при которых происходит обрушение конструкции перекрытия. В таблице представлены некоторые из таких происшествий в городах РФ.

Перечисленные объекты не были признаны аварийными, из чего следует, что собственники

были подвержены риску причинения вреда жизни или здоровью. Перечисленные аварийные случаи указывают на несоответствие положению ГОСТ 31937-2011, которое гласит, что механическая безопасность здания (сооружения): «Состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений вследствие разрушения или потери устойчивости здания, сооружения или их части» [2].

Аварийные случаи обрушения перекрытия
Emergency cases of collapse of the ceiling

Город	Год постройки	Этажность	Сведения об аварии
Новосибирск, ул. Народная, д. 63	1950	3	Обрушение 1,5 м² чердачного перекрытия
Комсомольск, Восточное шоссе, д. 10 (рис. 1)	1952	3	Обрушение чердачного перекрытия
Саратов, 3-й Студеный пр-д, д. 4 (рис. 2)	1954	5	Обрушение чердачного перекрытия
Красноярск, ул. К. Маркса, д. 132	1935	3	Обрушение чердачного перекрытия
Кострома, пр-т Текстильщиков, д. 1	–	4	Обрушение 6 м² перекрытия лестницы



Рис. 1. Обрушение 6 м² перекрытия лестницы:
г. Кострома, пр-т Текстильщиков, д. 1
Fig. 1. Collapse of 6 m² of stairs:
Kostroma, Tekstylshchikov Ave., 1



Рис. 2. Обрушение чердачного перекрытия:
г. Саратов, 3-й Студеный пр-д, д. 4
Fig. 2. The collapse of the attic canopy: Saratov, 3rd
Studenenny pr-d, d. 4

Из вышесказанного следует, что рассматриваемые объекты не отвечают требованиям федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009, согласно которым необходимо обеспечивать безопасность эксплуатации зданий и сооружений в течение всего жизненного цикла.

В каждом из перечисленных аварийных случаев были зафиксированы прогнившие балки перекрытий. К основным факторам, снижающим эксплуатационную надежность деревянных балок, относятся: несвоевременность проведения текущих и капитальных ремонтов, действие агрессивных сред, несоблюдение температурно-влажностного режима. Другие несущие конструкции данных объектов находятся в работоспособном состоянии и имеют большой запас прочности. При обследовании подобных объектов осадка фундамента не превышает предельных значений. Конструкции стен обладают хорошими теплотехническими показателями.

Таким образом, для обеспечения безопасной эксплуатации рассматриваемых объектов необходимо провести работы по восстановлению несущей способности перекрытий. Такие работы обосновываются следующими преимуществами:

- нормативный срок службы зданий не исчерпан;
- конструкции стен отвечают современным требованиям теплотехнических показателей;
- дома 50-х гг. XX в. постройки имеют уникальные фасады, которые отражают историческое развитие застройки города и придают ему неповторимый облик в отличие от домов индустриальной застройки, облик которых необходимо изменять [3, 4];

К тому же большую часть фасадов, запланированных к выполнению капитального ремонта в 2021 г. в Ленинском районе г. Самары, составляют дома 50-х гг. постройки [5]. Поскольку архитектурный облик таких зданий уже находится на этапе восстановления, то ремонт несущих конструкций является оправданным.

Существует множество методов восстановления или усиления деревянных несущих балок перекрытий. Однако рассматриваемые объекты входят в группу жилых зданий, что создает некоторые трудности выполнения работ. Поэтому необходимо учитывать некоторые факторы, влияющие на результат исследования. А результатом исследования является выбор наиболее целесообразного метода ремонта.

Обозначим факторы, влияющие на результат исследования:

- конструктивное решение рассматриваемых зданий;

- фактическое техническое состояние балок перекрытия;

- технология и сроки выполнения работ, а именно необходимость переселения собственников на время проведения ремонта;

- нормативно-правовая документация, определяющая вид собственности конструкций и, соответственно, источник финансирования ремонтных работ;

- сметная стоимость или экономическая целесообразность осуществления модернизации рассматриваемых объектов.

Определив, какие факторы влияют на результат исследования, следует провести анализ существующих методов усиления или восстановления несущих балок перекрытия. Перед сравнением методов необходимо определить вид собственности рассматриваемых строительных конструкций. Согласно Постановлению Правительства РФ от 13.08.2006 № 491 (ред. от 27.03.2023) «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность», в состав общего имущества включаются ограждающие несущие конструкции многоквартирного дома (включая фундаменты, несущие стены, плиты перекрытий, балконные и иные плиты, несущие колонны и иные ограждающие несущие конструкции).

Таким образом, конструкции перекрытия входят в состав общего имущества и их несущая может быть восстановлена в рамках капитального ремонта, так как согласно Градостроительному кодексу РФ капитальным ремонтом является: «замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов».

Проанализировав встречающиеся аварийные случаи, можно выделить наиболее распространенный дефект рассматриваемых конструкций. Обрушение перекрытий происходит по причине повреждения несущих деревянных балок гнилью. Наиболее частые встречающиеся

ся повреждения гнилью балки перекрытия локализованы в зоне опирания балки на стены.

Метод ремонта такого дефекта уже был изучен в работе [6]. В данном исследовании путем проведения эксперимента был проверен метод ремонта деревянной балки удалением поврежденного гнилью участка с последующим наращиванием путем вклеивания и соединения гвоздями. По результатам эксперимента был сделан следующий вывод: эффективность капитального ремонта опорного конца деревянной балки предложенными способами невелика и не рекомендуется в связи с большой трудоемкостью процесса и особой природой распространения гниения.

Еще один подходящий метод был представлен в работе [7]. Данный метод ремонта заключается в импрегнировании в поврежденный участок древесины полимерной композиции. Путем проведения теоретического обоснования и его экспериментального подтверждения был сделан вывод: разработанные технические решения восстановления деревянных балок с ослабленными деструкцией зонами древесины рекомендованы для использования в гражданском малоэтажном строительстве, а также для восстановления памятников архитектуры. Применение данного метода ремонта возможно только при потере несущей способности конструкции не более 35 %.

Наиболее распространенные методы восстановления несущей способности рассматриваемых конструкций были проанализированы в работе [8]. Одним из рассматриваемых методов является применение прутковых протезов, для монтажа которых подводят временные опоры, разбирают перекрытие, спиливают поврежденный участок на длину 0,5 м и заводят протез в опорную зону, скрепляя его с балкой гвоздями. Данный вид усиления применяют при значительных повреждениях.

Таким образом, рассматриваемые методы рассчитаны на различные технические состояния конструкции. В данной научной работе приведены наиболее рациональные с точки зрения технологии выполнения работ. Но выбор конкретного метода может осуществляться только по результатам обследования ремонтируемых или усиливаемых конструкций, а также учитывая приведенные ранее факторы.

Подводя итог исследованию, были сформулированы следующие **выводы**:

- восстановление и поддержание объектов 50-х гг. XX в. постройки в работоспособном состоянии целесообразно и может осуществляться в рамках капитального ремонта;

- выбор метода ремонта деревянных балок перекрытия производится индивидуально на каждый объект;

- экономическое обоснование выполнения работ производится на основании сметного расчета в каждом конкретном случае.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лезгина А.С. Перекрытия по деревянным балкам // Образование. Наука. Производство: материалы X Международного молодежного форума с международным участием, Белгород, 01–15 октября 2018 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 111–113.
2. Варфоломеев А.Ю. Прогнозирование накопления биологических повреждений в длительно эксплуатируемых деревянных конструкциях // Жилищное строительство. 2011. №4. С. 27–29.
3. Каракова Т.В., Рыжикова Е.В. Актуальность реконструкции индустриального жилища 60-х годов в России // Градостроительство и архитектура. 2014. Т. 4, № 1. С. 36–39. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.6.
4. Басс С., Самогоров В.А. Десять объектов самарского конструктивизма: стратегия сохранения и реставрации // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 2 (35). С. 104–111. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.14.5.
5. Гордеева Т.Е., Еранцев Д.В. О факторах, влияющих на восстановление балконов жилых домов разного периода постройки // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 1(46). С. 138–142. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.18.
6. Гордеева Т.Е., Гатауллин А.С. Анализ эффективности текущего ремонта балки перекрытия // Инновационные стратегии развития управления в строительстве и городском хозяйстве: сб. статей по материалам V Международной конференции. Самара, 2020. С. 189–192.
7. Рощина С. И., Лукин М. В., Лукина А. В., Лисятников М.С. Восстановление деревянной балки импрегнированием полимерной композицией на основе эпоксидной смолы // Лесотехнический журнал. 2015. №3. С. 183–190. DOI: 10.12737/14167.
8. Паршакова Е.А., Шутова О.А. Анализ методов усиления деревянных балок перекрытия // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы 18-й Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 22 октября 2019 года. Новочеркасск: ООО «Лик», 2019. С. 83–86.

REFERENCES

1. Legezina A.S. Floors on wooden beams. *Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo: materialy X Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem, Belgorod, 01–15 oktyabrya 2018 goda* [Education. Science. Production: materials of the X International Youth Forum with international participation, Belgorod, October 01-15, 2018]. Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018, pp. 111–113. (In Russian).

2. Varfolomeev A.Yu. Prediction of Accumulation of Biological Occurrences in Long-Term Operated Wooden Structures. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2011, no. 4, pp. 27–29. (in Russian)

3. Karakova T.V., Ryzhikova E.V. Relevance of the reconstruction of industrial housing of the 60s in Russia. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2014, no. 1, pp. 36–39. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.6

4. Bass S., Samogorov V.A. Ten objects of Samara constructivism: a strategy for preservation and restoration. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2(35), pp. 104–111. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.14.5

5. Gordeeva TE, Erantsev D.V. On factors affecting the restoration of balconies of residential buildings of different periods of construction. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1(46), pp. 138–142. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.18

6. Gordeeva TE, Gataullin A.S. Analysis of the effectiveness of the current repair of the floor beam. *Innovatsionnye strategii razvitiya upravleniya v stroitel'stve i gorodskom khozyaystve: sb. statey po materialam V Mezhdunarodnoy konferentsii* [Innovative strategies for the development of management in construction and urban economy: Sat. articles based on the materials of the V International Conference]. Samara, 2020, pp. 189–192. (In Russian).

7. Roshchina S.I., Lukin M.V., Lukina A.V., Lisyatnikov M.S. Restoration of a wooden beam by impregnation with a polymer composition based on epoxy resin. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forest Technical Journal], 2015, no. 3, pp. 183–190. (in Russian) DOI: 10.12737/14167

8. Parshakova E.A., Shutova O.A. Analysis of methods of reinforcement of wooden floor beams. *Informat-sionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemykh zdaniy i sooruzheniy: materialy 18-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Novocherkassk, 22 oktyabrya 2019 goda* [Information technologies in the survey of operated buildings and structures: materials of the 18th International Scientific and Practical Conference, Novocherkassk, October 22, 2019]. Novocherkassk, Lik LLC, 2019, pp. 83–86. (In Russian).

Об авторах:

ГОРДЕЕВА Татьяна Евгеньевна

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

GORDEEVA Tatyana Ev.

PhD of Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Value engineering and technical expertise of buildings and structures Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: Ftgs-sgasu@mail.ru

ЧЕБУРАНОВ Егор Владиславович

ведущий специалист-эксперт отдела капитального строительства и ремонта
Социальный фонд России
443126, Россия, г. Самара, ул. Садовая, 175
E-mail: egor-cheburanov@bk.ru

CHEBURANOV Egor V.

Leading Expert of the Capital Construction and Repair Department
Social Fund of Russia
443126, Russia, Samara, Sadovaya str., 175
E-mail: egor-cheburanov@bk.ru

Для цитирования: Гордеева Т.Е., Чебуранов Е.В. Об эксплуатации деревянных перекрытий жилых зданий // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 56–60. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.08.

For citation: Gordeeva T.E., Cheburanov E.V. About the operation of wooden floors of residential buildings. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 56–60. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.08.

О. В. ДЕМИДЕНКО

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

INCREASING THE RELIABILITY OF ORGANIZING LOGISTICS FOR CONSTRUCTION

Для повышения надежности организации материально-технического снабжения и сокращения совокупных затрат строительства разработан алгоритм перебора поставок с использованием логики динамического программирования, позволяющий сократить объем вычислительных операций. Представленная методика организации распределения поставок во времени позволяет решить задачу оптимизации графика поставки материальных ресурсов, повысить равномерность обеспечения строительных потоков материальными ресурсами, снизить размеры оборотных средств в строительстве. Материалы статьи позволяют планировать организацию поставок материальных ресурсов в строительстве и являются основой для дальнейших исследований.

Ключевые слова: материально-техническое обеспечение строительства, строительный поток, объем поставок, организация поставок, график поставки материальных ресурсов, производственные запасы

To increase the reliability of the organization of material and technical supply and reduce the total costs of construction, an algorithm for enumerating supplies using dynamic programming logic has been developed, allowing to reduce the volume of computational operations. The presented methodology for organizing the distribution of supplies over time allows us to solve the problem of optimizing the delivery schedule of material resources, increasing the uniformity of supplying construction flows with material resources, and reducing the size of working capital in construction. The materials of the article make it possible to plan the organization of supplies of material resources in construction and are the basis for further research.

Keywords: material and technical support for construction, construction flow, volume of supplies, organization of supplies, delivery schedule of material resources, inventories

Введение

Конкурентоспособность строительных организаций определяется уровнем материально-технического обеспечения объектов возведения и достигается координацией взаимодействия всех участников поставок ресурсов.

Организационно-технологические решения, связанные с вопросами материально-технического обеспечения, должны быть направлены на доставку ресурсов в четко установленный срок в соответствии с требованиями производственного процесса. Несвоевременность доставки ресурсов влечет за собой дополнительные затраты, которые сокращают прибыль строительной организации и рентабельность. Оптимизация материально-технического обеспечения в соответствии с календарным планом выполнения строительно-монтажных работ позволяет сократить сроки строительства. Важность надежного функционирования системы материально-технического обеспечения строительства материальными ресурсами рассматривается многими учеными.

В работе [1] сформулирована и решена задача управления поставками, заключающаяся

в соблюдении плана поставок и плана хранения материальных ресурсов на строительной площадке при условии минимума складских затрат.

В [2] авторами разработана интеллектуальная система управления строительным производством в составе которой реализована методика планирования движения материальных потоков, обеспечивающая синхронизацию процессов производства строительно-монтажных работ и комплектной поставки в условиях стационарного спроса.

В работе [3] показана необходимость автоматизации разработки графиков календарного строительства и поставки материальных ресурсов. Рассмотрен перечень организационно-технологических задач для комплексного проектирования строительства, в том числе материально-технического обеспечения.

В исследовании [4] рассмотрены пути совершенствования строительного производства на основе управления производственными, технологическими и страховыми запасами материальных ресурсов в системе с фиксированным объемом поставок и фиксированным временным интервалом между смежными поставками

ми, выявлены преимущества их использования при организации и планировании материально-технического обеспечения строительства.

Формирование производственных запасов позволяет уменьшить отрицательное воздействие стохастических факторов на строительное производство.

Если размер производственных запасов недостаточен, то для строительной организации при перебоях в снабжении может наступить ряд неблагоприятных последствий. Отсутствие необходимых материальных ресурсов вызывает простой или неполную загрузку рабочих и механизмов, приводит к нарушению ритмичности производства строительно-монтажных работ, а при замене отсутствующих материалов другими, более дорогими – к удорожанию строительства.

Создание чрезмерных запасов влечет за собой значительные экономические потери. Наличие излишних запасов приводит к замедлению оборачиваемости оборотных средств и вызывает финансовые трудности. Хранение производственных запасов на складах строительных организаций вынуждает строить дополнительные складские помещения и влечет за собой рост заготовительно-складских расходов.

При расчете оптимальной нормы запаса необходимо учитывать внутренние и внешние условия строительного производства. Внутренние факторы определяют интенсивностью использования материальных ресурсов строительными потоками, возможностью хранения и затратами на содержание материальных ресурсов в течение планового промежутка времени. Внешние факторы связаны с производственными возможностями поставщиков, оперативностью выполнения заказов, затратами на транспортирование и др. При формировании оптимального уровня запаса необходимо учитывать изменение затрат на создание, транспортирование и содержание запасов во времени.

Управление запасами материальных ресурсов связано с обеспечением равномерности строительного производства. Если поставки материальных ресурсов, необходимых строительному производству, осуществляются своевременно и в полном объеме, то это создает предпосылки для ритмичного выполнения графика строительно-монтажных работ и положительно сказывается на экономических показателях производственной деятельности строительных потоков.

Неравномерность периодов (интервалов) между последовательными поставками увеличивает размер запасов в днях, особенно в том случае, когда размер потребности строитель-

ных потоков в данном материальном ресурсе незначителен [5, 6].

Практика планирования материально-технического снабжения строительных организаций не обеспечивает необходимой полной взаимосвязи планирования материального обеспечения с планированием производственной программы строительной организации. Она требует строгого согласования процессов производства материалов, транспортировки их и производственного потребления.

Несмотря на имеющиеся результаты исследования материально-технического обеспечения строительных потоков [7–11], необходимо продолжить разработки в данной области. Целью исследования является разработка методики организации распределения поставок во времени для обеспечения функционирования строительных потоков.

Методика исследования

Система материально-технического обеспечения строительного производства призвана организовать рациональную циркуляцию продукции производственно-технического назначения между ее изготовителями и потребителями, обеспечить непрерывность производственного процесса путем своевременного удовлетворения потребностей на сырье, материалы, комплектующие изделия, конструкции. Создание запасов материальных ресурсов в звеньях системы материально-технического обеспечения позволяет сгладить или полностью устранить несогласованность ритма производства и потребления, дискретность процесса поставок, действие случайных факторов на спрос строительных потоков и протяженность интервалов между поставками. Практика организации материально-технического обеспечения объектов строительства материальными ресурсами требует согласования процессов их поставки и потребления.

Примем, что интенсивность (скорость) затрат исходных материальных ресурсов задана графиком производства строительно-монтажных работ и описывается функцией $q(t)$, чем предопределен закон изменения во времени спроса, предъявляемого строительными потоками на поставляемые материальные ресурсы. В этом случае решением является принятие графика поставок материальных ресурсов, полностью совпадающим с графиком производственного процесса:

$$q(t) = \alpha(t), t \in [0, T]. \quad (1)$$

Поставки материальных ресурсов малых объемов небольшими партиями невыгодны

изготовителям строительной продукции, так как затраты на их транспортировку непропорциональны объемам перевозок. На практике это приводит к внутрисменным простоям из-за несвоевременного и некомплектного материально-технического обеспечения.

Рассмотрим простейшую ситуацию, когда интенсивность спроса строительных потоков на материальные ресурсы задана функцией

$$\alpha(t) = \alpha = \text{const}, t \in [0, T]. \quad (2)$$

Пусть возможный объем единичной поставки неограничен, плата за заказ K и стоимость доставляемых на строительную площадку материальных ресурсов c^q в течение планового периода постоянна. При этом затраты на хранение единицы продукта i в течение единицы времени постоянны и равны h_i , а площади складов неограниченны.

В случае невозможности комплектных поставок материальных ресурсов, проблему организации поставок каждого продукта можно рассматривать независимо.

Возможные варианты организации материально-технического обеспечения ограничены требованием периодичности, поэтому проблема заключается в поиске оптимального периода времени между смежными поставками τ_0 .

Если начальный запас отсутствует, а простои рабочих строительных бригад со стороны строительной организации нежелательны, то объем q^0 поставок в начале каждого периода должен заведомо покрывать потребность строительных потоков за время между смежными поставками, т. е. $q^0 \geq \alpha\tau_0$.

Очевидно, что поставки «впрок» при принятых предположениях неразумны, так как могут увеличить издержки на хранение, поэтому следует принимать $q^0 = \alpha\tau_0$.

Запас в течение периода, начинающегося с прихода поставки объемом q^0 , линейно убывает во времени:

$$s(t) = q^0 - \alpha t = \alpha(\tau_0 - t), 0 \leq t < \tau_0 \quad (3)$$

(здесь t отсчитывается от начала цикла).

Издержки на хранение материальных ресурсов за цикл равны

$$h \int_0^{\tau_0} s(t) dt = h\alpha \int_0^{\tau_0} (\tau_0 - t) dt = \frac{h\alpha\tau_0^2}{2}. \quad (4)$$

Суммарные издержки за период, включающие транспортные затраты и на хранение:

$$K + c^q \alpha \tau_0 + \frac{1}{2} h \alpha \tau_0^2.$$

Продолжительность цикла, минимизирующая издержки в единицу времени, равные

$$\frac{1}{\tau_0} \left[K + c^q \alpha \tau_0 + \frac{1}{2} h \alpha \tau_0^2 \right],$$

определяется как:

$$\tau_0 = \sqrt{\frac{2K}{h\alpha}}, \quad (5)$$

что соответствует формуле для оптимального объема единичной поставки

$$q^0 = \sqrt{\frac{2K\alpha}{h}}. \quad (6)$$

Полученное выражение соответствует классической формуле Уилсона, которая характерна для стационарного спроса.

Необходимо отметить, что цена поставляемых материальных ресурсов c^q , если она постоянна, не имеет значения: при необходимости удовлетворять спрос затраты на оплату всего спроса (без платы за заказ) фиксированы.

Принятый выше критерий – минимум средних издержек в единицу времени – не вполне экономически оправдан. Вероятностный характер материально-технического обеспечения строительного производства затрудняет разработку методики распределения поставок материальных ресурсов во времени, основанной на использовании средних величин. Рациональнее минимизировать суммарные издержки за весь период планирования.

Система строительного производства имеет вероятностную природу, поэтому интенсивность спроса на материальные ресурсы предполагается нестационарной. Для каждого момента времени в течение планового интервала существует множество значений величины спроса, причем каждому значению из этого множества соответствует некоторая вероятность его осуществления.

Рассмотрим организацию распределения поставок материальных ресурсов во времени в случае нестационарного спроса с помощью алгоритма Вагнера-Уайтина. Зафиксируем последовательность возможных моментов t_n , $n = 1, \dots, N$ получения поставок материальных ресурсов в течение планового периода.

Величины $\Delta_n = t_{n+1} - t_n$, $n = 1, \dots, N$; $t_{N+1} = T$ будем именовать длительностями n -го этапа.

Спрос рабочих строительных бригад на материальные ресурсы за этап n равен

$$a(n) \triangleq \int_{t_n}^{t_{n+1}} \alpha(t) dt. \quad (7)$$

Если обозначить объем наличного запаса в момент, непосредственно предшествующий t_n , через $s(n)$, то издержки хранения $I_h(n)$ за этап n легко выражаются через объем запаса $s(n+1)$ в конце этапа n .

$$I_h(n) = h(n)\Delta_n s(n+1) + h(n) \int_{t_n}^{t_{n+1}} dt \int_{t_n}^t [\alpha(\tau) - \alpha(\tau)] d\tau. \quad (8)$$

Очевидно, что второе слагаемое в (8) полностью определяется графиком спроса и не зависит от политики организации поставок.

Суммарные затраты на плановый период T равны

$$\sum_{n=1}^N \{I_h(n) + K(n)\bar{1}[q(n)]\}, \quad (9)$$

$$\text{где } \bar{1}[q] \triangleq \begin{cases} 1 & \text{при } q > 0, \\ 0 & \text{при } q = 0, \end{cases}$$

за вычетом постоянных слагаемых целевая функция, которая минимизируется выбором объемов поставок

$$I_T \triangleq \sum_{n=1}^N \{h'(n)s(n+1) + K(n)\bar{1}[q(n)]\}, \quad (10)$$

где $h'(n) \triangleq h(n)\Delta_n$.

Целевая функция отражает связь между значениями переменной части совокупных издержек на хранение и на поставки партий материальных ресурсов и количеством поставок, размером поставок, моментами поставок.

Оптимальное решение достигается равенством объемов поставки с размером спроса за ряд последовательных периодов

$$q(i) = \sum_{n=i}^{j-1} a(n). \quad (11)$$

Для решения можно использовать метод динамического программирования.

Минимальное значение переменных издержек за j начальных этапов, вычисленное при условии, что к концу этапа j запас полностью исчерпан ($s(j+1) = 0$), обозначим через ψ_j . Очевидно, что справедливы рекуррентные соотношения

$$\psi_j = \min_{1 \leq i \leq j} \{I_{i,j+1} + \psi_{i-1}\}, j = 1, \dots, N; \psi_0 \triangleq 0 \quad (12)$$

(перебор ведется по различным вариантам длительности последнего «беспоставочного» отрезка, примыкающего к моменту $j+1$, в предположении, что до него политика была оптимальной), если

$$i_j \triangleq \text{Arg min}_i [I_{i,j+1} + \psi_{i-1}], \quad (13)$$

то

$$\psi_{j+1} = \min_{i_j \leq i \leq j+1} [I_{i,j+2} + \psi_{i-1}]. \quad (14)$$

С вычислительной точки зрения переход от (12) к (14) дает возможность существенно сократить объем расчетных итераций для нахождения минимальных затрат ψ_{N+1} за плановый период и соответствующего ему оптимального графика поставок.

В рассмотренном варианте организации распределения поставок во времени необходимо определение моментов и размеров поставок, при которых достигается минимум совокупных затрат, связанных с хранением и восполнением запасов, и вместе с тем спрос строительных потоков удовлетворяется полностью в соответствии с заданным графиком производственного процесса. Разработанная автором методика организации поставок во времени позволит отыскать наиболее рациональное решение, которое можно реализовать на практике.

Обсуждение результатов

Описанную формальную постановку можно интерпретировать и по-иному, как проблему оптимизации графика выполнения объемов производства $b(t)$ при условии, что график объема реализации строительной продукции $r(t)$ задан извне требованием обязательного удовлетворения потребительского спроса. При этом наблюдается полное совпадение с (1):

$$b(t) = r(t), t \in [0, T], \quad (15)$$

также зачастую оказывается невыгодным с позиций предприятия-производителя и поставщика, а иногда и невозможным ввиду ограниченности производственных ресурсов. Невыгодность связана с непропорциональностью затрат объемам выпуска.

Все предшествующее изложение строилось на основе простейшей гипотезы о линейности (или выпуклости) зависимостей затраты-выпуск, в действительности эта гипотеза не всегда приемлема ввиду наличия эффекта концентрации производства. С ростом объема выпуска затраты на единицу выпускаемой продукции обычно падают (рис. 1, а), так что зависимость совокупных затрат от объема часто имеет вид, представленный на рис. 1, б. Приемлемой аппроксимацией этой зависимости является функция

$$F(b) = K\bar{1}(b) + cb. \quad (16)$$

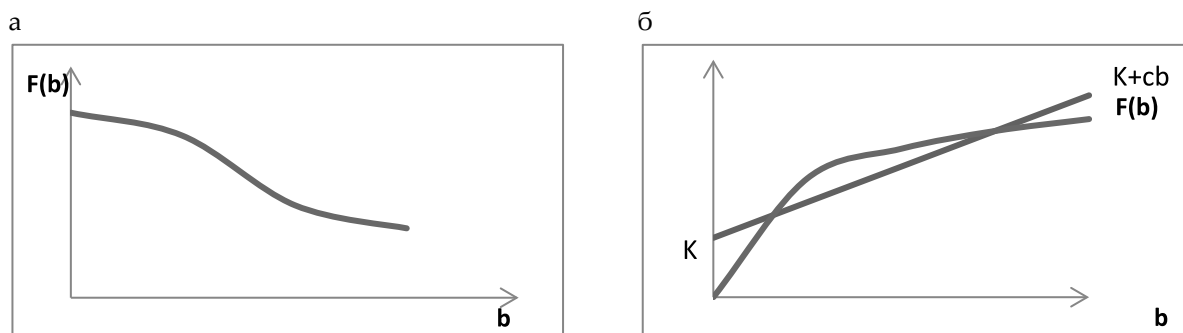


Рис. 1. Зависимость совокупных затрат от объема производства
Fig. 1. Dependence of total costs on production volume

Естественно, что такая аппроксимация может быть разумной лишь в некотором диапазоне изменения объемов выпуска, в частности не пригодна для учета ограничений по ресурсам мощностей производства. Зачастую введение зависимостей типа (16) интерпретируется без связи с особенностями чисто «производственных процессов», для которых сохраняется линейная модель. Константа K рассматривается как оценка административных расходов, связанных с обработкой документации о заказе на выпуск в очередном плановом периоде [11].

Вне зависимости от интерпретации формальная схема решения проблемы оптимального выбора объемов партий выпуска после принятия (16), очевидно, совпадает с описанными схемами выбора объемов партий внешних поставок, хотя при этом:

а) изучается динамика запасов выходных продуктов и учитывается стоимость их хранения;

б) вместо $a(t)$ заданным считается график реализации $r(t)$;

в) разыскиваются объемы производства $b(t)$, а не поставок $q(t)$;

После соответствующих переименований можно применять и формулы Уилсона в стационарном случае, и вычислительную процедуру Вагнера-Уайта в нестационарном случае.

Вывод. Зависимость типа (16) лишь весьма приближенно и обобщенно характеризует производственные затраты, а главное – внутренние особенности производства, приводящие к взаимосвязанности затрат при выпуске различных продуктов. Конечно, можно было бы записать обобщенную модель с учетом нелинейности функций, описывающих каждую операцию. Однако рассмотрение такой модели не позволило бы сделать никаких общих выводов, а проблема оптимизации встретилась бы со сложно преодолимыми вычислительными трудностями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воловник Н.С., Демиденко О.В., Казаков В.А., Гашков П.В. Научно-техническое сопровождение при строительстве и эксплуатации культурно-спортивного сооружения // Вестник гражданских инженеров. 2020. №2 (79). С. 100–109. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-100-108.
2. Воронков И.Е., Усманов Т.А. Логистические технологии, используемые при возведении атомных электростанций // Промышленное и гражданское строительство. 2021. №2. С. 49–56. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.02.49-56.
3. Зеленцов Л.Б., Майлян Л.Д., Пирко Д.В. Моделирование логистических процессов с использованием информационных технологий // Строительное производство. 2022. №1. С. 10–15. DOI: 10.54950/26585340_2022_1_10.
4. Kuznetsov S., O. Demidenko, Volovnik N., Kazakov V. Organizing Construction Logistical Support // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. I. 403 P. 358–366. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_40.
5. Руденко А.А. Обеспечение строительства ресурсами как элемент его организационно-технологической надежности // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2023. №1 (51). С. 130–139. DOI: 10.51965/2076-7019_2023_2_1_130.
6. Demidenko O., Alekseev N. Logistics planning approach to transportation and technological support building flows // The science of person: humanitarian researches. 2017. N. 1(27). P. 195–199. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2017.27.195.
7. Телятникова Н.А. Совершенствование метода управления проектами строительства объектов транспортной инфраструктуры // Транспортные сооружения. 2021. №1. DOI: 10.15862/09SATS121.
8. Агеева Я.Д., Иконникова А.В., Липидус А.А. Совершенствование систем материально-технического снабжения на строительной площадке // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. №4(772). С. 58–74. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-772-58-74.
9. Кузнецов С.М., Воловник Н.С., Демиденко О.В., Белова А.И. Обследование здания в рамках стро-

ительно-технической экспертизы // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. №3(58). С. 87–95. DOI: 10.52170/1815-9265_2021_58_87.

10. Aytbagina E., Vitovitskiy E. Metod of two-factor analysis of cars operation in the road transport system of cargo transportation // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. I. 1116 AISC. P. 968–974. DOI: 10.1007/978-3-030-37919-3_95.

11. Воробьев В.С., Майлян В.Д., Мызникова В.Н. Оптимизация транспортно-складских издержек при строительстве и реконструкции инженерных сооружений на обобщенной транспортной сети // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. №5 (773). С. 39–49. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-773-5-39-49.

REFERENCES

1. Volovnik N.S., Demidenko O.V., Kazakov V.A., Gashkov P.V. Scientific and technical support during construction and operation of cultural and sports facility. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2020, no. 2(79), pp. 100–109. (in Russian) DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-100-108

2. Voronkov I.E., Usmanov T.A. Logistics technologies used in the construction of nuclear power plants. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2021, no. 2, pp. 49–56. (in Russian) DOI: 10.33622/0869-7019.2021.02.49-56

3. Zelentsov LB, Mailyan LD, Pirko D.V. Modeling of logistics processes using information technology. *Stroitel'noe proizvodstvo* [Construction production], 2022, no. 1, pp. 10–15. (in Russian) DOI: 10.54950/26585340_2022_1_10

4. Kuznetsov S., Demidenko O., Volovnik N., Kazakov V. Organizing Construction Logistical Support. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. I. 403. P. 358–366. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_40

5. Rudenko A.A. Provision of construction with resources as an element of its organizational and technological reliability. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva* [Bulletin of Volga University named after V.N. Tatishchev], 2023, no. 1(51), pp. 130–139. (in Russian) DOI: 10.51965/2076-7019_2023_2_1_130

6. Demidenko O., Alekseev N. Logistics planning approach to transportation and technological support building flows. The science of person: humanitarian researches. 2017. N. 1(27). P. 195–199. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2017.27.195

7. Telyatnikova N.A. Improvement of Method of Management of Transport Infrastructure Construction Projects. *Transportnye sooruzheniya* [Transport facilities], 2021, no. 1. (in Russian) DOI: 10.15862/09SATS121

8. Ageeva Y.D., Ikonnikova A.V., Lapidus A.A. Improvement of logistics systems at the construction site. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2023, no. 4(772), pp. 58–74. (in Russian) DOI: 10.32683/0536-1052-2023-772-58-74

9. Kuznetsov S.M., Volovnik N.S., Demidenko O.V., Belova A.I. Building inspection within the framework of construction and technical expertise. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the Siberian State University of Railways], 2021, no. 3(58), pp. 87–95. (in Russian) DOI: 10.52170/1815-9265_2021_58_87

10. Aytbagina E., Vitovitskiy E. Metod of two-factor analysis of cars operation in the road transport system of cargo transportation. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. I. 1116 AISC. P. 968–974. DOI: 10.1007/978-3-030-37919-3_95

11. Vorobiev V.S., Mailyan V.D., Myznikova V.N. Optimization of transport and storage costs during construction and reconstruction of engineering structures on a generalized transport network. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2023, no. 5(773). pp. 39–49. (in Russian) DOI: 10.32683/0536-1052-2023-773-5-39-49

Об авторе:

ДЕМИДЕНКО Ольга Владимировна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии Омский государственный технический университет 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11
E-mail: dovanddms@yandex.ru.

DEMIDENKO Olga V.

PhD of Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Oil and Gas Business, Standardization and Metrology Chair
Omsk State Technical University
644050, Russia, Omsk, Av. Mira, 11
E-mail: dovanddms@yandex.ru

Для цитирования: Демиденко О.В. Повышение надежности организации материально-технического обеспечения строительства // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 61–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.09.

For citation: Demidenko O.V. Increasing the reliability of organizing logistics for construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 61–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.09.

АРХИТЕКТУРА

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



УДК 711.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.10

**А. Ю. ЗАСЛАВСКАЯ
Е. В. ТАБАЕВА**

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В АРХИТЕКТУРЕ И ДИЗАЙНЕ

MODERN TECHNIQUES OF USING MATERIALS
IN ARCHITECTURE AND DESIGN

Освещается краткая история применения выбранных материалов в архитектуре и интерьере. Приводится типология современных архитектурных материалов. Показаны примеры применения необычных и инновационных материалов для решения сложных пластических задач. Рассмотрены нетрадиционные взгляды на применение знакомых материалов для достижения оптимального визуального или тактильного эффекта. Приведены методы уникальной обработки натуральных материалов и эффективные визуальные решения применения синтетических, композитных материалов в архитектуре и дизайне интерьера.

Ключевые слова: дизайн, архитектура, материалы, поверхности, покрытия, синтетические материалы, инновации

The article discusses a brief history of the use of selected materials in architecture and interior design. A typology of modern architectural materials is given. Examples of the use of unusual and innovative materials to solve complex plastic problems are considered. Unconventional views on the use of familiar materials to achieve optimal visual or tactile effect are highlighted. Methods of unique processing of natural materials, and effective visual solutions for the use of synthetic, composite materials in architecture and interior design are shown.

Keywords: design, architecture, materials, surfaces, coatings, synthetic materials, innovations

Исследуя историю использования различных конструктивных и декоративных материалов и поверхностей в архитектуре и дизайне, можно выделить три масштабные группы материалов, каждая из которых представляет собой важный аспект современного архитектурного дизайна. Разумеется, это деление условно и, прежде всего, касается конструктивных характеристик, широты сферы и истории применения материала. В соответствии с такой типологией первая группа может включать в себя материалы, которые мы обозначим как «первичные». Это материалы, которые могут обрабатываться различными способами, но при этом всегда сохраняют исходный природный

состав и чаще всего сохраняют конструктивные характеристики. За такими материалами всегда стоит богатый исторический контекст и определенная культура применения. Это камень, металл, стекло, керамика, дерево и натуральный текстиль [1–3].

Вторую группу мы условно обозначим как «производные» материалы. Это материалы, которые имеют в качестве основы или одного из компонентов природные первичные материалы, но они прошли значительную переработку с изменением конструктивных свойств. Их переработка может производиться с разными целями, например уменьшения стоимости конечного материала, использования остат-

ков материалов от других производств или же получения новых характеристик. Это такие материалы, как керамогранит, искусственный камень, современное обработанное стекло с армированием и пленками, бетон и железобетон, МДФ, ДСП, композиты, фанера и другие материалы, являющиеся производными от первичных материалов [4, 5].

Третья группа представляет собой различные покрытия, такие как обои, штукатурки, краски, наливные полы, натяжные потолки на основе винила, пленки, паркетные и ламинатные, кварцвинил, шпон и современные текстильные материалы. Эти материалы могут играть важную роль в создании финального облика интерьера, придавая ему стилевые и индивидуальные характеристики, но не обладают конструктивными качествами. Покрытия не могут быть применены самостоятельно, они всегда дополняют свойства основного конструктивного материала [6, 7].

Отдельно можно выделить группу синтетических и инновационных материалов. Они появились не так давно, но играют важную роль в современном дизайне и архитектуре. Их главная эстетическая ценность состоит в том, что они способны инициировать новый пластический язык и открывать новые возможности для дизайна.

В 60-е гг. XX в. настоящий фурор среди обывателей произвела серия рекламных плакатов, созданная Гербертом Метгером для мебельной компании Knoll. Первый плакат серии предлагал зрителям догадаться, что скрывается под упаковочной бумагой на фото. Тогда никто не мог себе представить, что такая форма может

принадлежать стулу. Пластики открыли совершенно новые возможности формообразования, обозначив начало эпохи футуристического дизайна (рис. 1).

Синтетические материалы, такие как пластик, стеклопластик, акрил и др., обладают высокой прочностью, легкостью и устойчивостью к воздействию окружающей среды. Они позволяют создавать сложные формы и конструкции, которые ранее были недоступны. Благодаря этому дизайнеры и архитекторы могут воплощать свои самые смелые идеи в реальность [8, 9].

Инновационные материалы, такие как композиты, новые формы бетона, так называемые «умные материалы» и наноматериалы, предлагают еще больше возможностей для дизайна. Они обладают уникальными свойствами, такими как изменение формы под воздействием температуры или света, самоочистление от грязи и микроорганизмов, возможность саморемонта при повреждениях. Эти материалы открывают новые горизонты для создания функциональных и эстетически привлекательных объектов.

Одним из ключевых материалов, которые использовала британский архитектор и дизайнер Заха Хадид, был стеклопластик, или композитный материал, состоящий из стекловолокна и пластика. Этот материал позволял ей создавать сложные формы и органические структуры, которые были невозможны ранее, при использовании традиционных материалов. Хадид экспериментировала с инновационными материалами, такими как карбоновое волокно, которое имеет высокую прочность



Рис. 1. Рекламные плакаты для мебельной компании Knoll

и легкость, и биоматериалы. Она была одним из пионеров в использовании этих технологий в архитектуре, что позволяло ей создавать уникальные и инновационные формы и структуры (рис. 2). Разработанный Заха Хадид Архитектс в короткие сроки, в ограниченном пространстве и с минимальным бюджетом, проект Knit Candela демонстрирует быструю адаптацию цифрового дизайна к задачам, стоящим перед строительной отраслью. Проектное решение основывается на объединении гиперболических параболоидных поверхностей для создания многоразовых опалубок, что позволит сократить строительные отходы. Для реализации проекта было изготовлено 50 м² текстильной опалубки, которая состояла из четырех полос длиной от 15 до 26 м. Гибридные и ультралегкие настилы легко транспортабельны, уменьшают потребность в дополнительной несущей конструкции и строительных лесах, упрощают логистику.

Синтетические и инновационные материалы не только меняют внешний вид и функциональность дизайна и архитектуры, но и влияют на сам процесс их создания. Они позволяют использовать новые методы проектирования и производства, такие как компьютерное моделирование, 3D-печать и роботизированное изготовление. Это ускоряет процесс создания и снижает затраты, а также позволяет добиться более высокой точности и качества изделий [10].

В целом, синтетические и инновационные материалы играют важную роль в современном дизайне и архитектуре, открывая новые возможности для творчества и инноваций. Они помогают создавать уникальные и функциональные объекты, которые вписываются в современную эстетику и требования современного общества. Можно наблюдать, что некоторые материалы представлены в нескольких из выделенных групп. В частности, натуральный камень имеет самую богатую историю применения,

так как широко использовался в строительстве в Древней Греции, Риме, Египте. Этот прочный природный материал успешно миновал темные века после падения Римской империи, чтобы затем проникнуть в самые величественные соборы и дворцы эпохи Возрождения. Лауреат Нобелевской премии по литературе Октавио Пас утверждал, что архитектура является неподкупным свидетелем истории. Часто материалы выступали в качестве главных героев этой истории, развиваясь и меняясь с течением времени, в том числе благодаря поколениям архитекторов, меняющих контекст и методы обработки этих материалов. Каждая эпоха и культура представляют свои собственные стили и техники использования камня в архитектуре. Например, древние египтяне использовали известняк и гранит для постройки пирамид и храмов, а греки предпочитали мрамор для создания своих колонн и скульптур. В средневековой Европе камень использовался для строительства готических соборов и замков, а в азиатской архитектуре камень часто применялся для создания буддийских ступ и китайских садов. Натуральный камень продолжает быть актуальным и в современности, благодаря уникальным характеристикам текстуры, цветовых и графических вариаций и несущей способности материала, меняется лишь качество обработки и появляются новые области его применения. Технологический прогресс привел к появлению новых методов обработки камня – точная резка и полировка, что позволило дизайнерам и архитекторам намного более оперативно создавать сложные и детализированные элементы в интерьере [11].

Новые технологии способны давать альтернативное звучание традиционным материалам с многовековой историей. Так, уникальная мастерская по работе с камнем GLIVI в Минске, Беларусь, демонстрирует новый язык для представления традиционного натурального камня

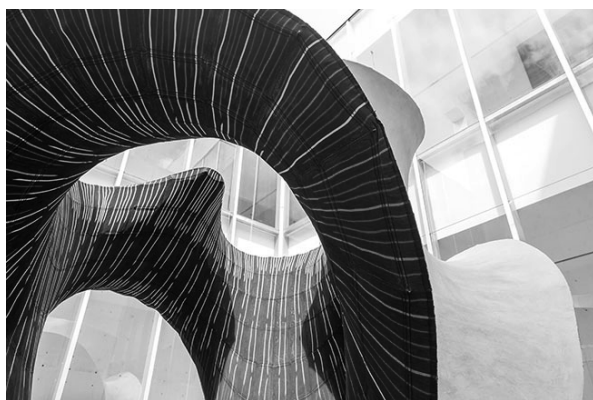


Рис. 2. Заха Хадид, Knit Candela

в современном интерьере и экстерьере. Фрезеровка, полировка, шлифовка и качественный распил, термическая и так называемая «античная обработка», а также соединение разных технологий в одном фрагменте могут обеспечить неожиданные дизайнерские решения. Так, на рис. 3 показаны примеры сочетания технологий грубого скола камня с полированным и фрезерованным материалом. Современный принт или штриховка, словно наложенные независимым слоем на текстуру камня, придают традиционному материалу свежее, современное звучание.

С развитием 3D-печати мы можем наблюдать множество инновационных форм, порожденных экспериментами с технологией. В Нидерландах архитектурная студия RAP создала инновационную форму для традиционно-

го материала, объединив алгоритмический дизайн и 3D-печать. New Delft Blue – новаторский проект в историческом голландском городе Делфт, спроектированный и напечатанный на 3D-принтере студии RAP. Этот проект по-новому интерпретирует всемирно известные декоративные качества и дизайнерский словарь знаменитого дельфтского фарфора. Объединив 3D-печать керамики, компьютерный дизайн и ремесленное глазурование, New Delft Blue надеется раскрыть новый архитектурный потенциал керамического декора XXI в. [12]. На принтере было изготовлено более 3000 керамических плиток, каждая из которых обладает уникальным рисунком, отсылающим к традиционным росписям дельфтского фарфора (рис. 4).

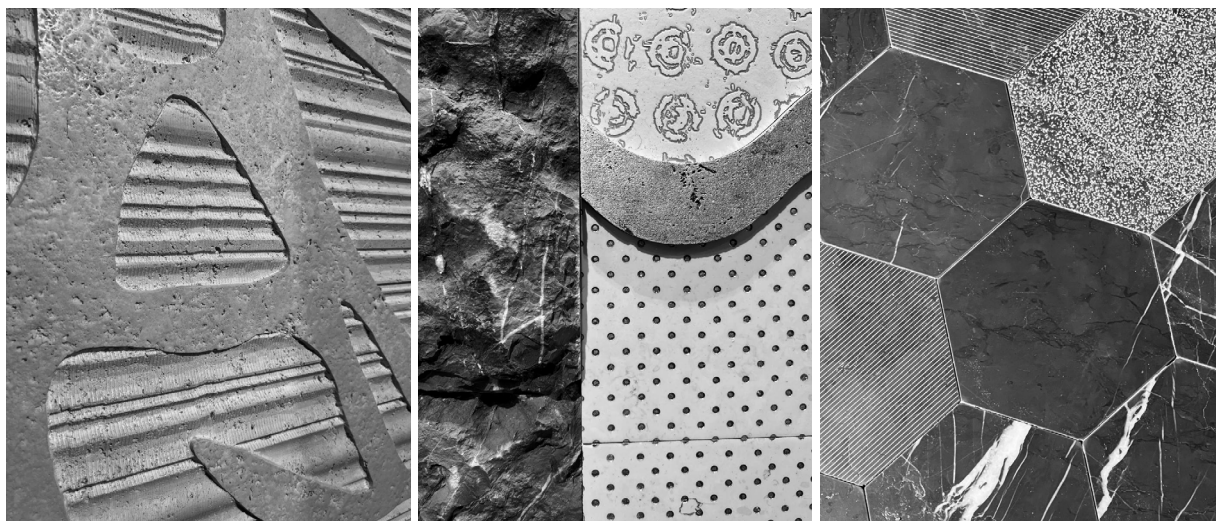


Рис. 3. Варианты современной обработки камня от компании GLIVI, г. Минск, Беларусь

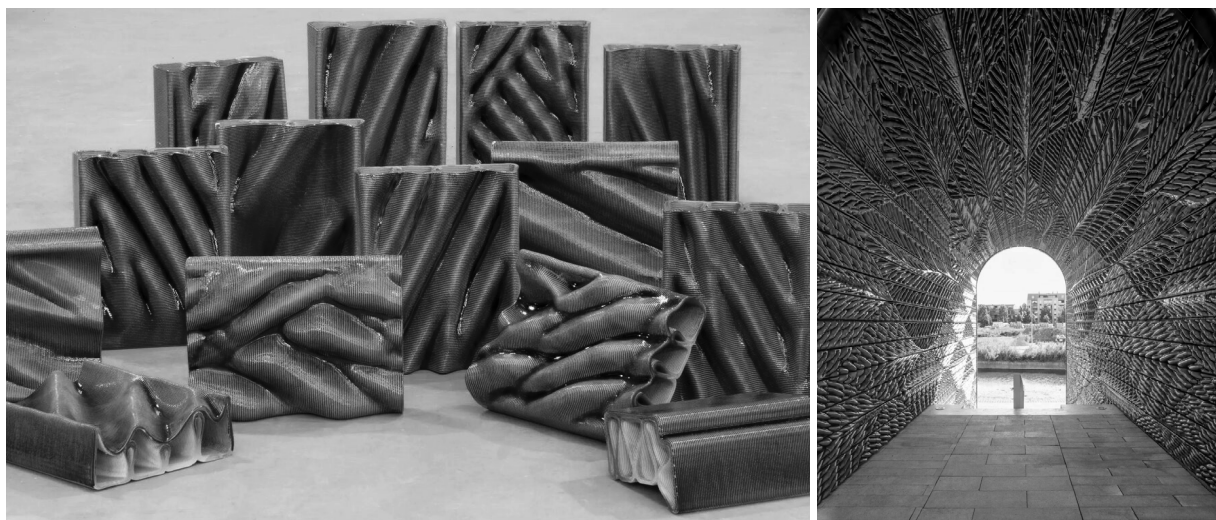


Рис. 4. Керамическая плитка, отпечатанная на 3D-принтере, и применение ее в Арке в Делфте, 2019 г.

Если говорить о группе «производных» материалов, то в ней исходный традиционный материал – камень – представлен искусственным или так называемым композитным камнем. Это материал, созданный путем смешивания натурального камня (например мраморной или гранитной крошки) с синтетическими смолами. Искусственный камень обладает высокой прочностью, устойчивостью к царапинам и пятнам, а также широким спектром цветов и текстур. Одной из первых разработку искусственного камня на рынке представила в 1967 г. компания DuPont. Продукт получил коммерческое название Corian. В отличие от природного камня он обладает пластичностью при высоких температурах, что позволяет создавать из него различные формы, невозможные в природном камне. Ремонтопригодность, простота обработки и меньший вес также являются преимуществами материала [11].

Покрытия, имеющие в своей основе или в составе природный камень, на сегодняшний день довольно разнообразны. Облицовочные плиты из натурального камня имеют давнюю историю применения, а в последние десятилетия, с появлением технологии гидроабразивной резки, стало возможным вырезать из камня тонкие элементы сложной геометрии и создавать с их помощью инкрустированные натуральным камнем поверхности. Современные технологии позволяют получать очень тонкий срез природного камня и применять его в качестве облицовки различных поверхностей. Это так называемый каменный шпон – покрытие, полностью являющееся природным и сохранившим все свойства исходного материала, кроме конструктивных (рис. 6).

На основе измельченного камня различной фракции создают декоративные штукатурки и каменные обои, которые можно отнести к группе покрытий. К этой же группе покрытий относится так называемый «жидкий металл», который можно наносить практически на любые поверхности.

Российская компания Metoplax разработала широкую линейку цветовых и текстурных вариаций этого инновационного покрытия, в основе которого nano-частицы бронзы, латуни, меди, алюминия, цинка, железа и других металлов. Частицы металла и полимеры связующего компонента соединяются посредством специальной химической реакции, что обеспечивает высокую прочность материалу, которой нет у отдельно взятых элементов. Интересным фактом является то, что жидкий металл обладает всеми характеристиками литого изделия, меняя не только поверхность покрываемого элемента, но и затрагивая его структурные характеристики.

В рамках масштабных проектов застройки территории комплекса «ЗИЛАрт» в Москве можно увидеть много необычных и эффектных решений, в том числе интерпретацию классических для «сталинской» застройки Москвы арок в новом материальном решении. Эффект золота этой масштабной арке из металлических фасадных кассет придает специальная краска на основе оксида титана, которая должна защитить ее от воздействия ультрафиолетовых лучей (рис. 7).

Инновационные материалы претендуют на характеристики, которые выгодно отличают их от первой группы традиционных материалов. Они стремятся к экологичности, но преодолеть этот порог могут только за счет

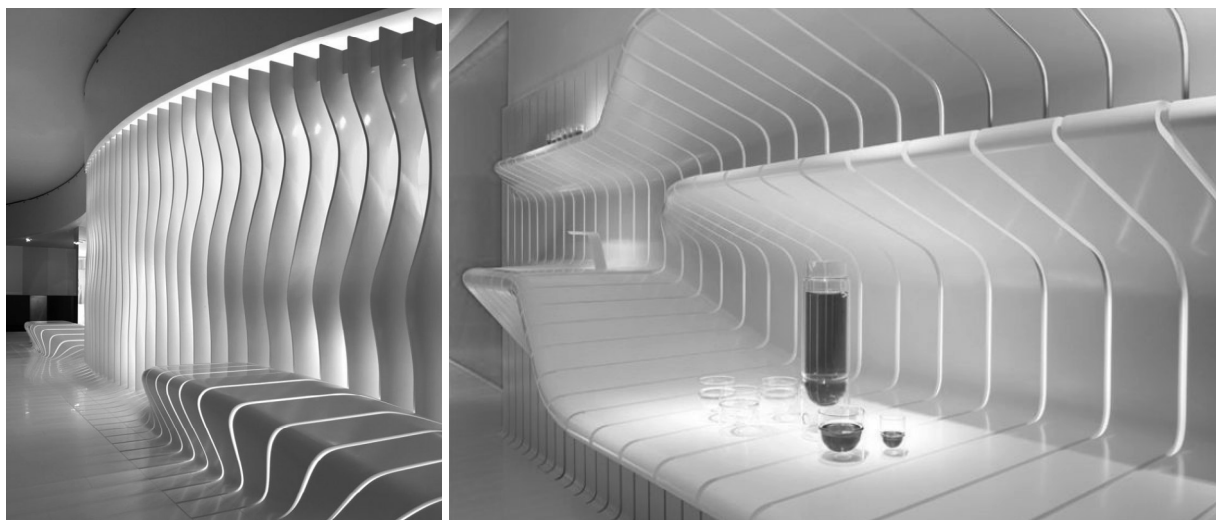


Рис. 5. Супер-поверхности и кориана от DuPont Corian and Amanda Levete Architects



Рис. 6. Природный каменный шпон



Рис. 7. Золотая арка в комплексе «ЗИЛАрт», Москва, 2023 г.

экономии ресурсов при их производстве и эксплуатации, потому что являются композитными, а не природными по сути. Хотя на сегодняшний день так называемые экоматериалы заняли уверенную нишу в современном дизайне и архитектуре. Так, уже существует светогенерирующий цемент, самовосстанавливающийся бетон и конопляная арматура, которая возможно скоро станет недорогой низкоуглеродистой альтернативой стандартной стальной арматуре и позволит избежать проблемы коррозии, продлевая срок службы бетонных конструкций. Или возьмем, к примеру, другой инновационный материал – прозрачную древесину. Она имеет такую же прочность, как классические пиломатериалы, но заметно легче, изготавливается путем прессования и обработки полимерами тонких древесных полос, является отличной заменой стекла и пластика. Прозрачная древесина не разбивается при ударе, не бликует и прочнее стекла. И конечно, этот передовой материал снижает энергопотребление за счет минимизации потребности в искусственном освещении. Другой пример инновации в мире архитектурных материалов – панели Alusion, которые представляют собой форму облицовки, изготовлен-

ную из стабилизированной алюминиевой пены. Они прочные и легкие, как металлические губки, пожаробезопасные, звуконепроницаемые и простые в установке (рис. 8).

Вывод. Анализируя историю и современный опыт применения материалов в архитектуре и дизайне, мы можем видеть, как один и тот же материал, в зависимости от задачи, может использоваться в первичном состоянии, а также подвергаться современной переработке и входить в группу производных материалов или покрытий. На наш взгляд, выделение этих четырех масштабных групп позволяет лучше понять историю и развитие использования материалов в архитектуре и дизайне, а также понять возможные пути развития способов переработки, обработки и интегрирования альтернативных материалов в проекты будущего. Исследователи разрабатывают материалы, которые максимально эффективны и наименее энергозатратны, не вредны для окружающей среды. В ближайшем будущем мы увидим строительство из природных субстанций, включая пенку и мицелий, а также синтетических материалов вроде углеродного волокна и высококачественного пластика. Но,

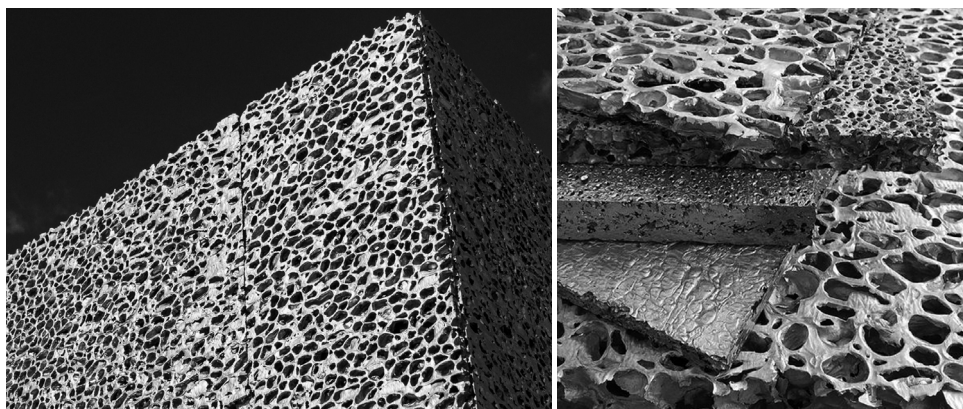


Рис. 8. Алюминиевые панели Alusion

по мнению многих архитекторов современности, традиционные материалы никуда не исчезнут, а возникнут лишь новые технологии их применения. Уже сегодня наметилась тенденция активного применения переработанной древесины, а также применения дерева повторно, как в проекте Студии Пола Кокседжа для лондонской инсталляции *Please Be Seated*, куда шли доски из строительных лесов. Ведь во многих смыслах дерево является идеальным материалом. Если вы правильно его используете, оно оказывает исключительно положительное влияние на окружающую среду, прекрасно выглядит и обладает чудесными тактильными свойствами. Мы можем создавать новые искусственные материалы и возвращаться к традиционным, открывая все новые способы работы с ними, – в этом для нас и заключается будущее современного дизайна и архитектуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есаулов Г.В. Материал в архитектуре // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. №4. С. 21–22.
2. Котельников Н.П. Архитектурно-дизайнерское материаловедение. Тольятти: ТГУ, 2011. 100 с.
3. Литвинова Ю.В. Тенденции развития и пути создания новых строительных материалов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №2. С. 48–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8.
4. Вавилова Т.Я., Манцурова Е.М. Основные направления использования природных материалов в современном архитектурном проектировании // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2016. №2(27). С. 128–134.
5. Кондратьева Н.В., Головатюк М.А. Исследование технических характеристик стеклофибро-бетона // Градостроительство и архитектура. 2023. Т.13, №1. С.82–91. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.11.
6. Табаева Е.В. Фактура как самоценный инструмент композиции // Innovative Project. 2016. Т. 1, №1. С. 126–129.

7. Каракова Т.В., Данилова А.В. Художественная перфорация как инструмент формообразования архитектуры общественного здания в контексте эмерджентности системы // Региональная архитектура и строительство. 2021. № 1 (46). С. 211–219.

8. Дмитренко Е.О., Леснов М.Ю., Шавва А.А. Инновационные материалы в реконструкции зданий и сооружений // Теория и практика современной науки. 2016. №12. С. 570–578.

9. Материалы будущего: 10 инновационных технологий в строительной индустрии [Электронный ресурс]. URL: <https://orname.ru/stroitel-stvo-proizvodstvo-dizayn-arkhitektura/> (дата обращения: 15.12.2023).

10. Вавилова Т.Я., Елагина А.С. Биоматериалы – ресурс развития современной архитектуры // Город, пригодный для жизни: материалы V Международной научно-практической конференции. Красноярск, 2023. С. 353–358.

11. Актуальность использования искусственного камня [Электронный ресурс]. URL: <https://www.defsmeta.com> (дата обращения: 15.12.2023).

12. Corian [Электронный ресурс]. URL: <https://www.corian.com/> (дата обращения: 15.12.2023).

13. New Delft Blue [Электронный ресурс]. URL: <https://studiorap.nl/New-Delft-Blue> (дата обращения: 15.12.2023).

REFERENCES

1. Esaulov G.V. Material in architecture. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov], 2007, no. 4, pp. 21–22. (in Russian)
2. Kotelnikov N.P. *Arkhiturno-dizaynerskoe materialovedenie* [Architectural and design materials science]. Togliatti, TSU, 2011. 100 p.
3. Litvinova Yu.V. Development trends and creation of new building materials. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 2, pp. 48–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8
4. Vavilova T.Ya., Mantsurova E.M. The main directions of the use of natural materials in modern architectural design. *Vestnik Inzhenernoy shkoly Dal'nevostochno*

go federal'nogo universiteta [Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University], 2016, no. 2(27), pp. 128–134. (in Russian)

5. Kondratyeva N.V., Golovatyuk M.A. Research of Technical Characteristics of Glass-Fiber Concrete. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol.13, no.1, pp.82–91. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.11

6. Tabaeva E.V. Texture as an inherent instrument of composition. *Innovatsionnyy projekt* [Innovative Project], 2016, vol. 1, no. 1, pp. 126–129. (in Russian)

7. Karakova T.V., Danilova A.V. Artistic perforation as a tool for shaping the architecture of a public building in the context of system emergence. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo* [Regional Architecture and Construction], 2021, no. 1(46), pp. 211–219. (in Russian)

8. Dmitrenko E.O., Lesnov M.Yu., Shavva A.A. Innovative materials in the reconstruction of buildings and structures. *Teoriya i praktika sovremennoy nauki* [Theory and practice of modern science], 2016, no. 12, pp. 570–578. (in Russian)

9. Materials of the future: 10 innovative technologies in the construction industry. Available at: <https://orname.ru/stroitel-stvo-proizvodstvo-dizayn-arkhitektura/> (accessed 15 December 2023).

10. Vavilova T.Ya., Elagina A.S. Biomaterials are a resource for the development of modern architecture. *Gorod, prigodnyy dlya zhizni: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [A city fit for life: materials of the V International Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk, 2023, pp. 353–358. (In Russian).

11. Relevance of using artificial stone. Available at: <https://www.defsmeta.com> (accessed 15 December 2023).

12. Corian. Available at: <https://www.corian.com/> (accessed 15 December 2023).

13. New Delft Blue. Available at: <https://studiorap.nl/New-Delft-Blue> (accessed 15 December 2023).

Об авторах:

ЗАСЛАВСКАЯ Анна Юрьевна

кандидат архитектуры, доцент кафедры дизайна Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846) 339-14-67
E-mail: polidesign80@mail.ru

ZASLAVSKAYA Anna Yu.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846) 339-14-67
E-mail: polidesign80@mail.ru

ТАБАЕВА Елена Владимировна

старший преподаватель кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846) 339-14-67
E-mail: tabaeva_lena@mail.ru

TABAEVA Elena V.

Senior Lecturer, Associate Professor of the Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846) 339-14-67
E-mail: tabaeva_lena@mail.ru

Для цитирования: Заславская А.Ю., Табаева Е.В. Современные приемы применения материалов в архитектуре и дизайне // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 67–74. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.10.
For citation: Zaslavskaya A.Yu., Tabaeva E.V. Modern techniques of using materials in architecture and design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 67–74. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.10.

А. В. ЛИСИЦЫНА

**МАЛЫЕ И СРЕДНИЕ ГОРОДА НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ:
В ПОИСКАХ УТРАЧЕННОЙ ГАРМОНИИ. ЧАСТЬ 2**SMALL AND MEDIUM TOWNS OF NIZHEGORODSKOE POVOLZHIE REGION:
IN SEARCH OF THE LOST HARMONY. PART 2

Во второй части статьи¹ освещаются процессы преобразования историко-архитектурной среды малых и средних городов Нижегородского Поволжья на протяжении советского и постсоветского периодов; анализируются факторы, которые привели к утрате визуальной гармоничности архитектурных пейзажей, сложившихся к началу XX в. Историко-архитектурная среда, трактуемая как феномен архитектурно-градостроительной культуры региона, рассматривается в контексте актуальных историко-теоретических проблем архитектуры и градостроительства: проблемы традиций и новаций; проблемы массового и уникального; проблемы стиля и образа; проблемы глобального и идентичного. Исследуются общие закономерности формирования и развития историко-архитектурной среды на протяжении жизненного цикла Нового и Новейшего времени.

Ключевые слова: историко-архитектурная среда, малые и средние города, Нижегородское Поволжье

The second part of the article highlights the processes of historical and architectural environment transformation in small and medium-sized towns of the Nizhegorodskoe Povolzhie region during the Soviet and post-Soviet periods. The author analyzes the factors that led to the loss of architectural landscapes visual harmony that had developed by the beginning of the 20th century. The historical and architectural environment is interpreted as a phenomenon of the region architectural and urban culture. It is considered in the context of topical historical and theoretical problems of architecture and urban planning: problem of traditions and innovations; problem of mass and unique; problem of style and image; problem of global and identical. The general regularities of the historical and architectural environment formation and development throughout the life cycle of the New and Newest times are investigated.

Keywords: historical and architectural environment, small and medium towns, Nizhegorodskoe Povolzhie region

В последние годы специалистами в области теории и истории архитектуры высказывается мысль о том, что на современном этапе развития зодчества эстетическая составляющая триады Витрувия – красота – уступает место комфортности. Преобразование городской среды в течение последних ста лет особенно наглядно подтверждает этот тезис. Современный город, вне всякого сомнения, сделался гораздо более комфортным для жизни человека. Но стал ли он при этом более красивым? Вероятно, в отношении крупнейших, крупных и даже больших городов России ответ на этот вопрос может быть утвердительным. Но если сфокусироваться на малых и средних городах, ситуация представляется далеко не столь однозначной. Любой наблюдатель отметит здесь множество эстетических диссонансов. И особенно остро они проявляются в городах, сохранивших историко-архитектурную среду – единство ландшафта, планировки и застройки, достигнутое в ходе поступательного, эволюционного раз-

вития. Присущее современному строительству хаотическое смешение стилевых аналогов, художественных принципов, масштабных и силуэтных характеристик зданий превращает исторические центры малых и средних городов в некие неудобоваримые конгломераты, где соседствуют неомодернистские стеклянные призмы, всевозможные интерпретации эклектики XIX в., свободные фантазии на темы древнерусских бревенчатых хором и европейских фахверковых домов. Эта архитектурная какофония входит в глубокое противоречие со средовым подходом, идеями контекстуализма. Ведь «каждый архитектурный объект и каждый его элемент должен быть хорош не столько сам по себе, сколько с точки зрения его включенности в окружающий контекст, который может быть сохранен, поддержан, обогащен, улучшен или испорчен» [1, с. 116].

В первой части данной статьи на примере малых и средних городов Нижегородского Поволжья детально анализировались свойства

¹ См. Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, №4. С. 106–110. Ч. 1.

историко-архитектурной среды (ИАС), обусловившие ее визуальную гармоничность и высокие эстетические качества в начале XX в. Художественная выразительность архитектурных пейзажей таких городов – объективное свойство, которое запечатлели многочисленные фотографии и почтовые карточки того времени. Мастера необычайно популярного на рубеже XIX – XX вв. жанра архитектурной фотографии методично фиксировали облик российской провинции, не подозревая, что очень скоро этот облик коренным образом изменится [2, с. 235–236]. Цель, которую ставит перед собой автор во второй части статьи, – выявить причины утраты визуальной гармоничности ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья в начале XX – начале XXI в. с точки зрения актуальных историко-теоретических проблем современной архитектурной науки.

Объект, предмет и границы исследования, его методика и научный контекст очерчены в первой части статьи. Гипотеза настоящего раздела исследования заключается в том, что причины поэтапной эстетической деградации ИАС на протяжении последних ста лет, с одной стороны, тесно связаны с идеологией и внутренней политикой государства, а с другой – имеют объективный характер и обусловлены очередной фазой текущего жизненного цикла ИАС.

Итак, к началу XX в., в результате длительного эволюционного развития, в городах Нижегородского Поволжья сформировалась целостная и художественно выразительная ИАС. Завершилась протяженная во времени фаза формирования базовых составляющих городской среды – каркаса и ткани (согласно концепции А.Э. Гутнова и И.Г. Лежавы) [3, с. 90]. Важнейшее на тот момент качество архитектурной среды – целостность – определялась именно завершенностью, поскольку процесс ее создания происходил в русле общего градостроительного замысла, восходящего к рубежу XVIII – XIX вв. Замысел этот воплощался достаточно медленно, но последовательно; он не был предопределен во всех деталях, но не был и стихийным. А.В. Иконников характеризовал такое развитие как «перманентную планировку», которая может продолжаться десятилетия или века. При этом «первоначальная идея трансформируется и, как бы обрастая новыми «слоями», получает воплощение в богатстве формы, которого не достигнуть однажды созданным проектом» [4, с. 126].

Однако, по справедливому утверждению И.А. Бондаренко, «ни каркас, ни ткань города не способны долго пребывать в твердом порядке. «Все течет, все изменяется», а главное – переосмысливается и переоценивается. Бывают только

периоды относительной стабильности, за которыми следуют более или менее болезненные перемены» [5, с. 50]. Поэтому дальнейшие преобразования ИАС имели объективные градостроительные причины. Возможности предшествующей фазы формирования были, по сути, исчерпаны: сложились все линейные и узловые элементы градостроительного каркаса; его ячейки целиком заполнила ткань застройки. Во многих городах насущной необходимостью стало дальнейшее развитие каркаса. Между тем, «рост каркаса или его значительная трансформация означают фактически создание новой системы» [3, с. 90]. В большинстве рассматриваемых городов именно так и произошло.

Преобразование ИАС было обусловлено, прежде всего, воздействием глобальных факторов, отвечавших очередному этапу развития человеческой цивилизации. Прошедшее столетие отмечено качественным изменением образа жизни человека, а также изменением исторических условий, определявших формирование и функционирование городской среды. В России рубежом, обозначившим начало этих перемен, стал 1917 год. Важнейшие социальные, экономические и политические сдвиги в жизни страны, которые привели к смене государственного строя, запустили процессы коренного преобразования ИАС российских городов. Основные этапы этого процесса коррелируются с принятыми в исторической науке периодами развития советского государства и постсоветской России:

- 1) довоенный период (1917–1941 гг.);
- 2) военный и послевоенный период (1941–1965 гг.);
- 3) период развитого социализма и перестройки (1965–1990 гг.);
- 4) постсоветский период (1990 г. – настоящее время).

Все периоды, за исключением третьего, предваряются глобальными политическими и социальными катаклизмами (революция и гражданская война, Великая Отечественная война, перестройка и распад СССР).

Явления, характеризующие перечисленные этапы преобразования ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья, детально рассматривались нами в другой работе [6, с. 82–89], поэтому здесь ограничимся лишь кратким обзором:

- 1) довоенный период – отчуждение недвижимости и ее национализация (муниципализация), резкое изменение исторически сложившегося архитектурного силуэта и пространственно-видового каркаса городов в результате тотального разрушения церковных и монастырских ансамблей, выполнявших роль традиционных архитектурных доминант;

2) военный и послевоенный период – размещение в исторических центрах новых промышленных предприятий, преобразование природного ландшафта поволжских городов (Городец, Кинешма, Юрьевец) в результате создания Горьковского водохранилища;

3) период развитого социализма и перестройки – нарушение целостности исторической застройки, изменение композиции и архитектурного облика улиц и площадей в ходе типового строительства, преобразование естественного природного ландшафта поволжских городов (Козьмодемьянск, Лысково, Юрино) в результате создания Чебоксарского водохранилища;

4) постсоветский период – уплотнение застройки исторических центров в результате активного коммерческого строительства, замена фрагментов исторически сложившейся застройки современными зданиями, упадок приречных территорий.

Первая из причин, в силу которых ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья (да и всей России) утратила гармоничность, – это, несомненно, нарушение эволюционного, преемственного развития. Экспроприация собственности в первые годы советской власти и последующий вскоре запрет на предпринимательство подсекли частную инициативу, на которой базировался экономический подъем начала XX в. Исчезновение самостоятельного заказчика привело к стагнации в строительстве. Возведение богатых особняков и усадеб прекратилось, а частные жилые дома стали меньше и скромнее по облику. Национализированные и муниципализированные постройки утратили прежние функции; их начали активно перестраивать в соответствии с новым назначением. Экономическая основа советского периода – государственная промышленность, принципиально отличавшаяся от прежней, капиталистической, превратила крестьянина-кустара в заводского рабочего. Укрупнившиеся промышленные предприятия (как новые, так и созданные на базе существовавших) буквально «расперли», «разорвали» целостную ткань ИАС. Господство атеистической идеологии повлекло за собой повсеместное разорение церквей и монастырей. Навязывание новых идеологических смыслов, новой эстетики, установка на формирование нового образа социалистического города привели к появлению принципиально иных по масштабу и облику общественных зданий, диссонирующих по отношению к сложившейся среде. Распространение типового индустриального жилищного строительства обусловило деградацию и уничтожение целых массивов малоэтажной деревянной застройки.

Перечисленные тенденции были повсеместными, однако в малых и средних городах они имели более негативные последствия, в сравнении с большими и крупными. В условиях скудного государственного финансирования, проводившегося «по остаточному принципу», происходило не столько формирование «нового», сколько разрушение «старого». Воинствующее отрицание достижений капиталистического периода повлекло за собой уничтожение его «детей», исторически сложившейся застройки. В крупных и крупнейших городах это отчасти компенсировалось появлением ярких архитектурных произведений авангарда, советского неоклассицизма, советского модернизма, правдиво отражавших эстетику своего времени. Но в малых и средних городах, где такая эстетика присутствовала лишь в виде отголосков, отдельных внешних проявлений, констатировалось тотальное отсутствие качественной современной архитектуры, адекватной по своим художественным достоинствам архитектуре исторической. На этом фоне уничтожение лучших памятников прошлого (церковных и монастырских комплексов, дворянских и купеческих усадеб), разрушение исторически сложившейся парцеллярной структуры застройки, ее композиционного и стиливого единства стало подлинной катастрофой.

После распада Советского Союза и очередного затишья в строительстве общекультурный контекст, казалось бы, изменился к лучшему. Усилилась самоидентификация многих малых и средних городов в качестве исторических, т. е. обладающих ценным культурным наследием. В середине 1990-х гг. началось постепенное восстановление разрушенных в советское время храмов. Появились и первые контекстуальные архитектурные объекты, отмеченные осознанным стремлением поддержать индивидуальность, особый «дух места» [6, с. 85–86].

Рассматривая процесс преобразования ИАС малых и средних городов в аспекте долевого соотношения профессионального творчества, народного зодчества и «третьего пласта» (по Г.В. Есаулову) [7, с. 36], отметим постепенное истончение пласта народного зодчества, который ко второй половине XX в. прекратил наращиваться и обновляться. Народное зодчество как феномен, явление, основанное на живой традиции, перестало воспроизводить себя; его вытеснили технологии индустриального строительства. Параллельно с этим в городской среде произошло усиление компонента самодельной архитектуры, которая (по аналогии с самодельным искусством) свободна от художественных канонов и традиций, передаваемых из поколения в поколение и определяющих

внутренний порядок и образный строй народного искусства. Открывая широкий простор для самостоятельности и личной инициативы, самодеятельная архитектура, создаваемая дилетантами, самоучками, характеризуется профессиональной беспомощностью, отсутствием четких эстетических ориентиров [8, с. 535–536]. В фазе формирования ИАС самодеятельная составляющая присутствовала в ней в незначительной степени, на уровне ремонтов, проводившихся традиционными средствами. Ситуация начала изменяться в середине XX в., особенно после Второй мировой войны, когда в городах почти не осталось старых мастеров-строителей. Их деятельность ограничивалась теперь лишь сферой частного жилища, ставшего простым и скромным. В то же время компонент самодеятельной архитектуры заметно усилился: увеличилось количество пристроек, перестроек и ремонтов, проводившихся своими силами, на окраинах получило развитие дачное строительство, а также перевозка в город деревянных домов из сельской местности. Авторское стилевое творчество, как и прежде, было представлено единичными постройками. Поэтому нижегородский постмодернизм, ставший заметным явлением в российской архитектуре, почти не оказал влияния на облик городов региона. Что касается индустриального домостроения советского периода, по методу создания оно отнеслось к профессиональной сфере, однако было лишено образной выразительности и стилизованных признаков, поскольку приоритет отдавался производству массового унифицированного жилища. Вышесказанное коррелирует с выводом Г.В. Есаулова о том, что единство городской среды, рассматриваемое как системное явление, «обладает своими закономерностями и особенностями существования и развития, вплоть до преобладания на определенных этапах одного из компонентов (профессионального, народного, «третьего пласта» – А.Л.) и, наоборот, его полной утраты в изменяющихся социально-экономических и культурно-исторических условиях» [7, с. 36].

Визуальная гармоничность ИАС в начале XX в. во многом была обусловлена структурной упорядоченностью, иерархической организацией, разумным балансом главных и второстепенных компонентов. В связи с этим В.Б. Махачев справедливо отмечал важную роль панорам для русской градостроительной эстетики. «Городской центр в панораме слит с рядовой тканью и одновременно структурно выделен собором; в застройке заметны второстепенные доминанты – монастыри и приходские церкви; селитьба стелется по пологим склонам, а крутые склоны служат цоколем застройки; хозяй-

ственные объекты спускаются к реке. ... Белокаменное, с затейливым силуэтом, золочеными куполами и крестами вверх; деревянное, утопающее в грязи и ветхое вниз» [2, с. 232–233]. ИАС рассматриваемых малых и средних городов в самом деле демонстрировала единство ландшафта, планировки, системы архитектурных доминант и акцентов, массивов дисперсной малоэтажной застройки, постепенно уплотнявшейся от периферии к центру. Однако с наступлением советского периода вся эта логически выстроенная система подверглась радикальным преобразованиям.

Первым серьезным ударом стало разрушение архитектурных доминант – церквей и монастырей. Соборные ансамбли, занимавшие ключевые градостроительные позиции, как правило, подвергались полному сносу; на их месте оставались обширные пространства площадей или скверов, несопоставимые по масштабу с окружающей застройкой. Приходские церкви, лишенные глав и колоколен, приспособлялись для хозяйственных или производственных функций. В результате веками сложившаяся система ориентиров, выявлявших узловые точки планировочной структуры и пространственной композиции, была уничтожена. По сравнению с крупными городами, средние и малые пострадали при этом сильнее, поскольку в их панорамах церковные здания играли более важную роль [6, с. 82–84].

Второй фактор преобразования ИАС – вторжение в исторические центры городов протяженных четырех – пятиэтажных секционных жилых домов и новых общественных зданий с плоскими крышами. По масштабу, структуре и силуэту такие архитектурные объекты и организуемые ими пространства оказались принципиально несопоставимыми с традиционной мелкоячеистой исторической застройкой. Новое строительство велось индустриальными методами, с применением типовых проектов; оно осуществлялось либо на пустовавших территориях, либо на месте снесенной деревянной застройки. При этом какого-либо общего замысла развития, сопоставимого с «конфирмованными» городскими планами конца XVIII в., не существовало. Показательно, что разработка новых генеральных планов для малых и средних городов Нижегородского Поволжья началась лишь в 1960 – 1970-х гг., а проекты детальной планировки чаще всего не выполнялись вовсе. Поэтому можно с уверенностью утверждать, что на протяжении последних ста лет основной принцип нового строительства в исторических центрах изучаемых городов был одинаковым: оно велось там, где имелись свободные территории, без внимания к общей градостроительной композиции и характеру сло-

жившейся застройки. В силу этого современные здания зачастую не составляли целостных групп. Земельные участки осваивались по отдельности. По экономическим соображениям снос существующих зданий стремились свести к минимуму, и на центральных исторических улицах нередко вырастали единичные типовые «пятиэтажки». В итоге целостность городской ткани таких городов, как Балахна, Богородск, Павлово, Муром, Алатырь была в значительной степени нарушена. В постсоветский период, несмотря на смену стилевых предпочтений, локальный, «штучный» подход к проектированию, не принимающий во внимание баланса целого и частей, главного и второстепенного, остается прежним. Это делает каждое новое здание «вещью в себе». Отдельно взятый объект может выглядеть вполне эстетично, но при этом он чужероден по отношению к городскому контексту и разрушает его. Следует отметить и такой фактор, как преобразование элементов градостроительного каркаса, наиболее стабильной составляющей городской среды. И если пробивка новых трасс улиц в малых и средних городах была достаточно редким явлением, то укрупнение кварталов застройки и нарушение исторической парцелляции домовладений происходило практически повсеместно.

Все перечисленные факторы в совокупности способствовали разрушению целостной иерархической структуры ИАС, сложившейся к началу XX в., разбалансировке элементов каркаса и ткани, нивелированию архитектурного силуэта, нарастанию аморфности и невыразительности фоновой застройки.

Следующая причина, обусловившая потерю гармоничности ИАС малых и средних городов, – конфликт эстетических систем классики и авангарда. «Исторические» и «современные» объекты как бы представляют разные цивилизационные срезы; они принципиально несопоставимы и предстают перед наблюдателем в объективном (абсолютном) контрасте, отличном от контраста художественного [9, с. 66].

Утверждение эстетики модернизма уничтожило единый общепринятый художественный вкус, основанный на классической традиции. В результате программного отрицания преемственности, свойственной советскому периоду, сформировалось несколько поколений архитекторов, для которых история зодчества превратилась в замкнутую в себе учебную дисциплину, оторванную от живого процесса проектирования, потерявшую значение энциклопедии актуальных форм, приемов и смыслов [10, с. 91]. Воспитываясь в убеждении, что «новое» всегда лучше «старого», большинство представителей профессии утратили то верное понимание пропорций, то высокое мастерство работы с архитектурной

деталью, которым в прошлом владели не только профессиональные зодчие, но и потомственные мастера-строители, создававшие «архитектуру без архитектора». Современный среднестатистический потребитель, который привык к невыразительной архитектурной среде, сформированной стандартными типовыми зданиями второй половины XX в., также не обладает чувством вкуса и меры, чувством прекрасного; ведь источники подобных визуальных ощущений должны сопутствовать человеку с детства. И когда в 1990-х гг. в стране вновь появился частный заказчик, а в архитектуре на волне постмодернизма в моду вошел историзм, оказалось, что прежние эстетические принципы формирования городской среды забыты. Характерная для тех лет архитектурная «всеядность», ставшая реакцией на унылое однообразное строительство позднего советского периода, порой принимала довольно нелепые формы – особенно в провинции. Низкий профессиональный уровень архитекторов, отсутствие квалифицированного государственного и муниципального контроля привела к появлению нового слоя диссонирующих объектов, разрушающих целостность ИАС. Претенциозные и безвкусные псевдоисторические стилизации активно вытесняют подлинную историческую застройку; проблема усугубляется тем, что потребитель уже не видит разницы между тем и другим. Как отмечает М.В. Нащокина, «в исторической среде под лозунгом «воссоздания» насаждается чудовищное поколение архитектурных мутантов» [11, с. 58].

Исторический центр малого (среднего) города – своего рода моноорганизм. Внедрение каждого чужеродного элемента здесь куда более разрушительно, чем в крупном городе, где подобных моноорганизмов множество, и соседство разных эстетических систем не столь критично. Небольшие по площади исторические центры малых городов с камерной по масштабу застройкой с точки зрения образного единства очень уязвимы. Фигурально выражаясь, хрупкое очарование ИАС может разрушить строительство единственного многоэтажного дома. Равно как и постепенное «вымывание» исторической застройки и ее замена сомасштабными, но эстетически неадекватными современными объектами.

Еще один важный фактор преобразований затрагивает архитектурные детали и отделочные материалы. Как известно, привнесённое авангардом очищение архитектурной формы, лишенной декора, поначалу воспринималось как нечто новое, острое, свежее, как желанное освобождение от тяжелых нагромождений поздней эклектики. Однако довольно скоро упрощение обернулось примитивизацией, усугубленной огромными, в сравнении с прошлы-

ми веками, объемами индустриального строительства. На фоне дефицита таких категорий красоты, как композиция, пропорции, ритм, тектоника, усилилась роль свойств отделочных материалов – яркости, цвета, блеска, фактуры, текстуры. По утверждению Р. Арнхейма, воздействие этих сильных зрительных раздражителей на психику несопоставимо сильнее, чем воздействие тектоники; при этом не требуется предварительное эстетическое воспитание потребителя [12, с. 315]. На основании подобных наблюдений российский ученый В.А. Попов пришел к выводу, что присущее современному строительству массовое применение сильных зрительных раздражителей (которое ранее сдерживалось природной скрытостью внутренней структуры веществ, труднодоступностью некоторых материалов и ярких красителей) спровоцировало психическую потребность в постоянном эмоциональном воздействии цвета, блеска, текстуры. Процесс замещения профессиональных средств архитектурной выразительности визуальными эффектами стал бессознательной реакцией на упрощение архитектурных объектов [13, с. 100].

Отметим, что перечисленные выше свойства современных отделочных материалов (яркие цвета, блестящие гладкие поверхности, богатые текстуры), несомненно, способствуют противопоставлению новых зданий историческим постройкам, даже если объемные параметры тех и других схожи. Например, простейшие по архитектуре объемы супермаркетов, имеющие яркое дизайнерское оформление, активно привлекают внимание, заставляя игнорировать другие объекты. При этом происходит своего рода подмена, психологическое упрощение, рассчитанное на массового потребителя. Если прежде внимание наблюдателя фокусировалось на архитектурной детали, эффектно выделявшейся на нейтральном фоне, то использование некоторых современных материалов, которые красивы сами по себе, предполагает иную эстетику, основанную на простоте и рациональности. Не этим ли объясняется непривлекательность, а порой и откровенная вульгарность новейшей псевдоисторической архитектуры? Попытка воплотить традиционные формы в новых материалах приводит к очевидным визуальным диссонансам. Так, архитектурные детали из современного утолщенного кирпича выглядят тяжеловесными и грубыми; тесаный и фигурный кирпич, широко применявшийся прежде, практически вышел из употребления. Идеально выровненные поверхности фасадов, излишне жесткие линии и углы, установленные в наружной плоскости стены пластиковые стеклопакеты окон уподо-

бляют здания плоским фанерным декорациям, а тиражированные детали, приклеенные к фасадам, еще больше усиливают этот эффект.

Кроме того, в малых и средних городах ассортимент отделочных материалов остается ограниченным, а слабые экономические возможности диктуют использование наиболее дешевых. Например, глухие металлические ограды и ворота, буквально уничтожающие целостный облик исторических улиц, гораздо экономичнее, чем деревянные.

И наконец, последняя причина потери визуальной гармоничности ИАС – размывание регионального архитектурно-градостроительного своеобразия, которое было результатом долгого поступательного развития, продуктом традиционной культуры. Региональная специфика складывалась в силу малой «подвижности» человека на планете и ограниченности культурных контактов. В XX в. под влиянием новых технологий, индустриальных методов, огромных объемов строительства массовое, типовое в архитектуре стало преобладать; уникальное же осталось прерогативой отдельных зданий – куда в большей степени, чем при кустарных, «хозяйственных» методах строительства прошлых веков [14].

Как уже отмечалось, в советский период облик малых и средних городов России сильно нивелировался. Черты общности начали преобладать над региональными и местными особенностями. Народное зодчество упростилось, а затем и полностью исчезло. В 1920-х гг. произошло уравнивание административного статуса всех городов Нижегородского Поволжья: и уездные города, и торгово-промышленные села, и заводские поселки стали равнозначными районными центрами. Практически повсеместно появились промышленные предприятия, в том числе крупные; в силу этого развитие ряда городов продолжилось уже на новых основаниях. Промышленное строительство повлекло за собой преобразование и развитие селитебных территорий (рабочие поселки 1920–1930-х гг., жилые кварталы 1950-х гг., микрорайоны 1960–1980-х гг.), которое сопровождалось разрушительным воздействием на ИАС. Вместе с тем, уже в 1970-х гг. были выделены города, обладавшие значимым архитектурным наследием, и города – центры традиционных художественных промыслов.

В середине – второй половине XX в. Нижний Новгород (в 1932–1990 гг. – Горький) позиционировался как важный пункт оборонной промышленности, машиностроения и металлообработки; в 1959–1990 гг. город был закрыт для иностранных граждан. Влияние центра региона на судьбы изучаемых

городов проявлялось двояко: с одной стороны, стимулировало их активный индустриальный и территориальный рост, с другой – не способствовало сохранению ИАС и культурного наследия в связи со слабым развитием внутреннего и отсутствием международного туризма.

В советский период типы городов, существовавшие в начале XX в. и рассмотренные в первой части статьи, трансформировались. Образовались новые типологические группы:

- промышленные центры с крупными предприятиями, сложившиеся на базе городов, накопивших значительный производственный потенциал к началу XX в. (Павлово, Выкса, Муром, Кинешма, Вязники) или получивших развитие в советский период (Арзамас, Балахна, Алатырь);

- центры сельской округи, совмещающие в себе административные, транспортные, обслуживающие и другие функции, необходимые для поддержания равномерной и плотной территориальной системы расселения (Богородск, Большое Мурашкино, Горбатов, Лысково, Ветлуга, Юрино, Юрьево, Ядрин, Козьмодемьянск);

- центры регионального туризма и/или художественных промыслов (Арзамас, Городец, Семенов, Гороховец, Муром, Касимов).

Следует отметить и изменение механизмов влияний – субрегиональных, межрегиональных и дистанционных. Если до начала XX в. субрегиональные и межрегиональные влияния преобладали, и это во многом формировало своеобразие ИАС (региональное и локальное), то за последнее столетие сильно возросло значение дистанционных влияний. Глобальное, универсальное стало проявляться гораздо мощнее, нежели локальное, идентичное. Образно говоря, заказчик ориентируется уже не на архитектуру ближайшего губернского города, а на каталог проектов из сети Интернет. Таким образом, если экономическое влияние крупного города на окружающие малые города на современном этапе развития сохраняется, то образно-стилевое влияние постепенно слабеет. Его воздействие осуществляется в основном через творческую деятельность архитекторов, представляющих региональные школы. Однако, несмотря на то что в 1990-е гг. Нижний Новгород являлся главным эпицентром средового подхода в российской архитектуре, в малых и средних городах региона этот метод проектирования, программно адаптивный по отношению к сложившемуся градостроительному контексту, развития не получил. В настоящее время архитектура рассматриваемых городов отличается крайней консервативностью, сохраняя ориентацию на частичный историзм – со все-

ми издержками, о которых говорилось выше. Также имеют место отдельные постройки неомодернистской направленности, активизировалось строительство коттеджей, архитектура которых не связана с местной спецификой.

Подчеркнем, что преобразование ИАС, которая является жизненной средой наших современников, остановить нельзя; однако в историко-культурном аспекте бессистемное и неконтролируемое обновление исторической застройки может иметь для малых и средних городов серьезные последствия, вплоть до полного обезличивания. Главные угрозы – отсутствие общей культуры уважения к историко-культурному наследию, низкий уровень архитектурных решений, самодовлеющий характер новых построек, противопоставленных окружению [6, с. 88–89]. «На переживаемом этапе гипертрофированного индивидуализма у проектировщика возрастает соблазн добиться оригинальности любой ценой, отвергая наличие окружения и задачи преемственности. Хаотическая картина наших городов свидетельствует о нарушении преемственности, об утере лейтмотива непрерывности» [15; 16, с. 31]. Действительно, за последнее столетие облик исторических городов, в том числе малых и средних, претерпел разительные изменения, грозящие стиранием культурной преемственности и наследственной памяти.

Выводы. Воздействие общих для всей страны факторов (идеологических, внутриполитических, экономических, культурных) повлекло за собой инволюционное преобразование историко-архитектурной среды малых и средних городов, характеризующееся следующими явлениями:

- на градостроительном уровне – нарушение исторически сложившейся композиции застройки и пространственно-видового каркаса архитектурных доминант и акцентов;

- на уровне открытых городских пространств – образование конгломератов композиционно не связанных разномасштабных и разнотипных построек;

- на уровне объектов архитектуры – массовое обветшание зданий и сооружений конца XVIII – начала XX в. (в том числе имеющих историко-культурную ценность) на фоне практически полного отсутствия эстетически выразительных произведений современной архитектуры и преимущественно диссонирующего характера новых построек.

Анализ развития и преобразования ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья в контексте актуальных проблем теории и истории архитектуры позволил установить, что констатируемая к началу XXI в. потеря визуальной гармоничности ИАС обусловлена:

- в аспекте проблемы традиций и новаций – прерыванием преемственного развития, сопровождающимся истончением пласта народного зодчества;

- в аспекте проблемы массового и уникального – разрушением исторически сложившейся иерархической структуры, баланса главного и второстепенного;

- в аспекте проблемы стиля и образа – конфликтом эстетических систем классики и авангарда;

- в аспекте проблемы глобального и регионального – размыванием регионального архитектурного своеобразия.

Изучение закономерностей формирования и развития ИАС как системы позволило выявить в этом длительном процессе завершённый жизненный цикл Нового и Новейшего времени, включающий две фазы: эволюционного формирования и инволюционного преобразования. Первая фаза соответствует «долгему XIX веку», позднему этапу Нового времени (конец XVIII – начало XX в.); вторая фаза согласуется с Новейшим временем (начало XX – начало XXI в.), с историческим развитием СССР и Российской Федерации. Границей между фазами являются революционные события 1917 г., положившие начало глобальным преобразованиям всех сфер жизни страны, включая преобразование ИАС. Установлено, что в фазе формирования ИАС постепенно приобретает структурность, целостность, сбалансированность всех компонентов в пределах территории, определенной генеральным планом или фактически обжитой. В фазе преобразования, под влиянием дальнейшего развития города, его роста, появления новых районов прежняя городская территория становится историческим центром, а ИАС испытывает «перерождение», характеризуемое, с одной стороны, массовым разрушением ее элементов в связи с их моральным и физическим износом, с другой же – активным появлением новых элементов, диссонирующих по отношению к системе в целом. Нарастание количества диссонансов приводит к качественным необратимым изменениям, и в итоге – к завершению жизненного цикла ИАС. Лишь отдельные, наиболее устойчивые элементы переходят в следующий жизненный цикл, включаясь в состав новой системы. Таким образом, жизненный цикл ИАС характеризуется совокупностью последовательных процессов: формирование – рост – расцвет – стагнация – преобразование – обновление (замена). Изучение процессов развития малых и средних городов Нижегородского Поволжья в конце XVIII – начале XXI в. в полной мере подтверждает эти исторические закономерности.

Данная статья выполнена в рамках темы по Плану ФНИ РААСН и Минстроя России на 2024 год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко И.А. О степенях организованности городской застройки // Теория в истории архитектуры и градостроительства: Публикации разных лет. Санкт-Петербург, 2017. С. 115–120.
2. Махаев В.Б. Уездный стиль: русская архитектура междуречья Волги и Оки. Саранск: ООО «Столичное рекламное агентство «Континент»; Издатель Костантин Шапкарин, 2014.
3. Гутнов А.Э., Лежава И.Г. Будущее города. М.: Стройиздат, 1977.
4. Иконников А.В. Искусство, среда, время (Эстетическая организация городской среды). М.: Советский художник, 1985.
5. Бондаренко И.А. Каркас и ткань города. Между твердым порядком и динамическим хаосом // Теория в истории архитектуры и градостроительства: Публикации разных лет. Санкт-Петербург, 2017. С. 48–58.
6. Лисицына А.В. Преобразование историко-архитектурной среды средних и малых исторических городов Нижегородской области в XX – начале XXI вв. // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2013. №2. С. 82–89.
7. Есаулов Г.В. «Третий пласт» в архитектуре юга России в XX веке // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2009. №3. С. 36–38.
8. Аполлон. Изобразительное и декоративное искусство. Архитектура: терминологический словарь / под общ. ред. А.М. Кантора. М.: Эллис Лак, 1997. Самодеятельное искусство. С. 535–536.
9. Щенков А.С. Реконструкция исторической мысли, 2013.
10. Филиппов М.А. «Московский стиль» // Архитектор и историческая городская среда / сост. С.С. Попадюк. М., 2000. С. 89–96.
11. Нащокина М.В. Исторические параллели, неутожительные выводы и вера в будущее // Архитектор и историческая городская среда / сост. С.С. Попадюк. М., 2000. С. 56–60.
12. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М.: Прогресс, 1974.
13. Попов В.А. Феномен народного творчества в городской архитектуре 1940-х – 1960-х годов // Альманах: Культура. Искусство. Реставрация. Ч. 3: Искусство. Санкт-Петербург, 2017. С. 94–101.
14. Лисицына А.В. Историко-архитектурная среда средних и малых городов Нижегородского Поволжья как феномен культурного наследия // Архитектон: известия вузов. 2014. № 1(45). С. 53–65.
15. Вавилонская Т.В., Карпенко А.В. Методические подходы к определению границ территорий малых исторических поселений // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 118–124. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.17.

16. Мюллер-Менкенс Г. Новая жизнь старых зданий: Непрерывность развития архитектуры. М.: Стройиздат, 1981.

REFERENCES

1. Bondarenko I.A. On the degree of organization of urban development. *Teoriya v istorii arkhitektury i gradostroitel'stva: Publikatsii raznykh let* [Theory in the history of architecture and urban planning: Publications of different years], 2017, pp. 115–120. (in Russian)

2. Makhaev V.B. *Uezdnyy stil': russkaya arkhitektura mezhdurech'ya Volgi i Oki* [County style: Russian architecture between the Volga and Oka rivers]. Saransk, LLC "Capital Advertising Agency" Continent ", Publisher Costantin Shapkarin, 2014.

3. Gutnov A.E., Lezhava I.G. *Budushchee goroda* [Future of the city]. Moscow, Stroyizdat, 1977.

4. Ikonnikov A.V. *Iskusstvo, sreda, vremya (Esteticheskaya organizatsiya gorodskoy sredy)* [Art, Wednesday, time (Aesthetic organization of the urban environment)]. Moscow, Soviet artist, 1985.

5. Bondarenko I.A. Frame and fabric of the city. Between firm order and dynamic chaos. *Teoriya v istorii arkhitektury i gradostroitel'stva: Publikatsii raznykh let* [Theory in the history of architecture and urban planning: Publications of different years], 2017, pp. 48–58. (in Russian)

6. Lisitsyna A.V. Transformation of the historical and architectural environment of medium and small historical cities of the Nizhny Novgorod region in the XX – early XXI centuries. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo* [ACADEMIA. Architecture and construction], 2013, no. 2, pp. 82–89. (in Russian)

7. Esaulov G.V. "The third layer" in the architecture of the south of Russia in the twentieth century. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo* [ACADEMIA. Architecture and construction], 2009, no. 3, pp. 36–38. (in Russian)

8. Apollon. *Izobrazitel'noe i dekorativnoe iskusstvo. Arkhitektura: terminologicheskii slovar' / pod obshch. red. A.M. Kantora* [Apollo. Visual and decorative arts. Architecture: terminological dictionary/under general ed. A.M. Kantor]. Moscow, Ellis Luck, Amateur art, 1997. pp. 535–536.

9. Shchenkov A.S. *Rekonstruktsiya istoricheskikh gorodov* [Reconstruction of historical cities]. Moscow, Monuments of historical thought, 2013.

10. Filippov M.A. "Moscow style". *Arkhitektori istoricheskaya gorodskaya sreda* [Architect and historical urban environment], 2000, pp. 89–96. (in Russian)

11. Nashchokina M.V. Historical parallels, disappointing conclusions and faith in the future. *Arkhitektori istoricheskaya gorodskaya sreda* [Architect and historical urban environment], 2000, pp. 56–60. (in Russian)

12. Arnheim R. *Iskusstvo i vizual'noe vospriyatie* [Art and Visual Perception]. Moscow, Progress, 1974.

13. Popov V.A. The phenomenon of folk art in urban architecture of the 1940 – 1960. *Al'manakh: Kul'tura. Iskusstvo. Restavratsiya. Ch. 3: Iskusstvo* [Almanac: Culture. Art. Restoration. Part 3: Art], 2017, pp. 94–101. (in Russian)

14. Lisitsyna A.V. The historical and architectural environment of medium and small cities of the Nizhny Novgorod Volga region as a phenomenon of cultural heritage. *Arkhitekton: izvestiya vuzov* [Architecton: university news], 2014, no. 1(45), pp. 53–65. (in Russian)

15. Vavilonskaya T.V., Karpenko A.V. Methodological Approaches to Determining the Borders of the Territories of Small Historical Settlements. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 118–124. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.17

16. Müller-Menckens G. *Novaya zhizn' starykh zdaniy: Nepreryvnost' razvitiya arkhitektury* [New Life of Old Buildings: Continuity of Architectural Development]. Moscow, Stroyizdat, 1981.

Об авторе:

ЛИСИЦЫНА Александра Владиславовна

доктор архитектуры, доцент, профессор кафедры архитектурного проектирования
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65
E-mail: av_lisitsyna@mail.ru

LISITSYNA Alexandra V.

Doctor of Architecture, Associate Professor, Professor of the Architecture Design Chair
Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya str., 65
E-mail: av_lisitsyna@mail.ru

Для цитирования: Лисицына А.В. Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 2 // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 75–83. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.11.

For citation: Lisitsyna A.V. Small and medium towns of Nizhegorodskoe Povolzhie region: in search of the lost harmony. Part 2. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 75–83. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.11.

Т. В. ВАВИЛОНСКАЯ
А. Г. ЛЫЗИНА

АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАК КРИТЕРИИ ИДЕНТИЧНОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ

THE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION FEATURES
AS A CRITERIA OF IDENTITY OF THE ORTHODOX CHURCHES

Рассматриваются архитектурно-конструктивные решения православных храмов Пензенского края, такие как приемы опирания яруса завершения на ярус основания, виды сводов. Обозначаются истоки возникновения, оценивается значение архитектурно-конструктивных решений как критериев идентичности, их роль в ее формировании. На каждом этапе развития выделяются типичные, уникальные и специфичные характеристики. На примерах анализируется прием пристенных угловых опор и способы его организации, прослеживается связь конструктивных приемов и габаритов храма.

Ключевые слова: православные храмы, критерии идентичности, конструктивные решения, столбы, своды, Пензенская область

The article discusses the architectural and constructional solutions of Orthodox churches in the region, including techniques for supporting the completion tier on the lower tier and types of vaults. It considers the origins of these solutions and evaluates the importance of their architectural and constructional aspects as criteria for identity, as well as their role in shaping the temple. At each stage of development, the article highlights typical, unique, and specific characteristics. Using examples, it analyzes the use of wall-mounted corner supports and their organization, as well as the connection between construction techniques and temple dimensions.

Keywords: orthodox churches, criteria of identity, constructive solutions, pillars, vaults, Penza region

Культовая архитектура – один из самых многочисленных видов историко-культурного наследия Пензенской области. Ни один вид архитектурных памятников не представлен в регионе в таком количестве объектов, и ни один из них не может сравниться по архитектурному разнообразию, охвату временных периодов, широте используемых стилей. В структуре всего наследия края православные храмы наиболее устойчивая и репрезентативная его часть, но в то же время наиболее хрупкая и невосребованная в небольших и умирающих селах [1].

Пензенская область, являясь территорией Поволжья, расположена во втором поясе областей вокруг Москвы. Территория освоена в конце XVII столетия, что обусловило включение ее в общероссийский культурный контекст с начала XVIII в. Это одна из причин того, что на территории края небольшое количество храмов XVIII в. и отсутствуют примеры предыдущих временных периодов. Базой исследования является вся храмовая архитектура на территории современной Пензенской области – как сохранившиеся памятники, так и утраченные, но широко представленные архивными данными. Ввиду исторических изменений террито-

риального деления [2], в работе по отношению к памятникам, возникшим на территории современной Пензенской области до 1917 г., применяется определение Пензенский край.

В современных исследованиях согласно преобладающим стилевым тенденциям отмечаются три основных этапа развития культовой архитектуры на территории края: XVIII в. – как период преобладания барокко, первая половина XIX в. – развитие и упадок классицизма, вторая половина XIX – начало XX в. – период развития направлений историзма, в том числе неорусского и византийского стилей [3 – 5]. С помощью сравнительного анализа в рамках этих трех периодов в работе прослеживается динамика изменений архитектурных решений.

В понятии «идентичность» исследователями выделяется два ракурса рассмотрения: выявление идентичности как тождественности при сравнении двух объектов или выявление внутренней идентичности объекта самому себе, сумме своих определяющих характеристик [6]. В рамках последнего подхода идентичность культовой архитектуры Пензенской области понимается в данной работе как совокупность типичных, специфичных и уникальных харак-

теристик каждого объекта, выявленных через сравнение со всем корпусом православного храмостроения региона [7]. Сумма и соотношение уникальных, типичных и специфичных характеристик иллюстрирует идентичность культовой архитектуры региона, определяет ее узнаваемость и уникальность.

На территории Пензенской области сохранились объекты православного храмостроения 1715 – 1914 гг., и, помимо аутентичности, непосредственной исторической ценности, критериями их идентичности являются такие архитектурные характеристики, как конструктивные особенности, объемно-пространственное и планировочное решение, стилевые и декоративные особенности, авторство архитектора [8]. Конструктивные особенности – один из основных факторов формирования идентичности архитектуры. От конструктивного решения объекта, его структурообразующих элементов зависит организация внешних визуально значимых качеств архитектуры – объемно-пространственных характеристик, формирующих ее облик. В исследовании рассматривается организация опирания яруса завершения на ярус основания, виды сводов центральной части храма.

На территории края в первые два периода, XVIII и первая половина XIX в., выявлено пять конструктивных решений или приемов опирания яруса завершения на ярус основания, из них два традиционных: с помощью *крестово-купольной системы* и *бесстолпное опирание*, менее распространенный прием с помощью *пристенных угловых опор* и отдельно выделяется малочисленный в крае прием постановки *цилиндрического свода на архитраве ряда колонн* в базиликальном зальном пространстве и представленный в начале XX в. единственным хра-

мом прием организации сводов центральной части храма на двух парах *пересекающихся арок*. Из них бесстолпное опирание яруса завершения получило наиболее широкое распространение и может быть охарактеризовано как типичное во все периоды развития культовой архитектуры края. Бесстолпное опирание восьмерика, ротонды или сводчатой конструкции на периметр стен четверика основания занимает 80 % от общего числа конструктивных решений храмов, построенных до второй половины XIX в. В этом варианте несущей конструкцией являются наружные стены храма.

Менее распространенная в крае – *крестово-купольная схема*. Если в XVIII в. сохранилась информация всего о двух крестово-купольных храмах (оба монастырские соборы), то в первой половине XIX в. – о восемнадцати объектах: губернский и уездные соборы, первые крупные усадебные храмы (рис. 1). За исключением нескольких соборов, построенных в первой четверти века (утраченный Преображенский собор г. Спасска, 1810 г., Спасо-Преображенский собор мужского монастыря г. Пензы, 1821 г.), крестово-купольные храмы, построенные до 1850-х гг. отличает большая общность архитектурного решения: центричность центральной части, крупномасштабность, массивность пропорций, что обусловлено использованием в этот период образцовых проектов. Конструктивно все они используют традиционную схему четырехстолпного крестово-купольного храма с пятью или, чаще всего в усадебных храмах, одной главой.

Использование крестово-купольной системы помимо репрезентативности внешнего облика позволило увеличить площадь и вместимость, что с увеличением сельского населе-



Рис. 1. Примеры крестово-купольных храмов 1830–1840-х гг.

Fig. 1. Examples of cross-domed churches from the 1830s to 1840

ния во второй половине XIX в. актуально и для обычного приходского храма. Крестово-купольная система, уникальная для края в XVIII – первой половине XIX в., со второй половины XIX в. также становится типичной для местных храмов, продолжает использоваться и будет максимально широко представлена в период роста площади сельских приходских храмов.

До середины XIX в. всего три храма с двумя продольными рядами колонн, несущими цилиндрический свод центрального нефа, относятся к группе храмов с *цилиндрическим сводом центрального нефа на архитраве*. Перекрытие центрального нефа как цельного зала и боковых нефов как череду отдельных независимых ячеек (или общего плоского перекрытия) представляет в единичных примерах местную провинциальную трактовку базиликальности в интерьере и является своеобразным и специфичным решением для храмов края. Отвечающие вкусам конкретных знатных заказчиков эти примеры не могли быть широко востребованы именно из-за их нестандартного образа, относящегося к западноевропейскому типу храма, транслируемому из Петербурга в провинцию. Это такие храмы, как Покровская церковь села Долгоруково (1766 г.), Введенская церковь села Хованщина (1818 г.), Знаменская церковь села Знаменское (1842 г.) (рис. 2). Все перечисленные примеры характеризует продольное построение трехнефного многостолпного пространства с доминирующим по высоте центральным нефом, перекрытым большим цилиндрическим сводом по архитравным балкам, кроме ранней церкви села Долгоруково, в которой центральный неф перекрыт крестовыми сводами, копируя главный образец того времени Петропавловский собор Петербурга.

Уникальным решением, отсутствующим в XVIII в. и появившимся впервые в крае в первом десятилетии XIX в., является организация опирания яруса завершения не только на наружные стены, но и на *внутренние примыкаю-*

щие к стенам угловые опоры. Угловые пристенные опоры, как переходный от бесстолпного к крестово-купольному конструктивный прием, заимствован в византийской архитектуре и встречается в русских храмах в средние века [9]. Этот прием позволял без создания отдельных стоящих столпов увеличить внутреннюю площадь центральной части храма, имитировать небольшими средствами парадность крестово-купольного пространства, увеличить несущую способность наружных стен [10].

Появляясь в столичных образцовых альбомах как 1824 г., так и альбомах Константина Тона 1838, 1844 гг. [11, лист. 5–6, 8, 11; 12, лист. 1, 3], прием пристенных угловых опор транслируется в провинцию и во второй половине XIX в. становится широко используемым. Угловые пристенные опоры помимо основного приема выступающих из плоскости стены угловых прямоугольных пилонов значительной толщины, несущих пристенные подпружные арки, встречаются в храмах на территории области в следующих вариациях:

- сформированные внутренними углами боковых притворов крестового в плане храма;
- диагональные угловые расширения стен, продолжающие на всю высоту стены модуль тромпа восьмерика завершения или переходящие в диагональные лотки сомкнутого свода.

Первые храмы рассматриваемого периода, ярус завершения которых опирается на угловые опоры, – это крестовые в плане с боковыми притворами усадебные храмы. В этом случае угловые опоры являются аналогами столпов крестово-купольного храма без угловых ячеек в плане. В конструктивном решении во всех случаях присутствуют подпружные арки, паруса, барабан ротонды и цилиндрический свод боковых притворов.

Основной вариант пристенных угловых опор храмов первой половины XIX в. и наиболее широко представленный позднее, в небольших по площади храмах второй полови-

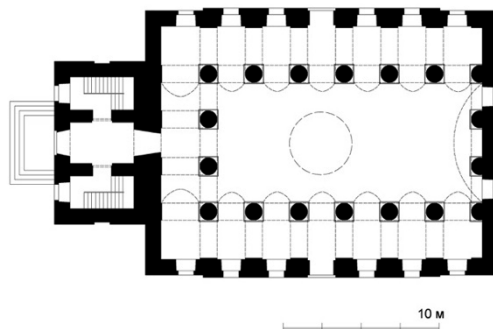


Рис. 2. Интерьер и план Знаменской церкви, с. Знаменское, 1842 г.
Fig. 2. Interior and plan of the Znamenskaya church of the Znamenskoye village, 1842

ны века, – пристенные столпы на всю высоту стены четверика, сечение которого сформировано проекцией основания двух подпружных арок (пят арок). В пространстве привычного четверикового храма на пристенные угловые столпы опираются подпружные арки, толщина которых формирует «короткие рукава» крестово-купольной системы. В Покровском храме села Засечное (1846 г.) пристенные угловые опоры являются прямым продолжением двух пят расположенных перпендикулярно пристенных подпружных арок, образуя в плане многоугольник. В Никольском храме села Чернопоселье (1839 г.) пристенные угловые опоры представляют собой массивные столпы прямоугольного сечения, объединившего многоугольную проекцию двух пят подпружных арок (рис. 3, а).

Третий вариант построения пристенных опор – диагональное расширение стен в углах четверика. Плоскости диагоналей являются продолжениями плоскостей диагональных лотков сомкнутого свода перекрытия. В Никольском храме села Казарка (1833 г.), в двусветном четверике широкие угловые диагональные расширения стен переходят в лотки сомкнутого свода. Пристроенные позже боковые притворы не меняют конструктивное решение центральной части, только пространственно расширяя его (рис. 3, б).

Помимо приема опирания яруса завершения на ярус основания, основной архитектурно-конструктивной характеристикой, формирующей образ храма, является *тип свода* центральной части храма. Своды бесстолпного храма и храма с пристенными опорами XVIII – первой половины XIX в. представлены четырьмя типами: сомкнутым, восьмилотковым, купольным и коробовым. Сомкнутый свод является доминирующим в этот период. Для иллюстрации общего соотношения к сравнению добавлены значения по крестово-купольным

храмам и конструктивному переходу в виде тромпов и парусов (рис. 4). Большое число парусных тромпов в первой половине XIX в. отражает появление и широкое распространение в крае храмов с ротондой второго яруса.

Во второй половине XIX в., третьем рассматриваемом периоде, из-за роста объемов строительства в два раза увеличивается количество храмов [13]. Прием постановки *цилиндрического свода на архитравную балку* рядов колонн базиликального храма продолжает быть редким явлением, не востребованным на территории консервативного провинциального края – всего два объекта. Основным конструктивным решением остается *бесстолпное*, ввиду привычности и относительной простоты возведения. Как было отмечено выше, увеличивается использование *крестово-купольной системы*, что связано с распространением русско-византийского стиля, образцовых проектов соборного типа храма архитектора К. Тона и требованиями большей вместимости не только городских, но и сельских приходских храмов. Храмы с *пристенными угловыми опорами* наравне с бесстолпными в этот период востребованы в ситуациях, с одной стороны, небольших сел или небольшого финансирования, с другой – как более сложный, но выразительный прием в авторских проектах местных архитекторов, выбирается для строительства приходскими и владельцами усадеб (или благотворителями), способными оценить его преимущества [14].

Угловые расширения стен в качестве дополнительной опоры для сводов или барабана завершения в различных вариациях встречаются как в небольших по размеру, так и крупных по площади, но бесстолпных храмах, нуждающихся в повышении несущей способности стен для перекрытия обширного центрального пространства, в этом случае используется основной прием организации

а



б



Рис. 3. Примеры пристенных угловых опор в интерьерах центральной части храма:

а – Покровский храм с. Засечное, 1846 г., Никольский храм с. Чернопоселье, 1839 г.;

б – Никольский храм с. Казарка, 1833 г.

Fig. 3. Examples of wall-mounted corner supports in the interiors of the central part of the temple:

а – Pokrovsky church of the Zasechnoye village, 1846, St. Nicholas Church of the Chernoposelye village, 1839;

б – St. Nicholas Church of the Kazarka village, 1833

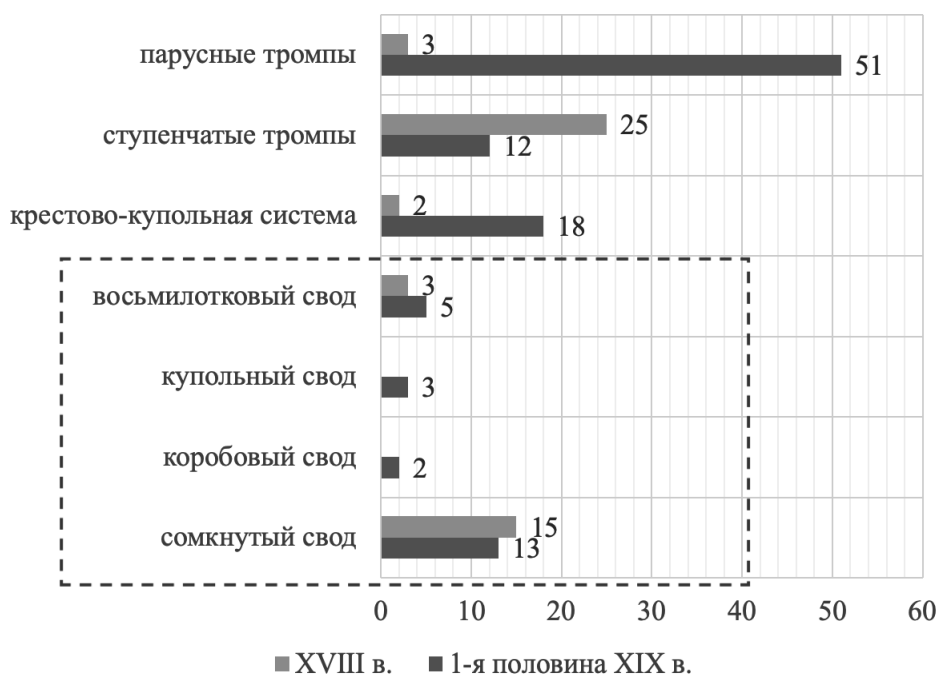


Рис. 4. Соотношение конструктивных решений в храмах XVIII – первой половины XIX в.

Fig. 4. The proportion of constructive solutions of temples from the 18th – first half of the 19th century

пристенных опор с пристенными подпружными арками. Собор Вознесения Господня г. Кузнецка – один из первых примеров крупномасштабного храма с пристенными угловыми опорами, построенный в период распространения русско-византийского стиля. Начало строительства собора – 1842 г. с использованием (с исправлениями) проекта Константина Тона Богоявленской церкви в Саратове [15]. Пятнадцать метров ширины подкупольного центрального пространства перекрыто впервые примененным в крае сводом в виде конуса, на который установлен барабан центральной световой главы (табл. 1). Сужающийся на конус цилиндр перехода к барабану встречается ранее в проектах Тона, например в Екатерининской церкви в Петергофе. Поддерживают конус свода подпружные арки, переходящие в угловые пристенные опоры. Та же схема четверикового храма с пристенными угловыми опорами и подпружными арками используется в утраченных храмах середины XIX в.: Казанской церкви г. Сердобска, 1857 г., церкви Михаила Архангела с. Чернышево, 1859 г., Тихвинском храме г. Сердобска, 1861 г., Троицкой церкви г. Кузнецка, 1862 г. В качестве образца используется архитектура территориально близкого собора Вознесения уездного города Кузнецка. Все они характеризуются близкими соотношениями пропорций завершения и четверика основания, позволяющими предположить, как в образце, наличие внутренних пристенных опор.

В малых по площади храмах применяются *диагональные угловые расширения стен*. Сочетающий в себе традиционность двусветного четверика с сомкнутым сводом и одной световой главой этот тип храма использует в качестве пристенных опор диагональные угловые расширения стен, усложняющие интерьер и акцентирующие центричность подкупольного пространства. Примерами небольшого по площади центральной части компактного четверикового типа храма, основанного на образцовом проекте и востребованного на всем протяжении второй половины XIX в., являются Никольский храм села Русский Пимбур, 1874 г., Казанский храм села Николо-Райское, 1888 г., храм Дмитрия Солунского села Выборное, 1900 г. В Никольском и Казанском храме угловые расширения переходят в диагональные лотки сомкнутого свода, в храме Дмитрия Солунского – в парусные тромпы, поддерживающие купольный свод перекрытия.

В истории пензенских храмов использование пристенных опор не всегда было удачным. Компактный центричный Никольский храм села Верхний Шкафт строился с 1851 г. на участке с перепадом высот более полутора метров. При толщине 0,86 м наружных стен и габаритных размерах центральной части 13,5х11,5 м во вступившем своде появились трещины. В 1866 г. была сооружена система из четырех столбов и арок, снявших часть нагрузки свода и завершения с наружных стен и пристенных

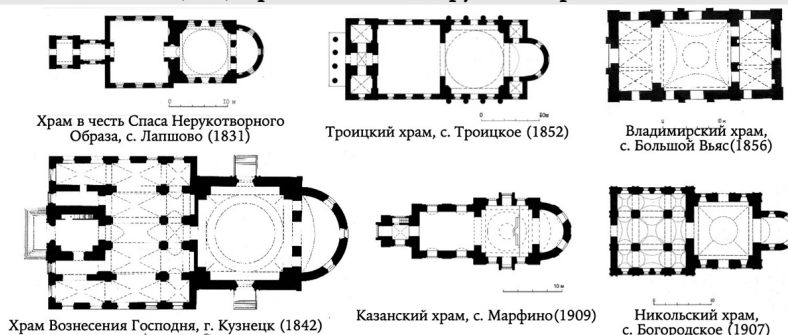
угловых опор. Близким к нему по объемно-планировочному решению, но более удачным примером конструктивного решения является Владимирский собор Вьясского женского монастыря, 1856 г. В этом храме пристенные угловые опоры и подпружные арки также несут впарушенный свод со световой главой, но увеличенная толщина всех стен в 1,5 м при внутренних габаритных размерах 12х12 м позволила организовать свободное пространство центральной части и впечатляющее парящее перекрытие свода со световым барабаном в центре (см. табл. 1).

Особым примером храма, не укладывающимся в привычную схему пристенных опор, является Введенская церковь села Низовка, 1889 г. В этом храме пристенные опоры не являются угловыми, а расположены на расстоянии от углов четверика. Две пары пересекающихся арок, переходящие в пристенные опоры, являются основой конструкции перекрытия четверикового объема с восьмериком меньшего диаметра с шатром, что позволило увеличить площадь четверика – яруса основания. Этот единожды встречающийся специфичный для

Таблица 1. Примеры планов храмов на территории Пензенской области с пристенными угловыми опорами
Table 1. Examples of temple plans in the Penza region with corner piers

Примеры планов храмов на территории Пензенской области с пристенными угловыми опорами

Пристенные столпы, сечение которых сформировано проекцией основания (пят) пристенных подпружных арок



Пристенные угловые столпы, сформированные «внутренними углами» стен боковых притворов центральной части



Пристенные угловые столпы в виде диагонального расширения стен в углах четверика



храмов края прием *перекрещивающихся арок* восходит к архитектуре армянских гавитов XIII столетия, в конце XIX в. успешно начал применяться в столичных храмах, но в железобетоне [16]. В рассматриваемой Введенской церкви попытка удалась не до конца, поставить кирпичное световое завершение не решились, распор оказался слишком велик, восьмерик был возведен в дереве [14]. Сельская церковь строилась четырьмя архитекторами края в течение двадцати лет и стала примером своеобразного конструктивного решения, оставшегося специфичным для местного храмостроения и не получившего продолжения.

В начале XX столетия в сельских приходах края снова востребован небольшой бесстолпный одноглавый храм, но в отличие от середины века в этот период и в небольших по площади центральной части бесстолпных храмах используются *пристенные угловые опоры* прямоугольного сечения с опирающимися на них пристенными подпружными арками. В кладбищенской церкви Архистратига Михаила села Нижний Ломов, 1901 г. в меньшем масштабе (габаритные размеры пространства центральной части всего 6,5 м) подпружные арки и пристенные опоры формируют уже ставшую типичной конструктивную схему. С 1907 по 1913 гг. еще в четырех бесстолпных храмах края используются пристенные угловые опоры с пристенными подпружными арками (см. табл. 1).

Схема пристенных угловых опор с пристенными подпружными арками к началу XX в. становится типичной и востребованной в храмах Пензенского края различного масштаба и габаритов – от небольших кладбищенских храмов-часовен до вместительных приходских храмов (рис. 5).

Во второй половине XIX в. значительно увеличилось число используемых вариантов *сводов* в бесстолпных храмах и храмах с пристенными угловыми опорами. На сегодняшний день сохранилась информация о десяти типах сводов в двух разновидностях – прорезанный световым барабаном яруса завершения (световой) и в глухом исполнении (рис. 6). Интересно, что купольный свод как основание и переход к барабану световой главы наиболее широко используется в храмах края в начале XX столетия, можно сказать, что произошел отбор оптимального набора конструктивных элементов, формирующих прием пристенных угловых опор с пристенными подпружными арками – этот ставший привычным для храмовой архитектуры второй половины XIX в. синтез крестово-купольной и бесстолпной конструктивных систем.

Таким образом, основным типичным архитектурно-конструктивным решением на всем протяжении существования храмовой архитектуры на территории края является бесстолпный прием опирания яруса завершения на ярус основания, когда несущей конструкцией является

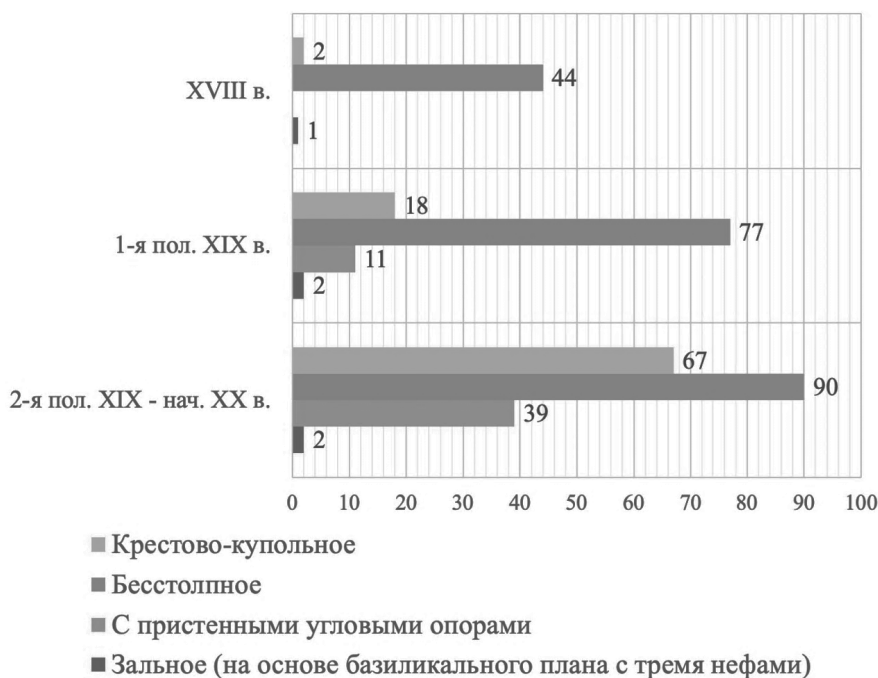


Рис. 5. Соотношение архитектурно-конструктивных решений храмов по временным периодам

Fig. 5. The proportion of constructive solutions in temples by period

периметр наружных стен. *Крестово-купольная схема*, представленная по имеющимся данным в XVIII в. всего двумя объектами, в первой половине XIX в. – восемнадцатью храмами, во второй половине XIX в. переходит в разряд освоенных и востребованных приемов, становится типичной характеристикой местного храмостроения, присутствующей не только в уездных соборах и в храмах сел крупных помещиков, но и в рядовых сельских храмах края. Конструктивное решение *пристенных угловых опор*, отсутствовавшее в XVIII в., появившееся впервые в первом десятилетии XIX в. и являвшееся уникальным для первой половины XIX в., с середины века транслируется из столицы и начинает применяться в храмах края в различных вариантах, переходя к концу XIX

столетия в разряд типичных конструктивных решений. Специфическим приемом организации пространства и конструктивным решением его перекрытия, в единичных примерах присутствовавшим в храмах края, во все периоды является перекрытие *цилиндрическим сводом на архитраве*, опирающимся на два ряда столпов трехнефного базиликального зального пространства храма. Ориентированный на западные образцы этот прием, представленный усадебными храмами, остается разовым явлением. Представленный единственным храмом, экспериментальным по своей сути для местного храмостроения, прием перекрещивающихся арок – также является специфичной характеристикой местного храмостроения (табл. 2).

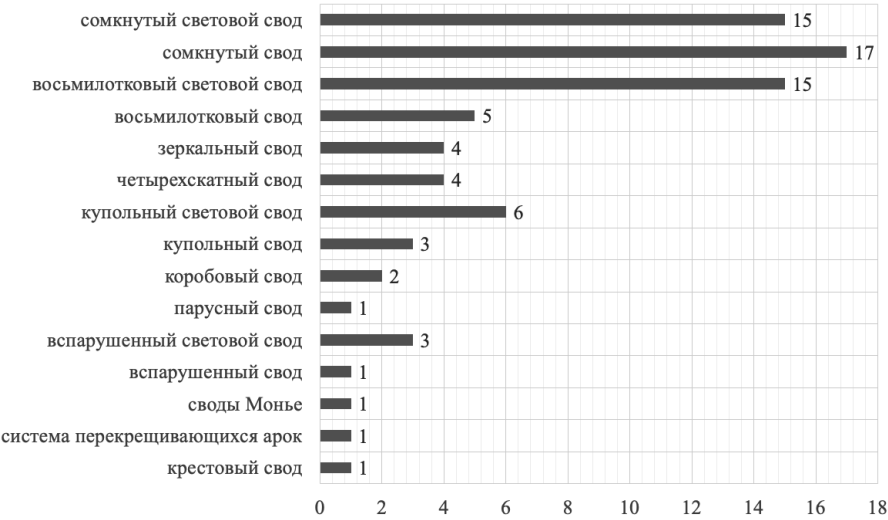


Рис. 6. Соотношение типов сводов второй половины XIX в.
Fig. 6. The ratio of vault types in the second half of the 19th century

Таблица 2. Классификация архитектурно-конструктивных решений православных храмов Пензенской области
Table 2. Classification of the constructive solutions of Orthodox churches in the Penza region

Критерий идентичности/ Период	Конструктивное решение		
	уникальное	типичное	специфичное
XVIII в.	Крестово-купольное	Бесстолпное	Многостолпный (базиликальный) с цилиндрическим сводом на архитраве
1-я пол. XIX в.			
2-я пол. XIX – начало XX в.	С угловыми пристенными опорами	Крестово-купольное	С перекрещивающимися арками
		С угловыми пристенными опорами	

Вывод. Идентичность культовой архитектуры края в архитектурно-конструктивном решении заключается в преобладании на всех этапах развития *бесстолпного* приема опирания и своеобразности, специфичности для храмов Пензенского края *архитравного приема в базиликальном пространстве*. Уникальность *кресто-во-купольной системы* и приема *прстенных угловых опор* к концу XIX в. нивелируется, и оба этих конструктивных решения переходят в разряд типичных. Таким же специфичным, как прием опирания цилиндрического свода на общую для центрального нефа архитравную балку, является прием *пересекающихся арок*. Оба своеобразных приема представлены единичными объектами, не получают дальнейшего развития в архитектуре края и остаются специфичными характеристиками местного храмоустройства.

Рассмотрение конструктивных приемов в контексте их развития позволяет сделать общий вывод, что архитектура православных храмов Пензенской области характеризуется приверженностью к опробованным и простым конструктивным решениям, которые в каждый период их развития являясь фоновыми для редких уникальных и специфических приемов, таким образом формируют идентичность культовой архитектуры края – явления глубоко традиционного и этим самобытного.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лызина А.Г. Казакова Д.В. Состояние православных храмов Пензенской области // Молодой ученый. 2015. № 7 (87). С. 1119–1122.
2. Хвощев А.Л. Очерки по истории Пензенского края. Пенза: Гос. изд-во, Пензенское отд., 1922. 150 с.
3. Дворжанский А.И. Памятники церковной архитектуры Пензенского края // Пензенский временник любителей старины. 2004. Вып. 14. С.18–30.
4. Лапшина Е.Г., Рачкина Н.Г. Альбом чертежей памятников архитектуры, истории и культуры Пензенского региона. Ч. 2. Культовое зодчество. Пенза: ПГУАС, 2014. 76 с.
5. Оя Я.В. Архитектура храмов Пензенской губернии в XVIII – первой половине XIX вв.: дис. ... канд. арх. М., 2000. 232 с.
6. Философия: энциклопедический словарь / под ред. А.А. Ивина. М.: Гардарики, 2004. 1072 с.
7. Лызина А.Г. Комплексный анализ и концепция ревитализации объектов православной храмовой архитектуры на примере Пензенской области // Александр Невский: Запад и Восток, историческая память народа: материалы Восьмых региональных Рождественских образовательных чтений. Пензенская духовная семинария Пензенской Епархии Русской Православной Церкви, 2021. С. 59–66.
8. Лызина А.Г. Культовая архитектура Пензенской области как визуальный код местной идентич-

ности // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, № 2(47). С. 77–82. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.11.

9. Альтицеллер Б.Л. Памятники зодчества Московской Руси второй половины XIV – начала XV в. (новые исследования): дис. ... кандидата архитектуры. М., 1978. 173 с. + Прил. (43 с.: ил.).

10. Трушников А.В. Древнерусские храмы с пристенными угловыми опорами (кон. XIV – нач. XV в.). Происхождение типа в контексте византийской и балканской архитектуры // Актуальные проблемы теории и истории искусства. 2010. №1. С. 124–132.

11. Собрание планов, фасадов и профилей для строения каменных церквей. СПб.: типография Медицинского департамента Министерства Внутренних дел, 1824. 146 с.

12. Тон К.А. Церкви, сочиненные архитектором его императорского величества, профессором архитектуры Императорской Академии художеств и членом разных иностранных академий Константином Тоном. Санкт-Петербург, 1838. 17 л. черт.: ил.; 55 см.

13. Попов А.Е. Церкви, причты и приходы Пензенской епархии. Пенза: Тип. губ. правления, 1896. 272 с.

14. Дворжанский А.И. Храмы Пензенской области: иллюстрированный каталог. Пенза: Артмастер, 2020. Т. 2. 615 с.

15. Проект церкви Воскресения Христова. План, фасады, разрез, 1842 год // РГИА. Ф. 1488. Оп. 3. Д. 1067. Л. 1–2.

16. Кириченко Е.И. Русский стиль: Поиски выражения национальной самобытности, народность и национальность, традиции древнерусского и народного искусства в русском искусстве XVIII – начала XX века. М.: БуксМАрт, 2020. 579 с.

REFERENCES

1. Lyzina A.G. Kazakova D.V. The state of the Orthodox churches in the Penza region. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], 2015, no. 7 (87), pp. 1119–1122. (in Russian)
2. Khvoshchev A.L. *Ocherki po istorii Penzenskogo kraia*. [Essays on the History of the Penza Region]. Penza, State Publishing House. Penza branch, 1922. 150 p.
3. Dvorzhanskii A.I. Church architecture monuments of the Penza region. *Penzenskii vremennik lyubitelei stariny* [Penza temporary residence of lovers of antiquity], 2004, iss. 14, pp. 18–30. (in Russian)
4. Lapshina E.G., Rachkina N.G. *Al'bom chertezhei pamiatnikov arkhitektury, istorii i kul'tury Penzenskogo regiona*. CHast' 2. *Kul'tovoe zodchestvo* [Album of drawings of monuments of architecture, history and culture of the Penza region. Part 2. Cult architecture]. Penza, PGUAS, 2014. 76 p.
5. Oya Ya.V. *Arkhitectura khramov Penzenskoi gubernii v XVIII i pervoi polovine XIX vv.* Cand, Diss. [Temples Architecture of the Penza province in the 18th and first half of the 19th centuries. Cand. Diss.]. Moscow, 2000. 232 p.
6. Ivin A.A. *Filosofia: Entsiklopedicheskii slovar'* [Philosophy: An Encyclopedic dictionary]. Moscow, Gardariki, 2004. 1072 p.

7. Lyzina A.G. Complex analysis and the concept of revitalization of Orthodox temple architecture objects on the example of the Penza region. *Aleksandr Nevskiy: Zapad i Vostok, istoricheskaya pamyat' naroda: materialy Vos'mykh regional'nykh Rozhdestvenskikh obrazovatel'nykh chteniy* [Alexander Nevsky: West and East, historical memory of the people: materials of the Eighth Regional Christmas Educational Readings]. Penza Theological Seminary of the Penza Diocese of the Russian Orthodox Church, 2021. pp. 59–66. (In Russian).

8. Lyzina A. G. Religious architecture of the Penza region as a visual code of local identity. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban construction and architecture], 2022. no. 2(47), pp. 77–82. DOI: 10.17673/10.17673/Vestnik.2022.02.11

9. Altshuller B.L. *Pamiatniki zodchestva Moskovskoi Rusi vtoroi poloviny XIV – nachala XV vekov (novye issledovaniia)*. Cand. Diss. [Architectural monuments of Moscow Rus of the second half of the XIV – early XV centuries (new research) Cand. Diss.]. Moscow, 1978.

10. Trushnikova A.V. Old russian cross-domed churches with corner piers in the late 14th – early 15th centuries. On the origins of the architectural type in the context of Byzantine and Balkan architecture. *Aktual'nye problemy teorii i istorii iskusstva* [Current problems of the theory and history of art], 2010, no. 1, pp. 124–132. (in Russian)

11. *Sobranie planov, fasadov i profilei dlia stroeniia kamennykh tserkvei*. [Collection of plans, facades and profiles for the construction of stone churches]. St. Petersburg, printing house of the Medical Department of the Ministry of Internal Affairs, 1824. 146 p.

12. Ton K.A. *Tserkvi, sochinennye arkhitektorom ego imperatorskogo velichestva, professorom arkhitektury Imperatorskoi Akademii khudozhestv i chlenom raznykh inostrannykh akademii Konstantinom Tonom*. [Churches composed by His Imperial Majesty's architect, Professor of architecture at the Imperial Academy of Arts and member of various foreign academies Konstantin Ton]. St. Petersburg, 1838. 17 p.

13. Popov A.E. *Cerkvi, prichty i prihody Penzenskoi eparhii* [Church, the clergy and parishes of the Diocese of Penza]. Penza, Printing house of the provincial government, 1896. 272 p.

14. Dvorzhansky A.I. *Khramy Penzenskoi oblasti: illiustrirovannyi katalog*. [Temples of the Penza region: an illustrated catalog]. Penza, Artmaster, 2020, vol. 2. 615 p.

15. *Proekt tserkvi Voskreseniia Khristova. Plan, fasady, razrez, 1842*. [The project of the Church of the Resurrection of Christ. Plan, facades, section, 1842]. RGIA. F. 1488. Op.3. d.1067. list. 1–2.

16. Kirichenko E. I. *Russkii stil': Poiski vyrazheniia natsional'noi samobytnosti, narodnost' i natsional'nost', traditsii drevnerusskogo i narodnogo iskusstva v russkom iskusstve XVIII – nachala XX veka*. [Russian style: the search for expression of national identity and traditions of ancient Russia and folk art in the Russian art of the 18th – early 20th century]. Moscow, BooksMArt, 2020. 579 p.

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

ЛЫЗИНА Анна Григорьевна

старший преподаватель кафедры дизайна и художественного проектирования интерьера Пензенский государственный университет архитектуры и строительства 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28 E-mail: annlyzina@yandex.ru

VAVILONSKAYA Tatyana V.

Doctor of Architecture, Associate Professor, Head of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: baranova1968@mail.ru

LYZINA Anna G.

Senior Lecturer of the Interior Design and Art Design Chair Penza State University of Architecture and Construction 440028, Russia, Penza, German Titova str., 28 E-mail: annlyzina@yandex.ru

Для цитирования: Вавилонская Т.В., Лызина А.Г. Архитектурно-конструктивные особенности как критерии идентичности архитектуры православных храмов // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 84–93. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.12.

For citation: Vavilonskaya T.V., Lyzina A.G. The architectural and construction features as a criteria of identity of the orthodox churches. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 84–93. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.12.

А. С. ТАНКЕЕВ
П. А. ПОПОВ
Е. А. ЧЕРНЫШЕВА

ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО ОБЛИКА КРАСНОКИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ КОНЦА XIX – НАЧАЛА XX ВЕКА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

PROBLEMS OF RECONSTRUCTION AND PRESERVATION OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL APPEARANCE OF REDBRICK BUILDINGS OF EDUCATIONAL INSTITUTION OF THE END OF XIX – BEGINNING OF XX CENTURIES OF THE CITY OF VORONEZH

Рассматривается возникновение и развитие «кирпичного» стиля, его влияние на архитектуру зданий. Определены причины, по которым данный стиль получил свою популярность и применялся в массовом строительстве зданий и сооружений. В качестве примера приведены здания объектов культурного наследия города Воронежа, принадлежащие учебным заведениям, некоторые из которых до сих пор сохраняют свою первоначальную функцию учебного заведения. При исследовании был сделан вывод о том, почему здания, выполненные в «кирпичном» стиле, должны быть сохранены, определена их ценность в архитектурно-планировочной структуре города и историко-культурная значимость зданий при формировании архитектурного облика улиц. Сделаны выводы о проблемах реконструкции городской территории в исторически сложившейся застройке и сохранении объектов культурного наследия в условиях изменения уличного пространства при строительстве современных зданий. Даны краткие рекомендации, которые позволят избежать ряда проблем при проектировании новых зданий в условиях исторически сложившейся застройки городов.

Ключевые слова: «кирпичный» стиль, реставрация, объект культурного наследия, учебные заведения, проблемы реконструкции, историческое открытие

This article identifies emergence and development of «brick» style, its influence on architecture of buildings. The reasons for which this style got its popularity and was used in the mass construction of buildings and structures have been determined. As an example, the buildings of objects of cultural heritage of the city of Voronezh, belonging to educational institutions, some of which still retain their original function of an educational institution. The research concluded that the buildings, made in «brick» style, should be preserved, their value in the architectural and planning structure of the city and the historical and cultural significance of buildings in the formation of the architectural appearance of streets was determined. Conclusions were made about the problems of reconstruction of the urban area in the historical development and preservation of cultural heritage objects in the conditions of changing the street space during the construction of modern buildings. Brief recommendations are given, which will avoid a number of problems when designing new buildings in the conditions of historical urban development.

Keywords: «brick» style, restoration, cultural heritage object, educational institutions, reconstruction problems, historic discovery

Введение

«Кирпичный» стиль в архитектуре получил своё развитие в России к концу XIX столетия в 1870–1890 гг., предшествовав «русскому» стилю, и был определён А.К. Красовским (1817–1875) как «рациональная архитектура». В полной мере высказывания А.К. Красовского были проанализированы российским историком Е.И. Кириченко (1931–2021) в книге «Русская ар-

хитектура 1830–1910-х годов». А.К. Красовский писал, что главным источником архитектурных форм должна являться техника и конструкция [1, с. 159–169]. В свою очередь, архитектор делит «рационалистов» на рационалистов-эстетиков, отдающих предпочтение искусству форм в архитектуре, и на рационалистов-техников, определяющих главным в архитектуре конструкцию, т. е. конструктивная форма здания определяется из его назначения. Но именно

рационалисты-техники, опираясь на материал и конструкции, привнесли в мир архитектуры «кирпичный» стиль.

В отличие от других способов сооружения зданий, постройки из красного кирпича определяются относительной дешевизной, прочностью материала и ускоренными сроками строительства заданий, которым затем не требуется ремонт в течение долгого времени при эксплуатации. Массовое строительство из кирпича обуславливается и климатическими особенностями. По итогу, в «кирпичном» стиле застраивались города и провинции, его массово использовали при строительстве школ, больниц, жилых домов, промышленных сооружений и общественных зданий [2, 3]. Использовался цветной и фасонный кирпич. Главной архитектурной и выразительной чертой стала рельефная кирпичная кладка, способов укладки которой множество. Фактура и цвет кирпича также играли главную роль, придавая зданиям выразительность [4, 5, с. 147–157]. В качестве орнамента часто использовались мотивы народной вышивки.

Главным представителем «кирпичного» стиля был архитектор И.С. Китнер (1839–1929), применявший в своих архитектурных работах европейский стиль. Таким образом «кирпичный» стиль вбирает в себя устоявшиеся стили прошлого, преимущественно европейские, такие как восточно-мавританский, готический, ренессанс [6].

Основная часть

Исследуя архитектуру учебных заведений города Воронежа, построенных в «кирпичном» стиле, было определено, что при проектировании зданий архитекторы использовали типовые проекты школ и в большинстве случаев учебные здания имели Г-образную форму плана или же образовывали её после достройки отдельных частей здания [7]. При исследовании темы в Воронеже было насчитано 10 краснокирпичных зданий учебных заведений, большинство из которых сохранило до настоящего времени свою первоначальную функцию учебного заведения, но будут рассмотрены лишь некоторые из них. Темп строительства зданий с применением данного стиля в городе Воронеже возрастал в результате культурного и в особенности экономического развития Воронежской губернии. Увеличивалось и число кирпичных заводов, повысивших производство керамического кирпича в несколько раз, среди которых были как крупные, так и мелкие предприятия. Чтобы выделить свою продукцию среди массы других предприятий, на кирпичах оставляли

клеймо с сокращением названия завода или имени того, кто его основал. Особое признание «кирпичный» стиль получил в строительстве жилых и учебных зданий.

Одним из первых краснокирпичных учебных зданий в Воронеже было здание *Реального училища*, построенное в 1877–1878 гг. на улице Студенческой, д. 36 (бывшая Грузовая, или Капустинская улица) (рис. 1). Проект двухэтажного здания был составлен харьковским архитектором К.А. Толкуновым (1815–1883), в оформлении фасадов были использованы формы романо-готической архитектуры. Подтверждением этому являются завершения фасадов щипцами с башенками. Здание пострадало во время Великой Отечественной войны, и в период послевоенного восстановления в 1940-е гг. было надстроено два дополнительных этажа. Во время надстройки была сохранена композиция фасадов и декор только первых двух этажей, стены здания были оштукатурены и прежде открытая кирпичная кладка больше не видна. Данное решение полностью изменило архитектурный облик здания и стилиевые отличия, задуманные и запроектированные К.А. Толкуновым. Первоначальная архитектура здания выделяла его среди остальных сооружений вокруг, цепляла взгляд и представляла «кирпичный» стиль таким, какой он есть. Во дворе к зданию училища была пристроена небольшая краснокирпичная двухэтажная Алексеевская церковь, автором проекта выступил А.М. Баранов. Здание не сохранило своей первоначальной функции, и в настоящее время в нём размещается штаб войсковой части города Воронежа [8, с. 365–366].

Ещё одним примером перестроек и изменения облика здания от первоначального к существующему является трёхэтажное здание *Духовного училища*, построенное в 1879–1882 гг. по проекту архитектора В.Е. Переверзева (рис. 2). Здание располагается на проспекте Революции, д. 24 (бывшая Большая Дворянская улица), строительство финансировалось духовенством местного училищного округа, потому в северной части здания была устроена домовая церковь во имя трёх Святителей, освящённая в 1883 г. В 1918 г. Духовное училище закрывают, а в 1931–1945 гг. в здании размещался педагогический институт. Перед началом Великой Отечественной войны надстраивается четвёртый этаж, а при послевоенном восстановлении была сделана пристройка под библиотеку Воронежского государственного университета, который с 1945 г. занимает помещения здания под учебный корпус №3. Дополнительно надстроенный этаж можно определить по цвету кирпича, применяемого при возведении стен и имеющего более рыже-

ватый оттенок, когда как оттенок исторического кирпича – красноватый. Композиция фасадов здания была незначительно нарушена: по архивной фотографии видно, что фасады имели завершение в виде карниза с зубцами. Сейчас же фасады завершены простыми прямоугольными аттиками [8, с. 325–326].

В 1901–1904 гг. на пересечении улиц Большая Дворянская (ныне пр-т Революции) и Степана Разина за счёт городских средств было сооружено здание 1-го и 2-го женских Александровских училищ (рис. 3). Автором проекта являлся А.М. Баранов (1843–1911). Место, на котором было возведено здание, было подобрано более чем удачно: рельеф имел склоновый характер, что давало хороший обзор на трёхэтажное здание, которое доминировало над окружающей застройкой.

Во время активных боевых действий и бомбардировки города Воронежа в период Вели-

кой Отечественной войны здание получило серьёзные повреждения. Уже после войны было запланировано расширение улицы Степана Разина и полуразрушенное здание было решено разобрать. В настоящее время около места, где когда-то стояло училище, располагается здание Воронежского государственного университета инженерных технологий.

Следующим после здания Александровских училищ в 1902–1907 гг. был построен дом Александры Петровны Виноградовой и купца Савелия Трофимовича Соколова на их собственном участке (рис. 4). Здание располагается на улице Комиссаржевской, д. 17 (бывшая Тулиновская улица), изначально являлось двухэтажным объёмом с ризалитами, завершавшимися мощными и красивыми луковичнообразными куполами со шпильками и смотровыми окошками. Но в 1930 г. купола демонтировали и зданию надстроили третий этаж, завершив его прямоугольными аттиками

а



б



Рис. 1. Реальное училище, г. Воронеж, ул. Студенческая (б. Грузовая), 36:

а – фото на почтовой открытке нач. XX в.;

б – современное фото Е.А. Чернышевой, декабрь 2020 г.

а



б



Рис. 2. Духовное училище, г. Воронеж, пр-т Революции (б. Большая Дворянская), 24:

а – архивное фото нач. XX в.;

б – современное фото Е.А. Чернышевой, декабрь 2020 г.

и башенками. Сохранился лишь карниз с зубцами, который до этого завершал фасад второго этажа. Благодаря внимательному и бережному отношению к архитектурному облику здания, новый надстроенный этаж сохраняет общую композицию фасадов и здание не теряет своего единого стилистического решения [8, с. 260].

Несмотря на то, что здание строилось изначально как дом, его помещения несколько раз сдавались в аренду учебным заведениям, одним из которых было 2-е городское высшее начальное училище, размещавшееся с 1910 г. по инициативе городского самоуправления. Во время СССР помещения занимали школы, в частности средняя школа №11, в которой в 1937–1939 гг. учился Герой Советского Союза В.А. Косарев (1924–1945). В его честь в 1968 г. была установлена мемориальная доска.

В «Едином государственном реестре объектов культурного наследия» здание зарегистрировано как *Высшее начальное училище*.

Наиболее сохранившимся в плане архитектурного облика является здание *Училища для слепых детей*, построенное в 1901–1902 гг. по проекту военного инженера Н.А. Кухарского (рис. 5, а). Предполагается, что в разработке проекта участвовал А.М. Баранов, подрядчиком выступал П.Т. Моисеев. Само здание располагается на улице Плехановской, д. 29 (бывшая Большая Московская улица), строительством занималось «Попечительство императрицы Марии Александровны о слепых» Воронежского отделения. В 1915 г. здание передали хирургическому госпиталю № 10, который занимал его помещения вплоть до 1917 г., после чего в здании вновь разместилось училище для



Рис. 3. Женское Александровское училище, г. Воронеж, ул. Степана Разина. Фото на почтовой открытке нач. XX в.

а



б



Рис. 4. Высшее начальное училище, г. Воронеж, ул. Комиссаржевской (б. Тулиновская), 17:
а – архивное фото 1920–1930-х гг.;
б – современное фото Е.А. Чернышевой, декабрь 2020 г.

слепых детей и действовало до начала Великой Отечественной войны. В послевоенный период в восстановленном из-за разрушений здании располагался облизполком до 1959 г., и уже после него вплоть до настоящего времени в здании размещен областной Краеведческий музей [8, с. 284–285].

Здание училища для слепых от остальных краснокирпичных зданий учебных заведений отличаются выделенные бежевым цветом архитектурные детали. Единственное, что не сохранилось до наших дней, – это кованный навес над входом, выступающий вперёд на несколько метров от фасада. Данный пример объекта культурного наследия является наиболее позитивным в плане сохранения внешнего архитектурного облика и структуры здания в плане. Восприятию здания в окружающей среде мешает разве что современная застройка вокруг в виде высотных объектов. На приведённом современном фото на периферии объектов куль-

турного наследия видны здания торгового центра «Центр Галереи Чижова», разрушающие архитектурно-стилистическую композицию и масштабность исторически сложившейся части улицы и современных зданий, сохраняющих в какой-то мере эти особенности (рис. 5, б).

Примером наиболее профессиональной реконструкции в послевоенный период может послужить здание *Училищного дома*, построенное в 1908–1909 гг. и расположенное на улице Пушкинской, д. 16 (бывшая 1-я Острогжская улица), на участке губернского секретаря Н.П. Струкова (рис. 6). Здание изначально предназначалось для сдачи в аренду учебным заведениям. Первыми помещения здания одновременно занимали 8-е приходское мужское училище им. А.С. Пушкина, основанное в 1899 г., и 1-е мужское двухклассное приходское училище им. Цесаревича Алексея Николаевича, основанное в 1905 г. в честь рождения наследника царского престола [8, с. 289–290].

а



б



Рис. 6. Училищный дом, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 16:

а – архивное фото 1992 г.;

б – современное фото Е.А. Чернышевой, октябрь 2020 г.

а



б



Рис. 5. Училище для слепых детей, г. Воронеж, ул. Плехановская (б. Большая Московская), 29:

а – архивное фото нач. XX в.;

б – современное фото Е.А. Чернышевой, декабрь 2020 г.

Благодаря комплексным научным исследованиям, проведённым в 2020–2021 гг., в самом здании училищного дома были обнаружены архивные чертежи, которые помогли определить новые периоды строительства здания: в 1949 г. после войны был разработан проект пристройки объёма по ул. Свободы для школы № 50. Авторами проекта, а именно инженером Гордеевым и архитектором И.Н. Маковецким (1906–1975) была проделана бережная работа, в результате которой два объёма, сооружённых в разные периоды, долгое время считались за единый объём, построенный исключительно в 1908–1909 гг. Данный факт пристройки был выявлен благодаря немецкой аэрофотосъёмке Люфтваффе от 16.05.1943 г., на которой отчётливо видно отсутствие пристроенного позже объёма (рис. 7).

Найти отличия в облике двух объёмов можно по вертикальному стыку двух кирпичных кладок с внутреннего двора здания и по размерам самого кирпича (рис. 8). Это даёт понимание того, что кирпич, из которого пристраивали новую часть здания, был взят с других разрушенных во время войны краснокирпичных зданий. Своё местоположение поменял только один оконный проём и дверной проём со стороны улицы Пушкинской – это хорошо видно по неподходящим по размеру к существующим проёмам клинчатым перемычкам. В тот период времени главным архитектором города Воронежа был Н.В. Троицкий (1900–1984). Его профессионализм в области архитектуры, вероятно, оказал влияние на процесс строительства пристройки к зданию. Пристройка сохранила архитектурную стилистику существующего объёма здания, пропорции и архитектурные детали, создав видимость того, что этот объём и исторический были построены единовременно.

В 1961–1962 гг. с той же стороны улицы Свободы по проекту Ю.В. Львова (1927–2012) была осуществлена пристройка к занимавшей тогда здание средней школы №38. Главной проблемой стали резкие отличия в стилиевых и архитектурных характеристиках нового объёма 1962 г. от исторически сложившегося: строительство выполнялось из белого кирпича, а фасады были в последующем оштукатурены в бежевый цвет.

Во время войны нечётная сторона улицы сильно пострадала, но некоторые здания удалось восстановить [8, с. 286]. К концу 1970 г. часть зданий была снесена, среди которых были и кирпичные особняки. Жителям города удалось предотвратить снос чётной стороны улицы, благодаря чему и сохранилось здание Училищного дома и дальше стоящие по улице здания объек-

тов культурного наследия. По нечётной стороне в настоящее время располагаются высотные здания, среди которых выделяется бизнес-центр «Романовский» [9, с. 273–279; 10].

На сегодняшний день здание до сих пор сохраняет свою первоначальную функцию, и помещения здания занимает учебный корпус №4 Воронежского государственного университета.

К 1950-м гг. архитектурный облик уличных пространств формировал сталинский ампир, темп строительства зданий в «кирпичном» стиле практически прекратился. Но влияние на архитектурно-планировочную структуру города, которое было оказано постройками в краснокирпичном стиле, не осталось незамеченным. Этот период в развитии города является самым значимым в формировании облика города, так



Рис. 7. Фрагмент немецкой аэрофотосъёмки от 16.05.1943 г. Кругом отмечено исследуемое здание Училищного дома



Рис. 8. Вертикальный стык кирпичной кладки на дворовом фасаде здания.
Фото Е.А. Чернышевой, декабрь 2020 г.

как в 1933 г. был разработан градостроительный проект развития областного центра, позже вошедший в генеральный план города Воронежа 1939 г. [11, с. 201–209]. В процессе разработки проекта и послевоенного восстановления города принимали участие ведущие архитекторы как из Воронежа, так и из Москвы и Санкт-Петербурга, среди них: А.В. Миронов, Л.В. Руднев, И.В. Ткаченко, В.В. Лебедев, Г.А. Тиме. Сложившаяся при этом застройка стала основой планировочной структуры города, дополнив старые улицы и сформировав новые, что представляет собой историко-культурную ценность для истории города Воронежа [12, с. 121–133].

Выводы. Здания учебных заведений «кирпичного» стиля отражают историко-культурный пласт определённого периода истории развития архитектуры, как и их архитектурную ценность, выражающуюся в прочности и красоте. Долговечность краснокирпичных зданий, определённая строительным материалом – керамическим кирпичом, при системном подходе к ремонту и реставрации кирпичной кладки позволяют сохранить исторический облик в центральных кварталах городской застройки и силуэт улиц, при этом реконструкция и сохранение зданий не должны навредить целостности исторической застройки. Функциональное предназначение большинства таких зданий остаётся неизменным по настоящее время. Можно выдвинуть гипотезу, что некоторые из этих зданий хранят нераскрытую историю периодов строительства. В данной статье на примере *Училищного дома* подтверждается достоверность применяемой гипотезы при помощи обнаруженной в архивах здания документации, оспаривающий факт того, что данное здание является единовременной постройкой.

Рассмотренные здания являются объектами культурного наследия регионального значения города Воронежа, градостроительная ценность которых заключается в формировании историко-архитектурного облика городских улиц, а архитектурно-эстетическая ценность самой кирпичной кладки – в фасадных решениях, в архитектурных деталях входных групп, карнизных молдингах, в декоре оконных и дверных проёмов, тем более что «кирпичный» стиль на сегодняшний день является уникальным. В результате развития архитектурно-планировочной структуры города в период 1945–1960-х гг. некоторые краснокирпичные здания были безвозвратно утрачены. Причиной тому стала потребность в городской территории под массовое жилищное строительство и под объекты культурно-бытового обслуживания и образования.

При формировании комфортной городской среды, гармонично сочетающей современ-

ную застройку с исторической частью квартала, необходим системный подход для сбалансированного составления проекта, сформулированный в следующих этапах:

1. Проведение историко-библиографических и иконографических исследований зданий краснокирпичного стиля.

2. Оценка амортизационного износа здания для принятия решений по его комплексному ремонту и реставрации.

3. Определение действующих градостроительных регламентов и режима использования земель объекта.

4. Проведение ландшафтно-визуального анализа территории для определения ценных видовых раскрытий объекта.

Кроме того, должны учитываться все историко-культурные, архитектурно-градостроительные и композиционно-художественные особенности города и местности в целом, функциональное назначение пространства. Данный подход позволит сохранить здания учебных заведений «кирпичного» стиля, их историко-культурную значимость в архитектурно-планировочной структуре исторического центра современного города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кириченко Е.И. Русская архитектура 1830–1910-х годов. М.: Искусство, 1978. 399 с.
2. 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.
3. Вайтенс А.Г., Штиглиц М.С. Промышленное наследие Санкт-Петербурга XIX – начала XX веков как объекты архитектурного туризма // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, № 1. С. 154–162. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.20.
4. Гурьев Г.С. «Кирпичный» стиль в архитектуре Воронежа конца XIX – начала XX века // Архитектон: известия вузов, 2019. Т. 2. Вып. 66. С. 1–7.
5. Чесноков Г.А. Воронеж. Каменная летопись. Архитектура и строительство: в 2 т. Т. I. Воронеж: ООО «Творческое объединение «Альбом «», 2011. 200 с.
6. Китнер И.С. Кирпичная архитектура // Зодчий. 1872. Вып. 6. С. 84–87.
7. Попов П.А. Русский стиль и его носители в архитектуре Воронежа середины XIX – середины XX в. // Воронежский вестник архивиста. 2010. Вып. 8. С. 147–160.
8. Попов П.А., Рылёва А.Н. Улица Студенческая, д. 36; Попов П.А. Фирсов Б.А., Рылёва А.Н. Проспект Революции, д. 24; Попов П.А. Чернявская Е.Н. Улица Комиссаржевской, д. 17; Акиншин А.Н., Попов П.А., Рылёва А.Н. Улица Плехановская, д. 29; Попов

П.А., Рылёва А.Н. Улица Пушкинская, д. 16; Зайцева А.А., Рылёва А.Н. Улица Пушкинская // Историко-культурное наследие Воронежа: мат-лы Свода памятников истории и культуры Российской Федерации. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2009. 574 с.

9. Попов П.А. Воронеж: История города в названиях улиц. Воронеж: Кварта, 2003. 447 с.

10. Попов П.А. Городское самоуправление Воронежа, 1870–1918. Воронеж: Кварта, 2006. 423 с.

11. Танкеев А.С., Меркулова Е.А. Стилистические и композиционно-художественные особенности советской архитектуры и структуре генерального плана г. Воронежа 1930–1950 годов // Альманах: Культура. Искусство. Реставрация. 2015 (1). Ч. 1: Реставрация. СПб.: СПбКО, 2015. С. 201–209.

12. Чернышева Е.А., Танкеев А.С. Краснокирпичный стиль в архитектуре учебных заведений города Воронежа конца XIX – начала XX в. // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: материалы Международной научно-практической конференции: сб. статей: в 2 т. Том II. Тюмень: ТИУ, 2021. С. 121–133.

REFERENCES

1. Kirichenko E.I. *Russkaya arkhitektura 1830–1910-kh godov* [Russian architecture of the 1830–1910s]. Moscow, Art, 1978. 399 p.

2. 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 arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol.13, no.1, pp.114–120. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.15

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

4. Guryev G.S. “Brick” style in the architecture of Voronezh in the late XIX • early XX centuries. *Arkhiton: izvestiya vuzov* [Architecton: university news], 2019, vol. 2, iss. 66, pp. 1–7. (in Russian)

5. Chesnokov G.A. *Voronezh. Kamennaya letopis'. Arkhitektura i stroitel'stvo: v 2 t. T. I.* [Chesnokov G.A. Voronezh. Stone Chronicle. Architecture and construction: in 2 vols. T. I]. Voronezh: LLC “Creative Association” Album”, 2011. 200 p.

6. Kitner I.S. Brick Architecture. *Zodchiy* [Architect], 1872, no. 6, pp. 84–87. (in Russian)

7. Popov P.A. Russian style and its carriers in the architecture of Voronezh mid-XIX • mid-XX centuries. *Voronezhskiy vestnik arkhivista* [Voronezh Bulletin of the Archivist], 2010, no. 8, pp. 147–160. (in Russian)

8. Popov P.A., Ryleva A.N. Studencheskaya street, d. 36; Popov P.A. Firsov B.A., Ryleva A.N. Prospect Revolution, d. 24; Popov P.A. Chernyavskaya E.N.

Komissarzhevskaya Street, 17; Akinshin A.N., Popov P.A., Ryleva A.N. Plekhanovskaya Street, 29; Popov P.A., Ryleva A.N. Pushkinskaya Street, 16; Zaitseva A.A., Ryleva A.N. Pushkinskaya street. *Istoriko-kul'turnoe nasledie Voronezha: mat-ly Svoda pamyatnikov istorii i kul'tury Rossiyskoy Federatsii* [Historical and cultural heritage of Voronezh: materials of the Code of Monuments of History and Culture of the Russian Federation]. Voronezh, Center for the Spiritual Revival of the Black Earth Territory, 2009. 574 p. (in Russian)

9. Popov P.A. *Voronezh: Istoriya goroda v nazvaniyakh ulits* [Voronezh: History of the city in street names]. Voronezh, Quarta, 2003. 447 p.

10. Popov P.A. *Gorodskoe samoupravlenie Voronezha, 1870–1918* [Voronezh city government, 1870–1918]. Voronezh, Quarta, 2006. 423 p.

11. Tankeev A.S., Merkulova E.A. Stylistic and compositional and artistic features of Soviet architecture and the structure of the master plan of Voronezh 1930–1950. *Al'manakh: Kul'tura. Iskusstvo. Restavratsiya. 2015 (1). Ch. 1: Restavratsiya. SPb.: SPbKO* [Almanac: Culture. Art. Restoration. 2015 (1). Part 1: Restoration. SPb.: SPbKO], 2015, pp. 201–209. (in Russian)

12. Chernysheva E.A., Tankeev A.S. Red-brick style in the architecture of educational institutions of the city of Voronezh in the late XIX – early XX centuries. *Arkhitectura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: sb. statey: v 2 t. Tom II* [Architecture and architectural environment: issues of historical and modern development: materials of the International Scientific and Practical Conference: Sat. articles: in 2 vols. Volume II]. Tyumen, TIU, 2021, pp. 121–133. (In Russian).

Об авторах:

ТАНКЕЕВ Александр Семенович

кандидат архитектуры, доцент, заведующий
кафедрой градостроительства
Воронежский государственный технический
университет
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
E-mail: AST1111@yandex.ru

ПОПОВ Павел Александрович

кандидат исторических наук, доцент, доцент
кафедры композиции и сохранения архитектурно-
градостроительного наследия
Воронежский государственный технический
университет
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
E-mail: Pavelpopov3000@mail.ru

ЧЕРНЫШЕВА Екатерина Алексеевна

документовед
Воронежский государственный технический
университет
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
E-mail: Tiger98kitty@mail.ru

TANKEEV Alexander S.

PhD in Architecture, Associate Professor, Head of the
Urban Planning Chair
Voronezh State Technical University
394006, Russia, Voronezh, 20th Anniversary
of October str., 84
E-mail: AST1111@yandex.ru

POPOV Pavel A.

PhD in Historical Sciences, Associate Professor, Associate
Professor of the Composition and Preservation of
Architectural and Urban Heritage Chair
Voronezh State Technical University
394006, Russia, Voronezh, 20th Anniversary
of October str., 84
E-mail: Pavelpopov3000@mail.ru

CHERNYSHEVA Ekaterina A.

Document specialist
Voronezh State Technical University
394006, Russia, Voronezh, 20th Anniversary
of October str., 84
E-mail: Tiger98kitty@mail.ru

Для цитирования: *Танкеев А.С., Попов П.А., Чернышева Е.А. Проблемы реконструкции и сохранения историко-архитектурного облика краснокирпичных зданий учебных заведений конца XIX – начала XX века города Воронежа // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 94–102. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.13.*
For citation: Tankeev A.S., Popov P.A., Chernysheva E.A. Problems of reconstruction and preservation of historical and architectural appearance of redbrick buildings of educational institution of the end of XIX – beginning of XX centuries of the city of Voronezh. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 94–102. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.13.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.14

Э. В. ДАНИЛОВА

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ В ТВОРЧЕСТВЕ РЕМА КОЛХАСА

CONCEPTUAL STRATEGIES
IN THE WORKS OF REM KOOLHAAS

Статья посвящена ключевым концепциям в творчестве Рема Колхаса. В статье рассматриваются концепции, реализуемые архитектором при разработке функциональной программы, пространственной структуры, архитектурной формы. Анализируются различные объекты, созданные при применении этих концепций. Приводятся примеры, иллюстрирующие авторский метод Колхаса. Выявляются особенности применения концепций, которые обеспечили уникальность проектного решения в каждом объекте, при использовании схожих инструментов проектирования. Особое внимание уделяется эволюционному развитию концепций – от их теоретического основания и эксперимента в ранних проектах до закрепления их в символических патентах как архитектурных изобретений.

Ключевые слова: концепция проекта, творческий метод, социальный конденсатор, архитектурный променад, иконический проект

The article is devoted to the key concepts in Koolhaas's work. The article discusses the concepts implemented by the architect when developing a functional program, spatial structure, and architectural form. Various objects created by applying these concepts are analyzed. Many examples are given to illustrate Koolhaas's original method. Features of the application of concepts that ensure the uniqueness of the design solution in each object are revealed, when using similar design tools. Particular attention is paid to the evolutionary development of concepts – from their theoretical basis and experimentation in early projects to their consolidation in symbolic patents as architectural inventions.

Keywords: project concept, creative method, social condenser, architectural promenade, iconic project

Колхас пришел в архитектуру в годы, когда дисциплина, переживая кризис содержания и формы, стремилась переопределить сама себя и найти свои новые основания. Модернизм утратил свой авангардный дух, превратившись в утилитарный стиль типового жилища и безликих офисных коробок. Начиная с 1960-х гг. молодые архитекторы находились в поиске возможных выходов из ограничений, налагаемых модернистской доктриной. Часто эти выходы реализовались в проектах, вдохновляемых технологиями, неважно, были ли это утопические фантазии Архигрема и Фридмана или дисутопии Архизума. Другим направлени-

ем стало возвращение к исторической архитектуре и классической архитектурной традиции. Колин Роу и Фред Кеттер в книге «Коллажный город» рассматривали оба этих направления как попытки уйти от современности, от настоящего времени в будущее и прошлое [1]. Этот эскапизм архитектуры не был плодотворным. К началу 1970-х гг. пафос технологий растворился в реалиях экономического кризиса. Имитация исторической архитектуры не могла привлекать всех архитекторов, поскольку многие из них стремились к новому и уникальному. Ирония, с которой ранние постмодернисты цитировали классику, не имела потенциала

в мире, который испытывал реальные проблемы, среди которых был и дефицит архитектурных заказов. Такой контекст предопределил поворот архитектуры к области концептуального проектирования как возможного способа существования. В бесчисленных архитектурных журналах, в галереях и университетских студиях появлялись статьи и проекты, цель которых заключалась в стремлении изобрести новые способы архитектурного производства. Рем Колхас стал одним из наиболее значимых архитектурных мыслителей современной эпохи, оказав влияние на несколько поколений архитекторов своим концептуальным подходом к архитектурному проектированию [2].

Истоки концептуального мышления Колхаса

Биография Колхаса раскрывает возможные ключи к особенностям его архитектурного мышления. До того как поступить в школу Architectural Association в Лондоне, Колхас был журналистом и сценаристом. Он начал работать в журнале *The Haagse Post* в 19 лет. В издании были особая творческая атмосфера и позиция, подразумевающая «бескомпромиссное принятие реальности» [3]. Это определило специфику освещения событий: факты подавались беспристрастно, но автор мог монтировать их по своему усмотрению. Колхас брал интервью у Ле Корбюзье, Константа Нювенхейса, автора «Нового Вавилона», Федерико Феллини. Вторая карьера Колхаса как сценариста связана с группой 1, 2, 3, enz., в которой он сотрудничал вместе с Рене Даалдером, позже ставшим одним из звезд Голливуда в области виртуальной реальности. Критический взгляд журналиста Колхаса полностью совпадал с идеологией 1, 2, 3, enz., создающей фильмы-пародии, высмеивающие идеализм традиционного кинематографа. С самого начала Колхас был далек от утопических идей, рисующих безоблачное будущее, созданное с помощью технологий. В большей степени он близок итальянской группе Суперстудии, к их дисутопиям и сценариям, обращенным к главным человеческим ценностям.

В его первых архитектурных работах «Берлинская стена» и «Экзодус», выполненных в школе АА, и критический взгляд, и сценарный подход полностью нашли свое воплощение. Сам выбор Берлинской стены в качестве объекта архитектурного исследования демонстрировал фокус Колхаса на реальных условиях современного урбанизма. Стена как кинолента была создана из различных эпизодов, разнообразие которых было обусловлено изменяющимся городским контекстом. Дипломный проект «Экзодус или

добровольные узники архитектуры» показал умение Колхаса создавать многослойные аллюзии: в полосе угадывался образ супермонумента Суперстудии, полоса расселения в Магнитогорске Ивана Леонидова, Берлинская стена [4]. Все эпизоды полосы «хорошего города», проходящей через центр Лондона, были обращены к архитектурным архетипам, переосмысленным с помощью концептуального сценария на основе известных прототипов. По сути, Колхас препарировал реальность, урбанистическую и архитектурную, и заново собирал ее фрагменты, монтируя узнаваемую иконическую структуру. Этот прием – сборка на основе деконструкции, позволяющий создавать новое целое, укорененное к обстоятельствам реальности, будет повторяться на протяжении всей карьеры Колхаса. Концепция же и есть инструмент сборки или монтажа, термин, который Колхас, несомненно, извлекает из своего кинематографического опыта.

Его первый теоретический опыт – книга «Нью-Йорк вне себя» стал бестселлером и обязательным для прочтения архитекторами и урбанистами [5]. Книга, как и дипломная работа, представляет собой монтаж эпизодов, но Колхас добавляет и новый смысл: части книги он рассматривает как блоки Манхэттена, в каждом из которых разыгрывается своя история. Это также похоже на альманах, состоящий из короткометражек, в каждой из которых рассматривается тот или иной аспект темы. Тема «Нью-Йорка» – это ретроактивный манифест города, который был создан рыночными силами и технологическим прогрессом. Колхас анализирует итоги такого развития: сверхплотность, разнообразие и культуру Величины, создающие смысл феномена современного урбанизма – манхэттенизма. Несколько тем-концепций Колхас излагает в качестве теорем Величины: разрыв экстерьера и интерьера, новое качество пространства, определяемое лифтом, коллективное проектирование, автономию Величины по отношению к окружению и ее индифферентность по отношению к морали. «Город в городе» можно понять и спроектировать только через вертикальный разрез, поскольку именно эта проекция дает представление об устройстве объекта, в то время как оболочка призвана быть логом на урбанистическом горизонте. Вертикальный разрез становится диаграммой, визуализирующей сценарий, в то время как пространственные отрезки представляют собой эпизоды. Вертикальный разрез также обязан вертикальному монтажу Эйзенштейна и кинематографическому бэкграунду архитектора.

К тому моменту, когда Колхас вместе Элиа и Зое Энгелисом, а также с Маделон Вризендорп, создал ОМА – офис столичной архи-

тектуры, он был полностью оснащен сформировавшимися концепциями, которые стали результатом синтеза его журналистского, кинематографического и архитектурного опыта. Таким образом, ему удалось объединить междисциплинарные подходы, которые обеспечили ему уникальные инструменты проектирования. В основе любого проекта Колхаса лежит триада: анализ-концепция-проект, и именно эта методология была впоследствии развита всеми поколениями архитекторов, которые проходили через школу ОМА. Если анализ позволяет встретиться лицом к лицу с реальностью, то концепция вырастает из ограничений и возможностей, следуя за множеством коннотаций и ссылок, являющихся результатом интеллектуального и культурного опыта и знания. Современная культура, современное искусство, литература и кинематограф, история, социология, антропология, философия, урбанизм – все это развито в концепциях Колхаса, которые нашли свое воплощение как в архитектуре, градостроительстве и том особом виде анализа, который связывает все эти гуманитарные дисциплины с силами рынка. Технологии позволяют концепциям обрести форму, благодаря сотрудничеству ОМА с выдающимися конструкторами ARUP и Сесилом Бальмондом. В данной статье рассматривается три типа концепций Колхаса, которые нашли свое отражение в патентах, представленных на выставке Content, и развитие в нескольких проектах.

Социальный конденсатор

В конструктивизме понятие социального конденсатора относилось к созданию новых типов зданий. М. Гинзбург писал: «В конструктивные периоды истории, т. е. в периоды интенсивного формирования новой культуры, от архитектора требуется прежде всего изобретение и кристаллизация социальных конденсаторов эпохи, создание новых архитектурных организмов, эту эпоху обслуживающих» [6]. Новые архитектурные организмы – свидетельство прогресса и обновления, поскольку в эпоху упадка архитектура использует уже известные типы. Карьера Колхаса совпала с эпохой перемен, созданием Евросоюза, глобализацией и цифровой революцией. Идея жизнестроения, укоренённая в русском авангарде, и идея небоскреба Манхэттена с его многообразием функциональной программы, в творчестве архитектора были приняты как ключ к созданию новой архитектуры. С самого начала своего творчества Колхас рассматривал создание программы объекта как основу для архитектурной концепции. Несколько его работ иллюстриру-

ют идею социального конденсатора в объектах разной типологии.

Один из первых проектов Колхаса, принесших ему известность, был проект Центра искусства и медиатехнологий в Карлсруэ (1989 г.) (рис. 1). Архитектор представил проект как манифест нового типа большого здания, того, что он определял в теоремах Величины. Объект расположен в месте пресечения интенсивных транспортных коммуникаций у въезда в город. Функциональная программа организована на взаимодействии нескольких культурных институций: музеев, библиотеки, лабораторий, лекционных залов и выставочных помещений, собранных в башню, расположенных на стилобате, который включает служебные и административные функции. Концентрация прежде отдельных типологий в едином объёме представляла собой прорыв к новой типологии Величины в Европе. Объект не был реализован, но примененная в проекте концепция социального конденсатора стала моделью для множества других проектов Колхаса.



Рис. 1. Центр искусства и медиатехнологий в Карлсруэ. 1989 г.

Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/zentrum-fur-kunst-und-medientechnologie>

Социальный конденсатор у Колхаса не является банальным многофункциональным зданием. Есть несколько проектов, когда отдельная типология рассматривается через призму новой программы, адаптированной к современным условиям. Таким объектом стала Центральная библиотека в Сиэтле (2004 г.) (рис. 2), где традиционный тип был подвергнут переосмыслению: в новых условиях цифровой трансформации библиотека может выжить только если превратится в общественное пространство, создающее возможности работы, исследования, общения для различных социальных и возрастных групп. Так появился новый тип программы библиотеки, в которой на функциональном и пространственном уровне был достигнут баланс специфичного и неопределенного. Архитектурная концепция библиотеки основана на образе небоскреба с его дифференцированными пространствами и свободой, достигаемой за счет коммуникаций. Пять платформ гарантируют функциональную стабильность, требующие неизменных условий (паркинг, служебные пространства для персонала, переговорная, книжная спираль, штаб-квартира). Между ними расположены промежуточные «нестабильные» пространства, подра-

зумевающие, что через них проходят потоки людей (детский отдел, гостиная, пространство смешанного использования, в котором происходит встреча читателей и библиотекарей, читальный зал). «Стабильные» и «нестабильные» пространства найдут свое выражение в объеме здания: первые имеют прямые стены, вторые – наклонный фасад [7]. Диаграмма, демонстрирующая это концептуальное разделение, стала широко известной и превратилась в логотип библиотеки. Разнообразие мест и ситуаций в промежуточных пространствах демонстрирует интенсивность опыта, предлагаемого для посетителей.

В проекте нового здания мэрии Тиммерхейс в Роттердаме (2015 г.) (рис. 3) концепция социального конденсатора продиктовала многообразие функций. Вместо того чтобы создавать отдельное административное здание, ОМА предлагает структуру, расположенную на участке старой мэрии, которая образует два фасадных фрагмента. Структура состоит из одинаковых модулей, в которой сосуществуют и мэрия, и музей Роттердама, и жилье. Пространственная гибкость, обеспечиваемая конструктивной схемой, позволяет изменять функциональную программу, заменять жилье офисами и наобо-

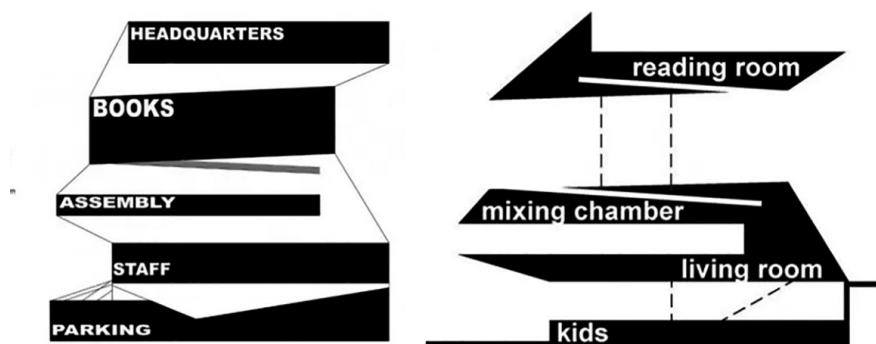


Рис. 2. Центральная библиотека в Сиэтле. 2004 г.

Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/seattle-central-library>

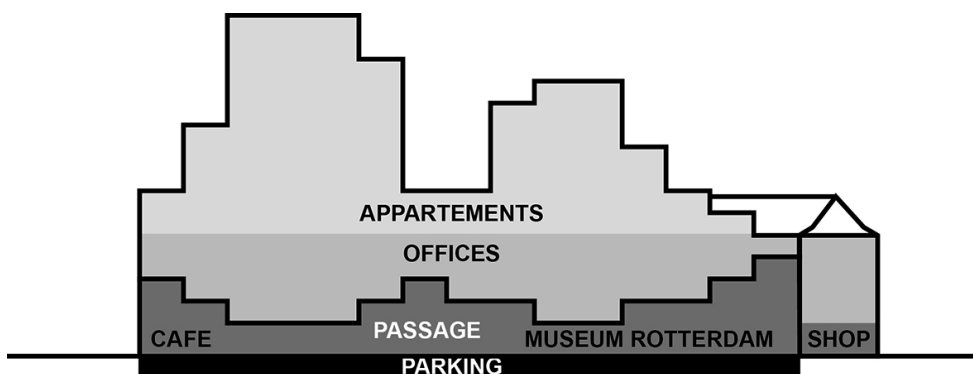


Рис. 3. Тиммерхейс в Роттердаме. 2015 г.

Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/timmerhuis>

рот. Нижний уровень полностью открыт для города, позволяя взаимодействие горожан и городской власти. Архитектура объекта стала ответом ОМА на разнородность урбанистической среды Роттердама, где все типы модернизма соседствуют с постмодернистскими и современными объектами. Нейтральность трёхмерной сетки призвана смягчить архитектурные диссонансы окружения, но при этом пространственная сложность позволяет объекту полностью интегрироваться в жизнь города и превратиться в центр притяжения различных потоков: чиновников, посетителей мэрии и музея Резиденентов. Тиммерхейс похож на футуристичный остров, живущий своей собственной жизнью, заполняющий все его части, включая крышу, на которой расположены частные сады.

Похожий сценарий был выбран и для БЛОКСа, расположенного в Копенгагене (2017 г.) (рис. 4). Программа здания включает датский архитектурный центр, офисы, коворкинги, фитнес-центр, выставочные пространства, книжный магазин, ресторан, общественный паркинг и жилье. Еще два десятилетия назад такая программа была непредставима в европейской архитектуре. Но развитая Колхасом концепция социального конденсатора открыла путь к невероятным союзам различных программ. Наполненность программы объекта зависит теперь не от предписанной типологической схемы, но смысла объекта в урбанистическом окружении. Для БЛОКСа была выбран участок, который прежде не рассматривался как потенциальное место для строительства – через объект проходит дорога. Но разделенное на уровне улицы здание соединено нижним и верхним уровнем. Объект становится новым городским монументом в знаковом месте Копенгагена: близость к набережной, городской площади и культурным достопримечательностям района. Традиционная для Копенгагена закрытость здесь усту-

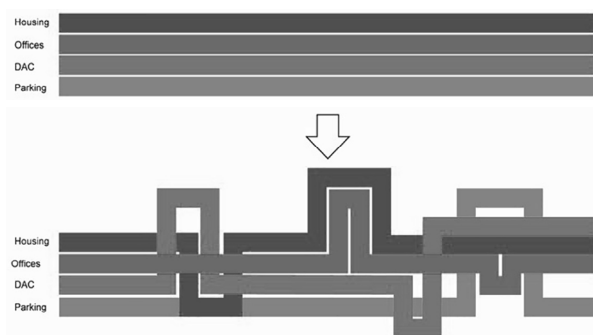


Рис. 4. БЛОКС в Копенгагене. 2017 г.
Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/dac-blox>

пила место открытому пространству, которое становится драйвером общественной жизни. Супрематическая композиция, созданная из прямоугольных блоков, отсылает к конструктивистским корням социального конденсатора. Архитектурный центр является при этом вертикальным ядром объекта, своеобразной внутренней башней, связывающей пространственно все остальные уровни.

Кампус Акселя Шпрингера, крупнейшего издательского концерна, в Берлине (2020 г.) (рис. 5), представляет собой новую версию пространства работы. Цифровые технологии изменили суть офисной рутины, создавая закрытость и одиночество работника, погруженного в виртуальное пространство плоского экрана. Так же как и библиотека, с точки зрения ОМА, офисное пространство нуждается в переосмыслении и трансформации. Трансформация должна заключаться в первую очередь в изменении пространственной структуры, которая должна изменить восприятие резидентов и минимизировать последствия экранного фокусирования. Диагональный атриум, пересекающий все здание, превращает офис Шпрингера в невероятное по своей сложности, плотности и разнообразию пространство работы. Террасные этажи определяют различные точки обзора и панорамы, создавая ощущение современного Вавилона, в котором каждый цифровой номад может найти пространство для работы и общения. Одновременность индивидуального и коллективного в структуре офиса, открытость первого уровня для различных городских событий, бар на крыше, с которой можно наблюдать городскую жизнь, делают утилитарное здание новым городским центром, транслирующим современную медиакультуру.



Рис. 5. Кампус Акселя Шпрингера в Берлине. 2020 г.
Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/axel-springer-campus>

Архитектурный променад

Эта концепция является постоянно присутствующей в творчестве Колхаса. Вопрос коммуникаций возникает в теоремах Величины. Но кроме того, Колхас наследует эту концепцию у Ле Корбюзье, который в некотором смысле является его альтер эго. Ле Корбюзье в свою очередь заимствовал идею архитектурного променада у Огюста Шуази, превратив исходный путь по Акрополю в сжатый путь в объеме виллы Савой. Насыщенный визуальными кадрами этот путь проходил любой архитектурный паломник, исследующий парадоксы кинематографического пространства виллы, и Колхас, безусловно, не был исключением. Как человек кино, он не мог остаться равнодушным к богатому многообразию впечатлений и кадров на этом пути. Другой модернистский предшественник Колхаса Фрэнк Ллойд Райт превратил рампу в смысл архитектуры музея Гутенхайма. Непрерывное движение, обеспечиваемое рампой, сравнимо с гладкостью скольжения лифта. Бесповное пространство, обеспечиваемое в каждом случае, представляет собой радикальную оппозицию дискретному пространству функционалистской архитектуры. Но и сам урбанистический мир, который невозможно представить без синтеза статики окружения и динамики транспортных и человеческих потоков, предоставил Колхасу возможность отразить его в своих объектах.

Лифт/пандус/рампа становятся постоянными компонентами архитектурного словаря Колхаса. Практически во всех объектах можно увидеть различные интерпретации вертикальных коммуникаций, но в ряде работ они предстают как концептуальные основы проекта. В патентах, показанных на выставке Content и напечатанных в одноименной книге, Колхас

демонстрирует несколько своих изобретений архитектурного променада. Шахта лифта в его проекте парка Ла Виллетт (1982 г.) превратился в кинематографический променад, проходящий через череду этажей/полос перевернутого небоскреба.

В патенте «Loop-trick» Колхас предлагает «систему пересекающихся рамп, которые уничтожают статус отдельного этажа..., устраняя понятия выше и ниже» [8]. Этот патент был реализован в проекте Кунстхала в Роттердаме (1987 г.) (рис. 6). Здание было задумано как перекресток/площадь между северо-южным и восточно-западными путями. К ним добавляется северо-восточное направление, усиливающее пространственную сложность. С одной стороны, здание выходит на шоссе, с другой – в музейный парк. Разные отметки высот на участке позволили создать пространственный узел, в котором все четыре части объекта были объединены непрерывным путем, проходящим через множественные коллизии подъема и спуска. Посетитель может пройти все программные части здания – выставочное пространство, зрительный зал и далее на крышу здания. Абстрагируясь от функций внутри объекта, можно представить, что перед нами аналог транспортной многоуровневой развязки – оммаж Райту.

В проекте библиотеки в Париже (1992 г.) (рис. 7). Колхас продолжил тему и разработал патент «сворачивания улицы ради создания внутреннего бульвара, который связывает все программы в одной последовательности», чтобы разорвать с «доминировавшим режимом пространственной ортогональности» [9], создав непрерывную последовательность пространств, которая достигается пространственной складкой всех этажей. Куб, состоящий из слоев урбанистического ландшафта, предлагает разнообразие путей и программ, в котором

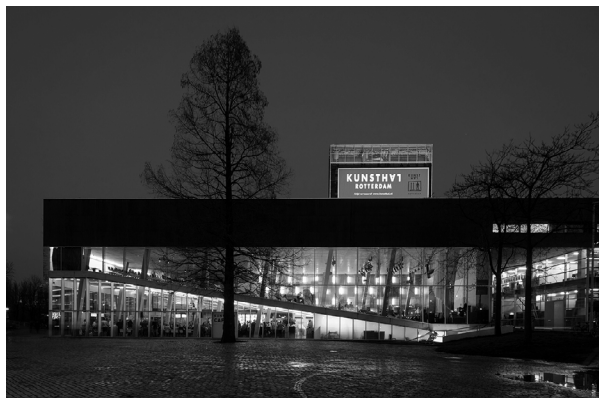


Рис. 6. Кунстхал в Роттердаме. 1987 г.

Источник иллюстрации:

<https://www.kunsthall.nl/en/about-kunsthall/building/>

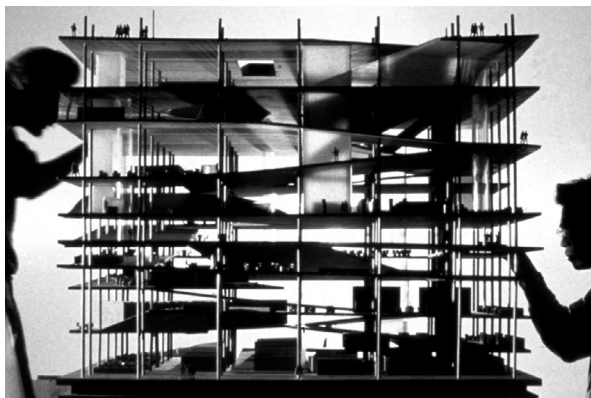


Рис. 7. Проект библиотеки в Париже. 1992 г.

Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/jussieu-two-libraries>

«посетитель превращается во фланера Бодлера, «осматривающего и соблазняемого миром книг, информации и городского сценария» [10]. Такая структура развивает идеи свободно-го плана Ле Корбюзье, и в вертикальном ландшафте разбросаны читальные залы, аудитории, кафе, магазины и множество дополнительных коммуникаций. Объект не был реализован, но стал символом своего времени, породив большое количество подражаний и заимствований.

Дом в Бордо (1994 г.) (рис. 8) демонстрирует изобретательность Колхаса, который не только совмещает в одном объекте множество отсылок, но и превращает ограничения в новые возможности для архитектуры. Сама история дома выглядит как сценарий фильма. Давно мечтающие о собственном доме заказчики вынуждены пересмотреть свои критерии комфортного дома, когда хозяин дома, например, становится инвалидом после автомобильной катастрофы. Мир доступен для него только с помощью инвалидного кресла. Но Колхас предлагает сделать центром дома платформу/лифт площадью 10 кв.м, которая превращается в зависимости от своего положения то в рабочий кабинет, то в спальню, что частью пространства гостиной. Заказчик теперь может свободно перемещаться между этажами, устанавливая любое положение лифта. Поскольку средний уровень дома расположен на отметке 0.000, то и внешнее пространство становится для него полностью открытым. Но и пространство самого дома постоянно меняется, получая различные высоты и точки обзора.

Так лифт, мигрируя из небоскреба как средство организации непрерывного пространства, превращается здесь в самодостаточную пространственную единицу. Три различных уровня представлены тремя слоями. Так же как в небоскребе интерьеры этажей не связаны между собой, так и этажи дома имеют разную функ-

цию и архитектуру. Контраст среднего уровня, представленного стеклянным объемом, устраняющим барьеры между интерьером и экстерьером, с закрытым уровнем спален, в котором только круглые проемы ловят солнечные лучи, заставляет вспомнить о парящих плоскостях супрематизма Хидекея. При этом нижний уровень, в котором находятся кухня и служебные помещения, выглядит как дадаистский рисунок. Невероятная плотность разнообразных перспектив, сконцентрированных в небольшом объеме, превращает жилой дом в кинофабрику впечатлений. Вертикальный променад здесь представляет собой и ответ Ле Корбюзье, и одновременно прославляет вертикальный разрез как главную концептуальную диаграмму.

В Голландском доме (1995) (рис. 9) Колхас использует особенности участка с перепадом высот в 4 м. Центральный пандус становится посредником между различными пространствами дома, расположенными над землей и под землей. Невероятная пластичность архитектуры устраняет разрывы между функциональными зонами. Дом организован единым архитектурным жестом, который создает множество коллизий на протяжении внутреннего пути. Ландшафт здесь существует в двух измерениях – снаружи и внутри дома, природный и архитектурный, которые конкурируют между собой с точки зрения своей выразительности и индивидуальности.

Идея пути, как киноленты с бесконечным количеством кадров, была реализована в Посольстве Голландии в Берлине (2004 г.) (рис. 10) Колхас публикует этот проект как развертку променада с секвенцией различных по функции пространств. Променад длиной 200 м разворачивается внутри куба, поднимаясь на высоту восьми этажей, проходя через библиотеку, конференц-залы, фитнес-центр и достигая крыши,



Рис. 8. Дом в Бордо. 1994 г.

Источник иллюстрации: https://images.adsttc.com/media/images/5037/fb26/28ba/0d59/9b00/0772/large_jpg/stringio.jpg?1414206756



Рис. 9. Голландский дом. 1995 г.

Источник иллюстрации: <https://www.archdaily.com/120340/dutch-house-rem-koolhaas/dutch25>

на которой расположен ресторан и с которой открывается вид на город. Починяясь городским регламентам, компактный внешне объект наполнен динамическим содержанием внутри.

Любимый прием Колхаса – архитектурный променад – найдет свое воплощение и в эксцентричной архитектуре торгового центра в Кванге (2020 г.) (рис. 11). Проектируя объект как городской якорь, ОМА превращает его в скульптуру, а сам променад – общественный маршрут – становится ее главным элементом. Стеклопанная структура представляет собой аналог лавы, выходящей из камня. На этот раз архитектурный променад превратился в монумент самого себя. Избыточность формы, ее намеренная декоративность может быть воспринята как уступка рекламным стратегиям иконического объекта, но при этом она однозначно обеспечивает визуальный эффект снаружи и изнутри.

Иконический проект

Проблему архитектурной формы Колхас поднимает в теореме Величины, когда опровергает модернистское «форма следует функции». В новых реалиях экстерьер и интерьер разъединены. Оболочка принадлежит городу и формируется внешним контекстом. Это означает, что объект призван стать монументом, а значит его форма будет иконической. Несмотря на то, что такой подход отвечает постмодернистской парадигме, Колхас вырабатывает свои собственные взгляды на то, какой должна быть архитектурная форма. Для него новый образ должен быть оппозицией как модернистской коробке, так и историческим цитатам. Его также не привлекают банальные узнаваемые метафоры, органические прототипы и иронический поп-арт. То, что остается после всего этого, представляет собой сложный синтез предметного и беспредметного, конкретного и абстрактного, в результате которого рождается форма, несущая множество коннотаций, которая не может быть редуцирована до узнаваемого плоского знака.

В проекте Морского терминала Зеебрюгге (1988 г.) (рис. 12) Колхас задается вопросом, как привнести новый «знак» в пейзаж, который только за счет масштаба и атмосферы делает любой объект одновременно произвольным и неизбежным? Далее он раскрывает свой творческий метод: «Чтобы стать знаковым, этот проект принимает форму, которая не поддается простой классификации и позволяет свободно ассоциировать с последовательными настроениями: механическое, индустриальное, утилитарное, абстрактное, поэтическое, сюрреалистическое. Он сочетает в себе максимум артистизма с максимальной

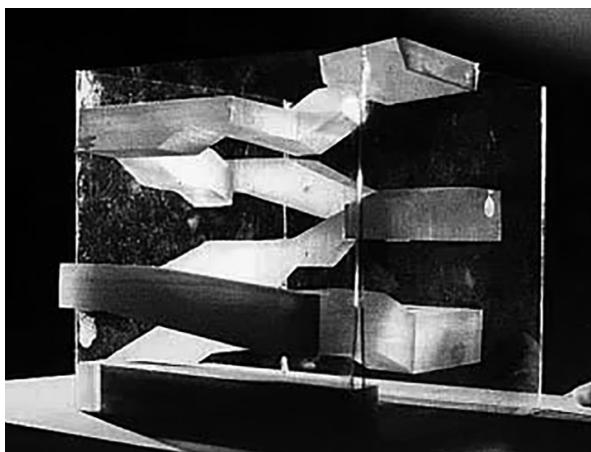


Рис. 10. Посольство Голландии в Берлине. 2004 г.

Источник иллюстрации:

<https://arquitecturaviva.com/works/embajada-de-los-paises-bajos-9#lg=1&slide=20>



Рис. 11. Торговый центр в Кванге. 2020 г. Источ-

ник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/hanwha-galleria-in-gwanggyo>

эффективностью» [11]. Колхас выбирает метафору, принадлежащую к вечным темам, – Вавилон. Функциональная программа объекта, представляющего собой транспортный хаб с различными траекториями движения, рисует этот символический образ башни, где бесконечно происходит процесс создания, который никогда не может быть завершен по причине различий языков ее строителей. Здесь также существует отсылка к «Новому Вавилону» Константа, у которого юный Колхас брал интервью. Но Колхас не просто стилизует традиционную форму Вавилона, но переворачивает ее, соединяя с конусом. Результат – форма, которая принадлежит дадаистской эстетике, одновременно знаковая и незнакомая, символическая и новая по своей природе.

В Эдукаториуме (1995 г.) (рис. 13), учебно-лекционном здании Утрехтского университета, Колхас, возможно наиболее ярко, раскрыл тему складки, которую он извлекает из философии Жили Делеза. Складка – минимальная единица в концепции нелинейности, одновременно сворачивает и разворачивает пространство. Складка уничтожает противоречия между вертикалями и горизонталями, а с точки зрения пространства представляет собой идеальную оболочку для разнородного содержимого. И действительно, объект включает как лекционные залы, так и велосипедную парковку и пространство, которое может быть использовано как городская площадь. Формы как будто и не существует, есть идея движения, которое схвачено в единый момент времени и после которого она может также легко измениться. Складка – это пауза, это неоднозначность, это часть вселенной и, возможно, лучший образ для университетской жизни.



Рис. 12. Морской терминал Зеебрюгге. 1988 г.
Источник иллюстрации:
<https://vincentderijk.nl/products/zebrugge-sea-terminal>



Рис. 13. Эдукаториум в Утрехте. 1995 г.
Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/educatorium>

Форма Дома музыки в Порто (2004 г.) (рис. 14) также принадлежит к серии неопределенной формы. В некоторой степени она напоминает камень, но она также выглядит как инопланетный объект, приземлившийся на исторической площади. Эта форма не претендует на архитектурное доминирование – вокруг множество исторических зданий, с которыми не просто и неэтично было бы конкурировать. Эта форма скорее работает как городская скульптура, арт-объект, который не усложняет окружение, внося в него новую интонацию. Неопределённость формы Дома музыки была ответом Колхаса на проблему традиционного музыкального зала-коробки. В концепции он писал: «Можете ли вы переизобрести такую традиционную типологию, как концертный зал? Через ее самую стабильность тяжело ее сделать частью современного мира» [12]. Чтобы сделать ее современной, архитектор отказывается от устойчивой типологической формы, предлагая бесформенность, неопределенность и нестабильность. С разных ракурсов Дом музыки предстает в различных силуэтах, по которым невозможно определить общую геометрию формы. Здание притягивает взгляд, оно современно, но не оппозиционно по отношению к окружению. Его неопределимая многозначность определяет его притягательность и предвещает невероятный пространственный опыт внутри.

Подобная неопределённость формы, ее неустойчивая геометрия присуща и башне CCTV (2012) (рис. 15) [13]. Здесь Колхас также стремился преодолеть типологические стереотипы. В данном случае он предлагает концепцию Гипербилдинга, форма которого может быть абсолютно любой. Здесь форма представляет собой результат синтеза двух башен, расположенных наклонно и связанных на уровне земли и неба. Суперпетля отдалённо напоминает китайский



Рис. 14. Дом музыки в Порто. 2004 г.
Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/casa-da-musica>

иероглиф, но только отдаленно, не указывая напрямую на тот или иной конкретный знак. Колхас предпочитает избегать банальности и узнаваемости традиционных типов. Кроме CCTV примером типологического парадокса является Интерлейс в Сингапуре (2013 г.) (рис. 16). Интерлейс – это «вертикальная деревня», состоящая из 31 жилого дома, которые переплетаются между собой. Не существует прецедента, который мог бы быть применен здесь. Горизонтальные блоки чередуются с открытыми пространствами. Весь объект, напоминающий скульптурную сетку, можно также отнести к изобретенному Колхасом типу – Гипербилдингу.



Рис. 15. Башня CCTV в Пекине. 2012 г.
Источник иллюстрации: <https://www.dezeen.com/2014/11/26/rem-koolhaas-defends-cctv-building-beijing-china-architecture/>



Рис. 16. Интерлейс в Сингапуре. 2013 г.
Источник иллюстрации: <https://www.archdaily.com/627887/the-interlace-oma-2/55498741e58ece423b00001a-the-interlace-oma-2-photo>

Архитектурная концепция Библиотеки Алексиса Токвиля в Кане (2016 г.) (рис. 17) – символический и пространственный перекресток четырех областей знания: литературы, искусства, гуманитарных и естественных наук. Результирующая форма – крест. Но то, что мы видим, на самом деле скорее представляет собой идею креста. Блоки пересекаются не под прямым углом, торцы блоков скошены и различны по своей геометрии. Снова неоднозначность, нестабильность и диссонансы обеспечивают эффект искусства при восприятии скорее, чем жесткой конструкции. Этот эффект усиливается свободной композицией плана, далекой от рациональности классицизма и функционализма. Парадокс заключается в том, простая форма перестает быть примитивной, но достигает максимальной выразительности и сложности звучания за счет нюансов геометрии. Случай здесь играет важную роль художественного инструмента, благодаря которому появляется пластическая и пространственная свобода.

Один из последних проектов ОМА – Центр исполнительских искусств Тайбэя (2022 г.) (рис. 18) – разрывает с идеей геометрической деформацией архетипов. Его форма представляет собой сборку типов театральных залов – Сферического театра «Глобус», классического зала Большого театра и «Синего ящика» вокруг центрального куба, который позволяет объединение двух последних залов в Супертеатр. Брутальная супрематическая форма парит над рыночным районом города, создавая контраст Гипербилдинга в фрагментированном окружении азиатского рынка. Любая классическая форма традиционного театра была бы инородной для Тайбэя, демонстрируя оппозиции западной и восточной культуры. Но абстрактный и одновременно сюрреалистический образ

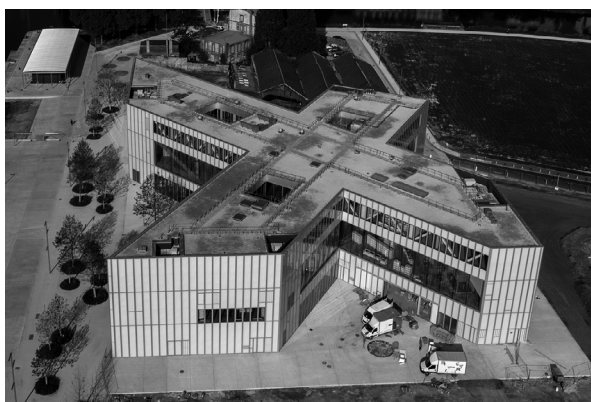


Рис. 17. Библиотека Алексиса Токвиля в Кане. 2016 г.
Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/bibliotheque-alexis-de-tocqueville>



Рис. 18. Центр исполнительских искусств в Тайбэе. 2022 г. Источник иллюстрации: <https://www.oma.com/projects/taipei-performing-arts-center>

нового театра вписывается в азиатский мир, наполненный разномасштабными и часто временными формами. Такой знак дополняет локальный колорит, а не разрушает его.

Архитектурная форма у Колхаса – это всегда знак, но при этом его природа сложна и наполнена коннотациями. Метафоры, прототипы, символы переосмысливаются и объединяются в новое целое, запоминающееся и узнаваемое. И все же каждый знак можно прочесть как интерпретацию любимых тем Колхаса, извлеченных из истории, культуры, философии и реализованных посредством стратегий современного искусства [14].

Выводы

Концептуальный подход Колхаса основывается на радикальном пересмотре традиционных подходов, типологий и моделей. Каждый раз архитектор задается вопросом: как подвергнуть ревизии существующие стереотипы и общепринятые нормы? Каждый его проект становится изобретением на уровне функциональной программы, пространственной структуры и архитектурной формы. Но на протяжении всего творчества Колхаса выделяются его концептуальные стратегии, разработанные в его ранние годы и являющиеся результатом его кинематографического, исследовательского и архитектурного опыта. Его идеальный объект – это концептуальный Вавилон, в котором сосуществуют различные сценарии с бесконечным количеством героев и действий. Сверхплотность является главным качеством такого объекта, обеспечивая непрерывное обновление и разнообразие коллизий. Столкновения и противоречия создают напряжение и смысл каждого объекта, определяя развитие пространственной струк-

туры по различным траекториям движения. Именно архитектурный променада становится ключом к созданию архитектурно-планировочной схемы. Кинематографичное пространство наполнено множеством визуальных эпизодов. Архитектурная форма объекта становится иконичной. С одной стороны, она является оболочкой, обеспечивающей внешнее единство нового целого, с другой – она призвана играть роль нового урбанистического монумента, изменяя городской силуэт, становясь центром притяжения и коллективным символом. Три концепции – социальный конденсатор, архитектурный променада и иконический проект – разрабатываются в каждом объекте Колхаса/ОМА и являются наиболее влиятельными сегодня среди поколения его учеников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилова Э.В. Концепция коллажного города Колина Роу и Фреда Кеттера в контексте современной теории архитектуры // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1 (42). С. 103–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.14
2. Cortes J. A. Delirious and More. The Lessons of the Skyscraper // El Croquis. 2006. №131/132 P. 9–31.
3. Lootsma B. Kooolhaas, Constant and Dutch culture in the 1960's [Электронный ресурс]. URL: <http://txt.architecturaltheory.eu/?p=1320&lang=en> (дата обращения: 17.10.2022).
4. Данилова Э.В. Р. Коолхаас «Экзодус, или добровольные узники архитектуры»: архитектурный концепт как проектный и визуальный сценарий // Современная архитектура мира. 2018. №10. С. 55–73.
5. Kooolhaas R. Delirious New York. New York: The Monacelli Press, 1997. 320 p.
6. Гинзбург М. Конструктивизм как метод лабораторной и педагогической работы // Современная архитектура. 1927. № 6. С. 160–166.
7. Seattle Central Library [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oma.com/projects/seattle-central-library> (дата обращения: 17.10.2022).
8. Universal modernization patent «Loop-trick» // R. Kooolhaas Content. GmbH: Tashen, 2004. P.76.
9. Universal modernization patent «Inside-outside city» // R. Kooolhaas Content. GmbH: Tashen, 2004. P.79.
10. Unraveling // Kooolhaas R. S, M, L, XL, New York: Monacelli Press, 1995. P. 1316.
11. Zeebrugge Sea Terminal [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oma.com/projects/zeebrugge-sea-terminal> (дата обращения: 17.10.2022).
12. Casa da Musica // R. Kooolhaas Content. GmbH: Tashen, 2004. P.304.
13. Данилова Э.В. Рем Колхас: переопределение небоскреба // Современная архитектура мира. 2022. №1(18). С. 11–27. DOI: 10.25995/NIITIA.G.2022.18.1.001.
14. Bock I. Six canonical projects by Rem Kooolhaas. Berlin: JOVIS, 2015. 370 p.

REFERENCES

1. Danilova E.V. Concept of the collage city of Colin Rowe and Fred Ketter in the context of contemporary architecture theory. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 103–109. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.14
2. Cortes J.A. Delirious and More. The Lessons of the Skyscraper. *El Croquis*. 2006. N. 131/132. P. 9–31.
3. Lootsma B. Koolhaas, Constant and Dutch culture in the 1960's. Available at: <http://txt.architectural-theory.eu/?p=1320&lang=en> (accessed 17 October 2022).
4. Danilova E.V. R. Koolhaas "Exodus or voluntary prisoners of architecture": an architectural concept as a design and visual scenario. *Sovremennaya arhitektura mira*. [Contemporary worlds architecture], 2018, no 10. pp. 55–73. (in Russian)
5. Koolhaas R. *Delirious New York*. New York. The Monacelli Press. 1997. 320 p.
6. Ginzburg M. Constructivism as a method of laboratory and pedagogical work. *Sovremennaya arhitektura* [Contemporary architecture], 1927, no. 6, pp. 160–166. (in Russian)
7. Seattle Central Library. Available at: <https://www.oma.com/projects/seattle-central-library> (accessed 17 October 2022).
8. Universal modernization patent «Loop-trick» in R. Koolhaas Content. GmbH. Tashen. 2004. P. 76.
9. Universal modernization patent «Inside-outside city» in Koolhaas R. Content. GmbH. Tashen. 2004. P. 79.
10. Unraveling in Koolhaas R. S, M, L, XL. New York. Monacelli Press. 1995. P. 1316.
11. Zeebrugge Sea Terminal. Available at: <https://www.oma.com/projects/zebrugge-sea-terminal> (accessed 17 October 2022).
12. Casa da Musica in R. Koolhaas Content. GmbH. Tashen. 2004. P. 304.
13. Danilova E.V. Rem Koolhaas: skyscraper redefinition. *Sovremennaya arhitektura mira*. [Contemporary worlds architecture], 2022, no. 1(18), pp. 11–27. (in Russian) DOI: 10.25995/NIITIAG.2022.18.1.001
14. Bock I. Six canonical projects by Rem Koolhaas. Berlin. JOVIS. 2015. 370 p.

Об авторе:

ДАНИЛОВА Элина Викторовна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства, советник РААСН
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: red_avangard@mail.ru

DANILOVA Elina V.

PhD in Architecture, Professor
of the Town Planning Chair
RAASN Advisor
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: red_avangard@mail.ru

Для цитирования: Данилова Э.В. Концептуальные стратегии в творчестве Рема Колхаса // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 103–114. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.14.

For citation: Danilova E.V. Conceptual strategies in the works of Rem Koolhaas. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 103–114. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.14.

Е. А. РЕПИНА
А. С. БЕКАРЮКОВА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ В ИНДУСТРИИ ДИЗАЙНА

ECOLOGICAL PRACTICES IN THE DESIGN INDUSTRY

Анализируются актуальные «зеленые» решения и практики, применяемые в индустрии дизайна. Рассмотрены современные технологии дизайн-проектирования с точки зрения соблюдения принципа экологичности. Подчеркивается идеологическая и практическая важность экологического вопроса. Определен ряд преимуществ внедрения экологических практик в дизайн, а также связанных с этим проблем и вызовов.

The article analyses actual “green” solutions and practices applied in the design industry. Modern technologies of design-projecting from the point of view of observing the principle of environmental friendliness are considered. The ideological and practical importance of the ecological issue is emphasised and the universal concern about it is asserted. A number of advantages of incorporating environmental practices into design are identified, as well as related problems and challenges.

Ключевые слова: дизайн, графический дизайн, экологический вопрос, экопрактики, экодизайн, упаковка, айдентика, устойчивое потребление

Keywords: design, graphic design, environmental issue, ecopractices, ecodesign, packaging, brand identity, sustainable consumption

Дизайн – это многогранное явление, которое имеет как проектно-ориентированные, так и социокультурные аспекты. Продукты дизайна не только выполняют определенные функции и организуют жизнь людей, но также влияют на их физическое и психическое состояние, формируют вкусы, потребительские предпочтения, мировоззрение, эстетические и этические идеалы.

Идеологическую и практическую важность сегодня приобретает экологический вопрос. Экологическая повестка стала актуальной еще в середине 1960-х гг., именно тогда было осознано существование глобальных проблем на мировом уровне.

В 60-х гг. годах прошлого века глобальные проблемы человечества стали предметом многих научных исследований и широких дискуссий в развитых странах и СССР, а в последующем десятилетии – в третьем мире [1, с. 11]. Экологическая проблема, как глобальная проблема человечества, была сформулирована и представлена в 1972 г. в докладе Римскому клубу «Пределы роста» [1, с.12].

Экологический вопрос становится частью актуальной философской повестки. В постмодернистской философии природа рассматривается как Другой, как отверженная, отчужденная часть культуры, как ее репрессированная оппозиция.

В современной философии появляется такое направление, как «темная экология». Термин был введен британским философом и экологом Тимоти Мортоном, в своем учении экокритик опирается на концепцию «объек-

тно-ориентированной онтологии» (ООО) Грэма Хармана, американского философа. Объектно-ориентированная онтология стремится преодолеть антропоцентризм, т. е. представление о том, что человек находится в центре смысла, власти. Такой подход может быть полезен в эпоху, когда человек должен по крайней мере признать значимость других форм жизни [2, с. 42]. С точки зрения Тимоти Мортон парадокс экологической эпохи заключается в том, что «через тысячи лет ничто из того, что каким-то образом связано с нами, не будет иметь никакого значения. Но то, что мы сделали, будет иметь огромные последствия» [2, с. 44].

Важность таких последствий все больше осознается в современном мире. К положительным тенденциям экологичного и устойчивого развития последних лет относится смещение акцентов в производстве энергии, снижение энергопотребления, переход на растительное питание, распространение регенеративного сельского хозяйства, изменение отношений с пластиком, развитие переработки и компостирования, осознанность потребителей, медленная мода, безотходный шопинг.

Согласно данным мониторинга десятилетней давности, проведенного экспертами Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, большинство опрошенных взрослого населения (16+) России интересуются состоянием окружающей среды (78 %). 61 % респондентов поставили по меньшей мере одну из экологических проблем

(исчерпание природных ресурсов, рост энергопотребления, дефицит продуктов питания) на первое место в рейтинге глобальных вызовов для человечества (полный список глобальных проблем составлен с учетом результатов Прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 года (утвержден Председателем Правительства РФ) [3, с. 1].

На данный момент существует немало количество социальных организаций, участвующих в решении экологического вопроса. Сегодня в России ведет активную деятельность молодое сообщество «Собиратор»¹, созданное в 2018 г. в Москве, участники которого стремятся к устойчивому развитию экологической культуры, организаторами проводятся различные интерактивные мероприятия, конференции и экоакции. В сотрудничестве с сервисом экспресс-доставки «Самокат» представители сообщества запустили экологическую акцию «Забота начинается с простого». Это первая экологическая инициатива сервиса, в рамках которой потребители могли сдавать использованную упаковку, в благодарность получая скидку на следующий заказ. Проект «Собиратор» применяет комплексный подход, включающий изменение стиля жизни, поддержку развития инфраструктуры раздельного сбора мусора, сотрудничество с предприятиями и влияние на законодательную базу.

В наши дни в сфере ритейла активно развиваются циклические практики в упаковке. Одной из таких инициатив является использование экосумки в продуктовой розничной сети «ВкусВилл» (и многих других) – многоцветного шоппера с QR-кодом, который необходимо сканировать на кассе, в обмен на это покупатели получают бонусы. Таким образом компания стимулирует потребителя отказаться от использования одноразовых пластиковых пакетов.

С одной стороны, бытует мнение, что соблюдение принципов экологичности – тренд, присутствующий во многих сферах деятельности и жизни общества, включая архитектуру, мир моды, дизайн вообще. Тренд на осознанный выбор потребляемой продукции с экологической и этической точек зрения набирает обороты с 2019–2020 гг. Считается, что основными потребителями и сподвижниками экотренда является молодое поколение Z и поколение миллениалов [4, с. 99].

С другой стороны, как уже было описано выше, существует общественная озабоченность по поводу экологической ситуации в мире. По результатам дистанционного социального анкетирования, проведенного в городе Самаре

и области, 100 % опрошенных важно состояние окружающей среды в родном городе; 41,8 % знакома концепция zero-waste; 44,8 % интересуются данной концепцией; исключительное большинство в силу своих возможностей заботится о состоянии окружающей среды: 10,4 % опрошенных занимаются волонтерской деятельностью, 41,8 % – сдают макулатуру, пластиковые отходы на переработку, 29,9 % – сортируют мусор и сдают отходы на переработку в специально отведенные пункты².

Так или иначе оба факта указывают на то, что в современном мире все больше людей придерживаются принципов экологической ответственности, спрос на экологичность растет в геометрической прогрессии, в связи с чем получают широкое распространение экологические практики. Причем в различных профессиональных сферах они реализуются в разных формах.

Экологические практики подразумевают готовность к изменениям и преобразованию привычных действий с целью создания гармоничного сосуществования человека и природы, они также находят применение в индустрии дизайна.

Целью данной статьи является анализ экопрактик в индустрии дизайна.

В рамках экопросветительских практик у общественности формируются определенные нормы, ценности и образцы экологичного поведения. Результатом распространения знаний, умений, навыков в сфере практической экологической деятельности является повышение экологической грамотности населения и развитие экологической культуры и сознания [5, с. 6].

Дизайн, графический дизайн в частности, служит тем же источником просвещения общественности. Дизайнер имеет дело с предметом, но его цель не предмет, а человек, как говорил дизайнер и педагог Л. Мохой-Надь («Баухаус») [6, с. 23].

Переход к экономике замкнутого цикла и достижение целей устойчивого развития требуют от российских компаний применения новых подходов и решений на всех этапах производства. Важная роль в этом процессе отводится дизайну, который должен обеспечивать не только использование переработанных и биоразлагаемых материалов, но и оказывать стратегическое влияние на преобразование бизнес-моделей и общественных отношений. Современный дизайн призван способствовать переходу от разрозненных инициатив к системной работе в этом направлении.

Экопрактики в дизайне подразумевают создание продуктов, услуг и процессов, которые оказывают минимальное воздействие на окру-

¹ Проект «Собиратор». URL: <https://sobirator.ru/about/>.

² Анкетирование: <https://forms.gle/2npPGX8bGUyfUdb18>.

жающую среду на всех этапах их жизненного цикла: от производства до утилизации и вторичного использования. Экологичный дизайн или экодизайн направлен на снижение потребления ресурсов, минимизацию отходов и загрязнения, а также на повышение энергоэффективности.

Существует немалое количество примеров применения экологических практик. В первую очередь, жизнь человека неразрывно связана с предметным миром – миром вещей и материалов. Так, одной из областей дизайна, в которой экопрактики находят активное применение, является предметный и промышленный дизайн.

В данном контексте справедливо будет упомянуть модель «от колыбели до колыбели» Михаэля Браунгарта и Уильяма МакДонаха. Авторы концепции предложили новую промышленно-экологическую революцию. В основе идеи стоит создание промышленной системы, способствующей снижению токсичных выбросов, уменьшению количества производства опасных материалов и ненужных отходов с течением времени. Под моделью М. Браунгарта и У. МакДонаха также понимается система сертификации, которая анализирует безопасность продукции, опираясь на материалы и производственные методы, использованные в ее создании [7].

Еще в 2012 г. студент Дейв Хаккенс создал проект “Precious plastic” («драгоценный пластик») в качестве дипломной работы. Проект заключался в разработке технологии создания из пластика различных предметов. Работа Дейва Хаккенса задала новое позитивное направление в отношении осознанного потребления, заключающееся по большей мере в возвращении пластика в общий оборот. Практика вторичной переработки пластмассовых изделий считается одной из самых востребованных за последние несколько лет. В настоящие дни изделия из переработанного пластика встречаются повсеместно: их можно найти среди предметов интерьера, промышленного дизайна, в одежде и аксессуарах, посуде, среди канцелярских товаров.

Для изготовления предметов мебели, декора и украшений может быть также использован экологически чистый материал под названием Sea Stone. Разработка принадлежит дизайн-студии newtab-22 (Сеул, Лондон). Проект был основан на идее переработки морских раковин, которые содержат большое количество карбоната кальция, что делает их состав схожим с известняком, используемым для создания цемента.

Актуальными являются практики использования растительных материалов и волокон. Яркий пример – растительный кашемир бренда Vegetable Cashmere, изготавливаемый из отходов соевого белка, оставшихся в процессе приготовления тофу. Другой специфический

материал, получивший широкое распространение, – мицелий, выступающий в качестве аналога кожи из животных волокон (например, кожа из мицелия компании MycoWorks). Мицелий успешно используется и в качестве упаковочного материала, поскольку из высушенного мицелия получается упругий и нехрупкий материал – аналог картона.

Экологические проблемы и проблема перепроизводства определяют тенденцию к устойчивому или осознанному, медленному потреблению во всех сферах человеческой жизни. Фэшн-дизайн не является исключением. Современные бренды внедряют eco-friendly подходы в производство, некоторые делают экоподход главной частью уникального торгового предложения.

Апсайклинг, ресайклинг, даунсайклинг и фрисайклинг – известные экопрактики в фэшн-мире. Апсайклинг-бренды используют в качестве сырья непроданные вещи, остатки ткани, одежду из секонд-хендов и специализированных организаций ненужной одежды. Идея апсайклинга является основой работы таких брендов, как Jeans Revision, Go Authentic, Eileen Fisher и др. Практику ресайклинга используют модные дома и крупные бренды, одним из которых является Ralph Lauren, бренд открывает новые возможности производства – запускает производство футболок (поло) из пластиковых бутылок. Полиэстер, полученный из пластиковых бутылок, прибрежного мусора и других отходов, используют в своих коллекциях H&M, Stella McCartney, Nike и др. Фонд «Второе дыхание» занимается даунсайклингом – переработкой текстиля и других материалов, которые могут разлагаться до 200 лет, и превращением их в предметы одежды. Фонд сотрудничает с маркетплейсом Lamoda (за полтора года совместной работы они дали новую жизнь более 46 тоннам вещей и передали на благотворительность 113 168 единиц одежды и обуви) [8]. Также весьма распространена практика фрисайклинга. Сюда относится мода на винтажные вещи. Другими словами, фрисайклинг предполагает повторное использование вещей, дает им «вторую» жизнь.

Экодизайн стремится создать оптимальные условия для удовлетворения человеческих потребностей, поддерживая при этом экологическое равновесие. Здесь действует принцип экологической триады (3R: reduce, reuse, recycle). Однако в понятие «экологически чистый объект» вкладывается не только отсутствие отрицательного воздействия на среду, но и психологический комфорт пользования им [9].

С этими трендами связана следующая область дизайн-проектирования. Психологи-

ческий комфорт, зеленые здания и инновации – неотъемлемые элементы экодизайна в архитектуре и при проектировании жилищного пространства, интерьера.

Снижение потребления ресурсов и сокращение операционных затрат на эксплуатацию реализуется в проектах «зеленых» офисов. Так, в Москве уже функционирует около 80 бизнес-центров, сертифицированных по международным экологическим стандартам. В мастер-планах таких застроек отводятся территории под благоустройство, озеленение и под создание парковых зон – это одна из сторон экологически ориентированного дизайн-проектирования [10].

Один из бизнес-парков, «Ростех-Сити», площадью 263 тыс. м² был возведен на плите, а не на свайном основании. Этот метод строительства минимизирует воздействие на окружающую среду в долгосрочной перспективе. «Земля, выкопанная под его стилобатную часть, вторично использовалась для строительных целей» [10]. С помощью BIM-технологий была разработана эффективная модель комплекса. Она позволила учесть потребление ресурсов каждым зданием, включая пиковые нагрузки. Офисные помещения спроектированы так, чтобы максимально обеспечить доступ естественного света ко всем рабочим зонам, что значительно снижает дневное энергопотребление.

Сеть смарт-офисов SOK предлагает «зеленые» решения и в настоящее время имеет две сертифицированные площадки – SOK Сити в Москве и SOK Достоевский в Санкт-Петербурге, обе из которых получили сертификаты высокого уровня LEED Gold (Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию, 1998) [10].

Практика повышения качества жизни и создания психологического комфорта – другая сторона экоориентированного дизайн-проектирования. С точки зрения визуального оформления экологичный или биофильный дизайн предполагает интеграцию природных фактур, текстур, материалов и форм, натурального света в привычную среду человека. В современных интерьерах частных домов, квартир активно используются природные цвета – оттенки почвы, земли, песка (все вариации бежевого, коричневого, серого оттенков), простые и технологичные формы, растительный декор, что благоприятно сказывается на психике. Экология окружающего пространства тесно связана с индивидуальной экологией, так как она влияет на качество жизненного пространства, здоровье, развитие способностей и психическое благополучие. Жизненное пространство наилучшим образом демонстрирует взаимосвязь

человека с окружающей средой и отражает понятие экологичного дизайна как взаимоотношения индивидуума с окружающим миром.

Наконец, проанализируем, какие экопрактики встречаются в графическом дизайне, айдентике и как они реализуются. В век информации графический дизайн выступает основным инструментом взаимодействия человека с окружающей средой, более того, играет значительную культурно-просветительскую роль. Графическими методами можно передать основной замысел бренда, транслировать ключевые ценности и миссию. Средствами графического дизайна можно менять образ мышления потребителя.

Экологический вопрос в графическом дизайне крайне противоречив. Однако раскрыть данный вопрос помогает дуальный характер применения экопрактик в графическом дизайне.

Во-первых, в рамках экологических практик должное внимание уделяется самому процессу производства и дизайну упаковки.

В современных технологиях печати присутствует экологический подход. При офсетной печати применяются традиционные масляные краски на основе минеральных или растительных масел. Краски на основе растительного масла, безусловно, считаются более экологически чистыми, так как при их производстве не используются нефтепродукты. Если говорить о безопасности для клиентов и печатников, то фактически разницы нет, однако количество офсетной краски на отпечатке минимально, а толщина красочного слоя составляет лишь несколько микрон. В последнее время производители начали выпускать УФ-чернила, которые легко отделяются от бумаги при переработке и утилизируются. Офсетная печать считается на данный момент самой экологичной печатной технологией. Помимо этого существуют флексографские краски на водной основе.

Прогрессивные типографии стремятся минимизировать вредное влияние производства. Например, в процессе офсетной печати часто используются увлажнители с пониженным содержанием изопропилового спирта (3–5 %), а в некоторых случаях этот спирт полностью исключается. Особую роль играют биоразлагаемые запечатываемые полимолочнокислотные материалы, однако они пока еще довольно дорогие и неудобны в использовании. Ученые и исследователи по всему миру продолжают совершенствовать технологии производства упаковочных материалов [11].

Ведутся разработки в направлении создания минимальной и функциональной упаковки, которая будет удобна для повторного использования и переработки либо пол-

ного отказа от нее – некоторые бренды отдают предпочтение электронным носителям. Так, например, компания Unilever взяла на себя обязательство к 2025 г. вдвое сократить использование первичного пластика и обеспечить возможность переработки, компостирования или повторного использования всей выпускаемой упаковки [12].

Все эти меры соответствуют принципам циклической экономики и концепции 4R (refuse, reduce, reuse, recycle), которую активно внедряют многие экологически ориентированные компании по всему миру.

Refuse – практика отказа от лишнего: ненужных элементов в упаковке, таких как пакеты, пленка, картонные держатели для стаканов. Данная практика также предполагает переход на более чистые продукты.

Reduce – концепция сокращения количества отходов, согласно которой приоритет отдается использованию электронных носителей: цифровых версий каталогов, приглашений, визиток, сертификатов.

Следующая практика – практика повторного использования или reuse, о которой уже неоднократно упоминалось, предполагающая переработку упаковки или использование всевозможных ресурсов внутри компании.

И, соответственно, четвертая практика в рамках концепции 4R – recycle, основанная на процессе сортировки отходов с их последующей переработкой в новые материалы или продукты.

Так, реальный смысл экодизайна упаковки заключается в экологичном подходе. Например, отказ от ненужных цветов, когда полноцветная печать на пленке заменяется основными «красками», которые часто наносятся на голый картон. Результат дизайнерской работы должен быть проделан таким образом, чтобы ограничения в дизайне упаковки воспринимались как преимущество, а не недостаток.

Во-вторых, принцип экологичности может также присутствовать и в графике, фирменном стиле продукта или услуги.

Вполне очевидной практикой является использование растительных мотивов и образов окружающей среды в логотипе и фирменной графике. В какой-то мере это является заблуждением, поскольку экологичный брендинг предполагает сегодня не использование природных мотивов, а упрощение стиля, исключение лишних деталей, препятствующих восприятию. Использование природных образов в фирменной стилистике зависит от бренда и его задач. В реалиях современного мира, находящегося в постоянном потоке информации, работает правило – чем проще и понятнее бу-

дет разработана айдентика, тем экологичнее будет бренд по отношению к своей аудитории.

Экобренды используют в фирменном стиле природные и спокойные оттенки, что со смысловой точки зрения подчеркивает их характер. Каждый тон и оттенок имеет свою психологию воздействия. Экологичность в айдентике достигается за счет отсутствия визуального шума, агрессивных цветовых сочетаний и форм. Таким образом, при разработке фирменной стилистики дизайнеры выбирают один-два оттенка для палитры бренда, компании. Кроме того, цвета подбираются с учетом минимизации расхода чернил при печати. Экобрендинговое агентство Ecobranding даже создало собственную палитру цветов – СМУК Guide из 167 оттенков, которые значительно сокращают потребление чернил при печати.

В основе принципа экологичности лежат три основных критерия: во-первых, влияние экологичного производства на человека, во-вторых, интерес к самому экопродукту, в-третьих, значимость ощущений и эмоций, вызываемых экологичным продуктом (психологический фактор). Экоэмоции – это те эмоции и ощущения, благодаря которым человек чувствует себя комфортно, благодаря которым мы можем эффективно работать и жить. Под экоэмоциями также понимается состояние гармонии, предсчастья (нем. “Vorfrende”, Кай Краузе, из сборника эссе «Во что мы верим, но не можем доказать»).

В айдентике данные ощущения можно поддерживать за счет цвета, дружелюбный образ выстраивается и путем применения экотекстур (преимущественно с помощью текстур, имитирующих природные материалы, текстур, содержащих изображения естественных явлений, таких как вода, зелень и прочих, простые геометрические и абстрактные формы и паттерны тоже благоприятно воздействуют на психику человека).

Экоэмоции могут быть вызваны за счет использования чистых материалов. Среди экоматериалов можно выделить следующие: бамбук, бетон, пробка, нетоксичные краски, натуральная штукатурка, переработанная древесина, крафтовая бумага. Данные материалы могут использоваться как в интерьере, производстве фирменных носителей, так и в айдентике (текстуры некоторых из приведенного списка материалов).

Внедрение экопрактик в дизайн имеет ряд преимуществ:

1. Экологическое воздействие: сокращение негативного влияния на окружающую среду путем уменьшения потребления ресурсов и минимизации отходов.

2. Экономическая выгода: использование более эффективных и ресурсосберегающих тех-

нологий может снизить затраты на производство и эксплуатацию продукции.

3. Улучшение репутации: компании, следующие принципам экологичного дизайна, могут завоевать доверие потребителей и привлечь инвестиции.

4. Соответствие законодательству: во многих странах вводятся законы и стандарты, регулирующие экологичность продукции. Выполнение этих требований является обязательным для производителей.

5. Привлечение талантов: экологичный подход к дизайну привлекает талантливых специалистов, заинтересованных в защите окружающей среды.

6. Возможность инноваций: экопрактики могут стимулировать новые идеи и технологии, способствующие устойчивому развитию.

Проблема применения экопрактик в дизайне довольно противоречива по своей природе, потому внедрение подобных практик ведет за собой также ряд вызовов и проблем:

- сопротивление переменам и инерция мышления;
- высокие затраты на внедрение экотехнологий;
- недостаток информации и образования в области экологии и устойчивого дизайна;
- сложность оценки эффективности экопрактик.

В целом, экопрактики имеют важное значение для дизайна, поскольку они способствуют созданию более устойчивых и экологически ответственных продуктов и систем. Восстановление баланса между ролью человека и природы является первостепенной задачей современного дизайнера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Устойчивое развитие: Новые вызовы / под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна, Н. А. Пискуловой. М.: Аспект Пресс, 2015. 336 с.
2. Мортон Т. Статья экологичным. М.: Ад Маргинем Пресс, 2019. 240 с.
3. Чернович Е., Полякова В., Фурсов К. Экопрактики и отношение россиян к проблемам окружающей среды // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». 2015. Информационный бюллетень №2. С. 1–4.
4. Суворова С.Д., Луканченкова М.О. Влияние “eco-friendly” тенденций на поведение потребителей // Инновационная экономика: Перспективы развития и совершенствования. 2020. №8 (50). С. 98–103.
5. Сборник эколого-просветительских практик и форм поддержки данных практик // Российское общество Знание. 2022. 77 с.
6. Боров Ю. Б. Эстетика. М.: Высш. шк., 2002. 511 с.
7. Браунгарт М., МакДонах У. От колыбели до колыбели. Меняем подход к тому, как мы создаем вещи / Ад Маргинем Пресс. 2020. 208 с.
8. Долголаптева К. Даунсайклинг и апсайклинг: как собрать экологичный гардероб [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/forbeslife/432125-daunsaykling-i-apsaykling-kak-sobrat-ekologichnyy-garderob> (дата обращения: 03.12.2023).
9. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн как направление современного дизайна. Определение понятия // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 400.
10. Булакова Н. Экологичность, биофильный дизайн и энергоэффективность: что такое «зеленые» офисы [Электронный ресурс]. URL: https://stoi.mos.ru/articles/ekologichnost-biofilnyi-dizain-i-enierghoeffektivnost-cto-takoe-zielenye-ofisy?utm_source=email&utm_medium=news&utm_campaign=1426&from=cl (дата обращения: 30.11.2023).
11. Эслер Б. В поддержку «зеленой» полиграфии [Электронный ресурс]. URL: https://www.publish.ru/articles/200707_4593165 (дата обращения: 03.10.2023).
12. Unilever намерен перейти на перерабатываемую пластиковую упаковку к 2025 году [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unilever.ru/news/unilever-commits-to-100-percent-recyclable-plastic-packaging-by-2025> (дата обращения: 30.11.2023).

REFERENCES

1. Danilov-Danilyan V.I., Piskulova N.A. *Ustoychivoe razvitiye: Novye vyzovy* [Sustainable Development: New Challenges]. Moscow, Aspect Press Publ., 2015. 336 p.
2. Morton T. *Stat' ekologichnym* [Being Ecological]. Moscow, Ad Marginem Press Publ., 2019. 240 p.
3. Chernovich E., Polyakova V., Fursov K. Environmental Ecopractices and Russians' Attitudes towards Environmental Problems. *Natsional'nyy issledovatel'skiy universitet "Vysshaya shkola ekonomiki"* [National Research Univ. of Higher School of Economics], 2015. no. 2, pp. 1–4. (in Russian)
4. Suvorova S.D., Lukanchenkova M.O. Impact of “eco-friendly” trends on consumer behavior. *Innovatsionnaya ekonomika: Perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya* [Innovation Economy: Prospects for Development and Improvement], 2020, no. 8 (50), pp. 98–103. (in Russian)
5. *Sbornik ekologo-prosvetitel'skikh praktik i form podderzhki dannyykh praktik* [Collection of environmental education practices and forms of support for these practices]. Russian Knowledge Society Publ., 2022. 77 p.
6. Borev Y.B. *Estetika* [Aesthetics]. Moscow, High School Publ., 2002. 511 p.
7. Braungart M., McDonagh W. *Ot kolybeli do kolybeli. Menyaem podkhod k tomu, kak my sozdaem veshchi* [Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things]. Ad Marginem Press Publ., 2020. 208 p.
8. Dolgolapteva K. Downcycling and upcycling: how to assemble an eco-friendly wardrobe. Available at: <https://www.forbes.ru/forbeslife/432125-daunsaykling-i-apsaykling-kak-sobrat-ekologichnyy-garderob> (accessed 3 December 2023).

9. Pankina M.V., Zakharova S.V. Ecological design as a direction of modern design. Definition of the concept. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Current problems of science and education], 2013, no. 4, 300 p. (in Russian)

10. Bulgakova N. Sustainability, biophilic design and energy efficiency: what green offices are all about. Available at: https://stroimsk.ru/articles/ekologichnost-biophil-nyi-dizain-i-energoeffektivnost-cto-takoe-zelienyie-ofisy?utm_source=email&utm_medium=news&utm_campaign=1426&from=cl (accessed 30 November 2023).

11. In support of "green" printing. Available at: https://www.publish.ru/articles/200707_4593165 (accessed 3 October 2023).

12. Unilever aims to switch to recyclable plastic packaging by 2025. Available at: <https://www.unilever.ru/news/unilever-commits-to-100-percent-recyclable-plastic-packaging-by-2025> (accessed 30 November 2023).

Об авторах:

РЕПИНА Евгения Александровна

кандидат архитектуры, профессор, профессор кафедры архитектуры
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
профессор кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет
443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ip@samgtu.ru

REPINA Evgenia Al.

PhD in Architecture, Professor, Professor of the Architecture Chair
National Research Moscow State University of Civil Engineering
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26
Professor of the Innovative Design Chair Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: ip@samgtu.ru

БЕКАРЮКОВА Анна Сергеевна

преподаватель английского языка, графический дизайнер
ОАО ДПО «СКАЕНГ»
109004, Россия, г. Москва,
ул. Александра Солженицына, 23А, стр. 1
E-mail: anya.bekaryukova@gmail.com

BEKARYUKOVA Anna S.

English teacher, Graphic Designer
OANO DPO SKAENG
109004, Russia, Moscow,
Alexander Solzhenitsyn str., 23A, bldg. 1
E-mail: anya.bekaryukova@gmail.com

Для цитирования: Репина Е.А., Бекарюкова А.С. Экологические практики в индустрии дизайна // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 115–121. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.15.

For citation: Repina E.A., Bekaryukova A.S. Ecological practices in the design industry. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 115–121. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.15.



И. Д. ГУДЬ
Е. А. АХМЕДОВА

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ МЕГАПОЛИСА БОЛЬШАЯ САМАРА. ЧАСТЬ II

THE BASIC PRINCIPLES OF URBAN PLANNING TRANSFORMATION
OF THE MEGAPOLIS GREATER SAMARA SUBURBAN AREA. PART TWO

Феномен субурбанизации в ходе интенсивной трансформации пригородных зон мегаполисов сегодня достиг зрелой фазы. Пригороды, некогда состоящие в основном из селитебных зон, обросли новыми мощными видами неоиндустриального производства. Транспортно-логистические узлы с местами притяжения локального туризма, спорт, сельская культура и ремесленничество наделили идентификационными маркерами пригородные зоны и окраинные пояса городских агломераций мегаполиса мультиузловыми характеристиками. Автор опирается на научные труды специалистов, изучающих городские процессы, связанные с международным и российским интересом к феномену трансформации пригородных зон мегаполисов. На примере поволжского мегаполиса Большая Самара рассматривается: пространственная структура мультиузловых систем, длинноволновые циклы последовательности технологического уклада мирового сообщества, основные этапы трансформации поволжского мегаполиса.

Ключевые слова: мультиузел, пригородная зона мегаполиса, селитьба, транзитно-ориентированное проектирование, экономические волны, последовательность

Введение. Сформировавшийся исторический процесс системы расселения предопределил существование двух основных типов поселения – это город и сельский населённый пункт. Градостроительная трансформация городов происходила за счёт вынесения на периферию города таких функциональных зон, как

Today the suburbanization phenomenon in the course of intensive suburban areas transformation of megapolises has reached a mature phase. The suburbs, formerly consisted only of residential areas, have been overgrown with new powerful types of neo-industrial production. Multihubs with the places of attraction of local tourism, sports, rural culture and handicrafts have endowed with identification markers suburban zones and suburban belts of megapolis urban agglomerations with multihub characteristics. The author's article is based on the scientific works of specialists studying urban processes related to international and russian interest in the phenomenon of transformation of megapolis suburban areas. Using the example of the Volga megapolis Greater Samara, there are considered: Spatial structure of multihub systems; long-wave cycles of the sequence of the technological structure of the world community.

Keywords: multihub, suburban area of megapolis, residential area, transit-oriented design, economic waves, sequence

селитьба, производство и ландшафтно-рекреационные территории. Взаимопроникновение городского и сельского механизма адаптации сформировало на окраине населённого пункта особые территории – пригороды. Эволюция системы расселения происходила за счёт многообразия воздействий климатических, ландшафтных, производственных и других факторов.

шафтных, градостроительных, социальных и экономических факторов. Основные признаки, отличающие город от сельского населённого пункта, – это занятость жителей сельского поселения в отрасли сельского хозяйства, в профилирующей деятельности (добыча полезных ископаемых, лесное хозяйство, обслуживание транспорта и т. д.) и плотность застройки [1]. В основе настоящих сформулированных предпосылок автор придерживается исследований отечественных и зарубежных авторов, опубликованных в XX – начале XIX вв. в изданиях, входивших в российские и международные базы научного цитирования. Кроме того, в качестве основы для прогнозирования была взята «Национальная доктрина градостроительства России» 2000 г., разработанная под руководством архитектора, академика РААСН И.М. Смоляра, и «Градостроительная доктрина России с целью обозначения основных принципов формирования среды жизнедеятельности человека в современных условиях в переходный период», актуализированная в 2010 г. [2]. В процессе своего развития, города оказывали сильное центростремительное влияние на окружающие их сельские поселения. Урбанизация, вызванная индустриальным периодом, изменила облик систем расселения за счёт развития социальной инфраструктуры на территориях повышенной социальной мобильности населения.

В ходе изучения процесса исторического развития систем расселения были вскрыты основные закономерности формирования поселений. Установлено, что формирование опорного каркаса поселения проходит в три стадии [3]. Начальная стадия – *точечная*. В ней концентрируются городские процессы и накапливается социально-экономический и культурный потенциал, формируются центростремительные потоки: строятся резиденции, культовые центры, торговые центры, ремесленные лавки, жилые дома, казармы и пр. Последующая стадия – *пригородная, или субурбанизация*. В ней происходит процесс заселения периферийных зон и формирование вокруг города пригородных территорий, формируются центробежные потоки. При субурбанизации происходит формирование крупных селитебных районов с открытием на территории пригородных зон как непромышленных секторов экономики, так и малых производств и фабрик. Третья стадия роста – *городская централизация, или урбанизация*. При урбанизации происходит разлом в развитии общества, при котором наблюдается стремительная миграция населения из сельской местности в города. Формируется мощный центростремительный поток людей из сельской местности в развивающиеся под-

центры города, но уже не в город-центр, а в новые городские ядра первого и последующих порядков. Так, например, специалист в области истории и социологии градостроительства В.Л. Глазычев описывал эволюцию городского пространства как технократическое пространство, где инженерные и жилищно-коммунальные инфраструктурные преобразования (вода, энергия, транспорт, связь и т. п.) составляют саму сущность города, и что взаимодействие периферии и центра на разных этапах развития общества происходят циклично [4]. Четвёртая стадия – *городское агломерирование*. При городском агломерировании возникает явление полицентризма, происходит формирование вокруг крупного города-ядра спутниковой зоны, состоящей из рабочих городков и промышленных комплексов со своими субцентрами. Согласно разработкам геоурбаниста Георгия Лаппо, происходящие процессы в урбанизации городов в большей степени зависят от окружающей территории. Учёный выступал с концепцией каркасно-сетевой структуры территории, где суть научной работы заключалась в формировании опорного каркаса расселения, учитывавшего дифференциацию территорий и условия его трансформации. Интенсивные хозяйственные связи в системах расселения свидетельствовали о появлении новой формы пространственной структуры групп поселений, характеризующиеся регулярными трудовыми, культурно-бытовыми и рекреационными связями с маятниковой миграцией населения, приведшими к возникновению сплошной урбанизированной территории, включающей процессы агломерации и конурбации [5]. Формируются центробежные потоки населения. Пятая стадия – *мегаполизация*. Внутри крупнейших городских агломераций и конурбаций возникают территориально-градостроительные образования, так называемые агломерации второго порядка, вместе формирующие ещё более обширные образования – мегаполисы. Происходит миграция населения в субцентры – это малые населённые пункты, расположенные в 1–1,5-часовой доступности с городом-ядром агломерации. Наряду с этим крупные производства выносятся за городскую черту города-ядра. Происходит формирование новых «точек роста» агломерации, которые перенимают на себя некоторые функции города-ядра. Происходящие процессы в новых точках роста формируют процесс эксурбанизации, при котором недавние пригородные районы за городской чертой входят в состав города-ядра. В новых пригородах относительно города наблюдается низкая плотность, лучшая экологическая обстановка и вследствие этого – выше уровень жиз-

ни. Шестая стадия – *метрополитенский ареал*. Такие территории формируются в местах ссывания нескольких городских агломераций, объединённых устойчивыми и многообразными связями с общей социальной и техногенной инфраструктурой. В России таким примером может быть Московско-Владимирско-Нижегородский агломерационный коридор, формирующийся в Восточно-Московский метрополитенский ареал [6].

Цель работы. Сформулировать авторскую методику по определению и выявлению градостроительной типологии мультиузловых систем, разбитую по рангам, зависящим от сложности протекающих в них процессов и вариантов комбинаций различной транспортной инфраструктуры. Обобщить и систематизировать основные этапы трансформации Поволжского мегаполиса в мировом контексте, взяв за основу экономическую концепцию Кондратьева 1913 г. Автор предлагает в своём исследовании записать длинноволновые циклы экономического развития в виде последовательности, которые допускают повторения, причём порядок экономической последовательности строго зависит от трёх составляющих: *первичного источника энергии, движителя и промышленного производства*, продолжительность берётся около 40–60 лет.

Теоретическая часть. В статье автором сделана попытка опереться в своём исследовании функционально-пространственного развития градостроительных структур Среднего Поволжья и, в частности, этапов трансформации пригородных территорий крупных городов Самарской области – Самары, Тольятти (ранее Ставрополь), Сызрани и других на выявленную учёными-экономистами цикличность в развитии производительных сил [7, 8]. С изобретением новых технологий, которые со временем становятся прорывными, приходит увеличение производственных масштабов и формирование новейших отраслей экономики. Для определения закономерностей в области развития градостроительных структур и новых базовых технологий как двигателя экономического роста существует несколько различающихся между собой циклически-волновых теорий таких видных учёных, как: Джозеф Китчин (Joseph Kitchin) – в 3–4 года, Клеман Жюгляр (Clément Juglar) – в 7–11 лет, С.А. Кузнец – повторяющиеся циклы – в 15–25 лет, Н.Д. Кондратьев – волны продолжительностью в 45–60 лет и др.

Взаимосвязь смены технологического уклада и основного производственного капитала, начинавшаяся вначале с заменой инфраструктуры народного хозяйства, всесторонне обосновал директор-основатель в 1920 г. Института конъюнктуры в Москве Николай Кондратьев,

войдя с исследованиями в мировую экономическую науку под наименованием «волны Кондратьева». Они описывают, что в начале каждой волны возникают новые технологические инновации, которые революционизируют методы производства, а также структуру глобального рынка и градостроительных структур. Жизненный цикл технологических изменений, основанных на фундаментальной теории Кондратьева, сформулировал современный экономист администрации президента России С.Ю. Глазьев. В трудах экономиста кондратьевские волны пролонгированы до настоящего времени и транслируются в будущее развитие капитализма. Концепция экономических волн характеризует переход от внедрения к насыщению, старению технологий и изобретению новых экономических индикаторов, таких как первичные источники энергии, движитель и промышленное производство [9].

Начальный период становления Поволжского региона отсчитывается с XVI в. Автор рассматривает его как первоначальный, далее накладывает основную теорию длинных волн Кондратьева 1800–1900 гг. и современную концепцию длинноволновых процессов Глазьева в развитии экономики, подхватывающую предшествующие волны, и делает попытку прогноза последующих экономических волн.

Автор, основываясь на трудах учёных-экономистов, сформулировал последовательности волнообразных технико-экономических подъёмов и падений, датируемых этапами цивилизационного общества. Последовательности разделены на следующие экономические переменные: первичный источник энергии и вид получаемого топлива, зависящий от отрасли народного хозяйства; движитель, преобразующий энергию для производства полезной работы, связанный с развитием технологией получения энергии; промышленное производство, преобразующее сырьё в готовую продукцию с постоянным ростом производительности труда.

Авторские последовательности, рассмотренные на фазах:

1-я последовательность. Аграрный этап (XVI–XVII вв. или 1501–1689 гг.)

Первичные источники энергии – древесный уголь. Сила воды и ветра.

Движитель – ветреная и водяная мельницы.

Промышленное производство – кустарное производство. Ручной ремесленный труд. Сельское хозяйство. Пушной промысел. Животноводство.

В 1565 г. на реке Уче в 32 км от Москвы основана бумажная фабрика помещика Фёдора Савинова, работающая на приводе водяной мельницы [10].

В 1581 г. поход Ермака Тимофеевича по царской грамоте неразрывно связал Поволжье и освоение Сибири, результатом которого стал натуральный налог пушниной, ставший главным продуктом торговли и способствовавший развитию городов на Великом Волжском пути от Передней Азии до стран Северной Европы. В 1680 г. купцы Фёдор и Осип Баженины на правом берегу Северной Двины в д. Вавчуга построили водяную самодействующую пильную мельницу. В 1700 г. построили в Вавчуге верфь, заложили на ней два торговых судна, завели канатный, прядильный и парусный артели для производства такелажа [11].

В 1689 г. подписан Нерчинский договор главой внешнеполитического ведомства Фёдором Головиным и первым послом при китайском императорском дворе Сонготу. В этом же году воевода И.А. Власов основал Нерчинский серебряноплавильный завод на реке Аруни в Иркутской губернии, где сразу был установлен бронным мастером Козьмой Новгородцевым рудоплавильный сыродутный горн с ручными мехами. Основой для него служили Агунские серебряные месторождения, добытые русским землепроходцами в 1630-х гг.: Пётр Бекетов, Максим Перфильев, Василий Поярков, Ерофей Хабаров.

Предприниматель Уильям Риттенхаус (William Rittenhouse) в Испанской колонии, Пенсильвания основал первую бумажную фабрику в североамериканских колониях, работающую на приводе водяной мельницы на ручье Моношоп.

2-я последовательность. Доиндустриальный этап (XVII-XIX вв., или 1690–1850 гг.)

Первичные источники энергии – древесный уголь. Сила воды и ветра. Энергия пара. Золото. Аккумуляторная батарея.

Двигатель – паровой двигатель внешнего сгорания. Агрегатный станок (полуавтоматический).

Промышленное производство – первые мануфактуры (текстильная, железоделательная, машиностроительная, транспортное).

В 1718 г. в погосте Сгомонь вблизи Калуги была основана Полотняно-Заводская бумажная мануфактура фабрикантом Тимофеем Филатовым-Карамышевым [12].

В 1722 г. купец И.М. Затрапезнов и ткацкий промышленник И.П. Тамесов в г. Ярославле основали льноткацкую мануфактуру. С 1730 г. на реке Талице М.Ф. Турчанинов основывает завод по выплавке цветной и чёрной металлургии.

В 1730 г. на реке Талице ремесленник М.Ф. Турчанинов основывает завод по выплавке цветной и чёрной металлургии.

В 1735 г. металлург и промышленник Абрахама Дарби I впервые получил каменноуголь-

ный кокс без примеси древесного угля на заводе в Коулбрукдейле, Великобритания.

В 1738 г. в городе Людиново заводчиком Н.Н. Демидовым основан Людиновский железоделательный завод с установкой первой доменной печи для выплавки чугуна.

В 1760 г. механик-изобретатель Р.А. Глишков на Серпейской прядильной и полотняной фабрике построил механическую льнопрядильную машину, которая приводилась в действие водяными колёсами.

В 1766 г. на Алтайском горном заводе изобретателем Иваном Ивановичем Ползуновым была построена первая в России паровая машина, которая являлась первым в мире двухцилиндровым паровым двигателем внешнего сгорания [13].

В 1764 г. ткач и плотник Джеймс Харгривс (James Hargreaves) изобрёл прядильную машину.

В 1769 г. изобретатель Никола Жозефа Кюньо (Nicolas-Joseph Cugnot) построил самоходную машину с паровым двигателем.

В 1781 г. изобретатель-механик Джеймс Ватт (James Watt) запатентовал вакуумную паровую машину.

В 1790 г. текстильный промышленник, парикмахер Ричард Аркрайт (Richard Arkwright) организовал в Кромфорде промышленное применение прядильной машины и в качестве привода использовал паровой движитель. Прядильная машина называлась «Водный каркас» (Waterframe).

В 1800 г. физик, химик и физиолог Алессандро Вольта (Alessandro Volta) изобрёл гальванический столб. Вольтов столб был первой батареей постоянного тока.

В 1807 г. инженер-механик Роберт Фултон в Париже на реке Сене спустил первый в истории пароход «Северная река» (North River Steamboat).

В 1823 г. крепостные крестьяне графини С.В. Паниной братья Василий и Макар Дубинины в городе Моздок построили первый в истории нефтеперерабатывающий завод по производству керосина и мазута [14].

В 1825 г. изобретатели Джордж и Роберт Стефенсоны (George and Robert Stephenson) построили первый паровоз «Состав №1» (Locomotion). В 1830 г. открыта первая в мире пассажирская железная дорога между станциями промышленный центр Манчестер (Великобритания) и станция порт Ливерпуль протяжённостью в 56 км.

В 1832 г. учёный и изобретатель П.Л. Шиллинг испытал в Санкт-Петербурге созданный при помощи механика И.А. Швейкина первый в истории электромагнитный телеграф, проведённый между Зимним дворцом и зданием Министерства путей сообщения.

В 1837 г. открыта первая в России Царско-сельская железная дорога под руководством инженера и строителя Франца Антона фон Герстнера (Franz Anton von Gerstner), связывающая Санкт-Петербург и Павловск протяжённостью пути в 23 км.

Горнозаводовладельцы И.Д. Шепелев и А.Н. Демидов организовали кооперацию уральских и выксунских заводов в г. Выкса и запустили гидравлические и паровые пудлинговые печи для производства стальных рельсов [15].

3-я последовательность. Индустриальный этап (XIX-XX вв., или 1851–1919 гг.)

Первичные источники энергии – каменный уголь. Энергия пара. Аккумуляторная батарея. Нефтедобыча. Попутный газ.

Двигатель – паровой двигатель внешнего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания. Электрический двигатель. Агрегатный станок (автоматический). Электромеханический преобразователь и электротрансформатор. Электромагнитный телеграф. Теплоэлектростанция. Гидроэлектростанция. Радио. Телефон. Железная дорога.

Промышленное производство – укрупнение промышленных комплексов (текстильная, железоделательная, машиностроительная, транспортная, лесная, лёгкая, стекольная и фарфорофаянсовая, медицинская, металлообрабатывающая, строительная).

В 1851 г. образована Самарская губерния. Губернскому землемеру М.И. Фёдорову было поручено составить генеральный план, по которому Самара была поделена на 140 кварталов с 34 улицами и пятью площадями [15].

В 1856 г. металлург Генри Бессемер (Henry Bessemer) изобрёл процесс промышленного производства стали. До внедрения бессемеровского процесса сталь получали пудлингованием в печи.

В 1864 г. Пьер Мартен (Pierre-Émile Martin) построил на Чугунолитейном заводе Фуршамбо (Fourchambault) мартеновскую печь. В России на Сормовском заводе в 1870 г. была пущена первая мартеновская печь. Последняя мартеновская печь в России была остановлена в 2018 г.

В 1879 г. Л.Э. Нобель и братья создали первую в России нефтяную компанию полного технологического цикла с собственной инфраструктурой.

В 1846 г. у Апшеронского полуострова в Биби-Эйбате инженером Н.И. Воскобойниковым под руководством статского советника В.Н. Семёнова была пробурена первая в мире нефтяная разведочная скважина глубиной в 21 м.

В 1853 г. в городе Эплтон, США на одном из самых мощных в мире водопадов – Ниагарском была построена первая гидроэлектростанция.

Электротехник Дэниэл Джонкер, используя двухфазный генератор Николы Теслы, начал снабжать дешёвой электроэнергией мукомольную мельницу и кожевенный завод [17].

В 1857 г. промышленники В.А. Кокорев и П.И. Губонин заложили под Баку в Сураханах первый в мире нефтеперегонный завод с трубопроводом от скважины к предприятию по проекту инженера В.Г. Шухова [18].

В 1859 г. в городе Тайтусвилл, США инженер Эдвин Лорентайн Дрейк (Edwin Laurentine Drake) пробурил скважину в 21, 2 м, заложив начало нефтедобыче на Западе.

В 1860 г. в Самаре открывают торговый дом Ж. Блок и торговый дом Н.И. Попов, где имелись торговые представительства мировых марок швейных, а также хлопкоочистительных машин, весов, пишущих машинок.

В 1876 г. электротехник П.Н. Яблочков изобрёл первую в истории дуговую лампу и электрический трансформатор переменного тока [19].

В 1877 г. предприниматель Роберт Нобель заказал на Линдхольменской верфи в Гетеборге построить по проекту инженера-конструктора Людвиг Нобеля нефтяной танкер «Зороастр». Первый в мире пароход-танкер был сделан из стальных склёпанных листов водоизмещением в 400 т, длиной 56 м, шириной 8,2 м. Танкер мог увезти в 21 металлической цистерне 242 т нефтепродуктов. Спустя 22 года танкерный флот Нобелей насчитывал 345 судов и был крупнейшим в Европе.

В 1877 г. инженер Николаус Отто на заводе Дойц (Deutz AG) в Кёльне получил патент на четырёхтактный двигатель внутреннего сгорания. В 1885 г. Готтлиб Даймлер (Gottlieb Daimler) и Вильгельм Майбах (Wilhelm Maybach) на основе патента Отто создают первый двигатель внутреннего сгорания и устанавливают на первый в истории мотоцикл (Daimler Reitwagen).

В 1880 г. на железнодорожной магистрали Москва–Сызрань–Самара между городом Батраки (ныне Октябрьск) (правый берег) и селом Обшаровка (левый берег) открыт самый длинный мост в Европе – Александровский протяжённостью 1485 м. Построен по проекту инженера Н.А. Белелюбского [20].

В 1883 г. в Самаре открывают контору «Товарищество нефтяного производства братьев Нобель» для контроля за снабжением городов Поволжья керосином для освещения и другими нефтепродуктами, доверенным лицом, которого был предприниматель Александр Вернер. Губернатор Константин Грот выделил земли производству Товарищества братьев Нобель в Вознесенской слободе, За-Самарской слободе и на спуске Симбирской улицы (ныне Ульяновская) и разрешил строительство гавани

на реке Самаре для зимнего отстоя судов Товарищества [21]. Сохранились только цилиндрические резервуары нефтехранилищ на спуске, спроектированные инженером В.Г. Шуховым.

В 1886 г. в Самаре открывают первую паровую мельницу Емельяна Башкирова. Впервые в 1886 г. в день 300-летия Самары в городе впервые заработали электрические дуговые светильники Яблочкова. Электроэнергию вырабатывала паровая электростанция при Самарском водопроводе, использовавшаяся в том числе для освещения административных зданий города. К 1915 г. в Самаре насчитывалось 52 электростанции частного и городского владения, а в 1914 г. расширение электрической сети до 3100 кВт позволило запустить электрический трамвай. На территории Жигулёвского пивоваренного завода Альфреда фон Вакано у Симбирского спуска (ныне Ульяновский) были установлены цилиндрические резервуары нефтехранилищ Товарищества Нобель для снабжения топливом электростанций городов губернии, в том числе Сызрани, Симбирска, Ставрополя и Кинеля. Товарищества Нобель поставляло сырьё со своей перевалочной базы, расположенной у железнодорожной станции Батраки (ныне Октябрьск).

В 1888 г. агенты братьев Нобель дают заявление в Самарскую думу с прошением выделить 2000 м² береговой полосы реки Волги, чтобы проложить рельсовые пути к железнодорожной магистрали, идущей к Александровскому мосту и далее на Москву по Сызрано-Вяземской железной дороге, вблизи поселения Липяги (ныне Новокуйбышевск) [22].

В 1889 г. инженер-изобретатель И.В. Романов и предприниматель П.А. Фрезе создали первый электрический автомобиль «кукушка» с двигателями мощностью 6 л.с. на каждое колесо и с запасом хода в 64 км или около 100 ч работы и скоростью до 40 км/ч. Спустя 10 лет Романовым и Фрезе был построен электрический омнибус вместимостью на 15 человек.

В 1895 г. физик и электротехник А.С. Попов в университете Санкт-Петербурга продемонстрировал первое радио в мире.

В 1903 г. учёный К.Э. Циолковский подробно описал теорию полёта ракеты в открытый космос и разработал проекты ракетной техники и аэропланов [23]. Изобретатели Уилбер и Орвилл Райт проводят первый испытательный полёт летательного аппарата «Флайер-1» мощностью 16 л.с.

В 1908 г. в Самаре массово открываются мануфактурные текстильные фабрики. В 1912 г. в Самаре основывают Самарский комбинат керамических материалов [24].

В 1913 г. получена нержавеющая сталь на Заводе сталелитейной компании Шеффил-

да, изобретённая металлургом Гарри Брирли (Harry Brearley).

4-я последовательность. Индустриальный этап (XX в., или 1918–1982 гг.)

Первичные источники энергии – продукты нефтепереработки. Природный газ. Каменный уголь. Сила ветра. Гидроэлектростанция. Геотермальная энергетика.

Двигатель – паровой двигатель внешнего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания. Электрический двигатель. Турбореактивный двигатель. Агрегатный станок (автоматический). Электромеханический преобразователь и электротрансформатор. Электромагнитный телеграф. Теплоэлектростанция. Гидроэлектростанция. Ядерная энергетика и атомная энергия. Радио. Телефон. Железная дорога. Искусственный космический аппарат.

Промышленное производство – массовая промышленность (текстильная, железнорудная, машиностроительная, транспортная, лесная, лёгкая, стекольная и фарфорофаянсовая, медицинская, металлообрабатывающая, строительная, космическая).

В 1922 г. в Самаре путём объединения купеческих текстильных мануфактур основывают швейную фабрику «Красная звезда».

В 1929 г. в Верхнечусовских городках открыто первое месторождение на Волго-Уральском нефтегазовом бассейне.

В 1937 г. инженер-конструктор и изобретатель Ханс-Иоахим Пабст фон Охайн (Hans Joachim Pabst von Ohain) поднял в небо первый в мире турбореактивный самолёт «Хейнкель 178», работающий на запатентованном четырьмя годами ранее турбореактивном двигателе.

В 1941 г. на скважине № 1 в посёлке Елшанка, город Саратов начала работу первая в России (тогда СССР) газовая скважина.

В 1942 г. физик Энрико Ферми (Enrico Fermi) в Чикагском университете с использованием урана в качестве топлива и графита в качестве замедлителя создал первый в мире искусственный ядерный реактор.

В 1943 г. в Самаре (тогда г. Куйбышев) перевели Безымянскую теплоэлектроцентраль на газовое топливо [25].

В 1945 г. академик С.А. Лебедев создал одну из первых в России (тогда СССР) электронную аналоговую вычислительную машину МЭСМ.

В 1949 г. у Каспийского шельфа Россия (тогда СССР) возводит искусственный остров Нефтяные Камни для добычи нефти в открытом море, фундаментом которого послужил затопленный танкер Зороастр вместе с шестью списанными судами для добычи глубоководной нефти и газа.

В 1954 г. в Обнинске, Россия (тогда СССР) академиком И.В. Курчатовым в Лаборатории

№ 2 был запущен ядерный реактор мощностью 5 МВт, ставший первой в мире атомной электростанцией, энергия которой была пущена в потребительскую сеть. В 1949 г. была испытана первая советская ядерная бомба.

4 октября 1957 г. учёный-конструктор С.П. Королёв запустил на околоземную орбиту Земли искусственный космический аппарат «Спутник-1», с которого началась космическая эра человечества.

В 1958 г. на реке Волге в районе Жигулёвских и Соколых гор была открыта крупнейшая в мире Жигулёвская гидроэлектростанция на 2,1 млн. кВт·ч, спроектированная в 1910 г. по проекту инженера К.В. Богоявленского. После убийства Богоявленского руководить строительной комиссией был назначен инженер Г.М. Кржижановский [26].

В 1961 г. академик В. М. Глушков издал знаменитую монографию «Синтез цифровых автоматов», став прародителем кибернетики [27].

5-я последовательность. Постиндустриальный этап (XX–XXI вв., или 1983–2019 гг.)

Первичные источники энергии – каменный уголь. Сила воды и ветра. Геотермальная энергетика. Энергия пара. Аккумуляторная батарея. Продукты нефтепереработки. Природный газ. Атомная энергия. Биотопливо.

Двигатель – паровой двигатель внешнего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания. Электрический двигатель. Водородный двигатель. Агрегатный станок (автоматический). Электромеханический преобразователь и электротрансформатор. Электромагнитный телеграф. Теплоэлектростанция. Гидроэлектростанция. Ядерная энергетика. Радио. Телефон. Железная дорога. Искусственный космический аппарат. Интернет.

Промышленное производство – промышленность (добывающая, химическая, электронная, лёгкая, пищевая, металлургическая, машиностроительная, транспортная, строительная, химическая и нефтехимическая, космическая). Агропромышленный комплекс. Электроэнергетика.

В 1989 г. информатики Тим Бернерс-Ли предложил глобальный гипертекстовый проект «Всемирная паутина» (www) и разместил в Интернете первый сайт.

В 1990 г. между Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова (ныне – Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт») и Университетом Хельсинки (Финляндия) состоялся первый в России сеанс связи между Всемирной сетью.

В 2009 г. АвтоВАЗ на 9-й Международной выставке «РосСварка-2009» (Weldex) представил семейство роботов-манипуляторов грузоподъёмностью от 15 до 350 кг, способных выполнять

операции по сварке, нанесению клеев и герметиков, транспортированию грузов, лазерной и плазменной резке.

В 2011 г. на Новолипецком металлургическом комбинате впервые с 1986 г. запускают доменную печь «Россиянка» (ДП № 7) с возможностью выплавки чугуна до 3,5 млн./год.

В 2014 г. Исузу (Isuzu) запустил первый в префектуре Канагава, Япония автобус, работающий на микроводородном топливе.

В 2016 г. Федеральная комиссия по связи США начала эксплуатировать оборудование 5G в диапазоне частот 28; 39; 60 ГГц, в перспективе до 300 ГГц. Компания Нокia (Nokia) разогнала оборудование до скорости беспроводной передачи 4,7 Гбит/с для параллельной передачи данных. В России оператором связи «МегаФон» совместно с Мобильные Теле Системы достигнута скорость передачи данных 4,5 Гбит/с при частоте 200 МГц.

В 2020 г. в Самаре запустили автобус КАВЗ 4270-80 в рейс на маршрут № 41, который работает на метане.

В 2022 г. начаты проектные работы по строительству плавучего горно-обогатительного комбината для серебросодержащего свинцово-цинкового Павловского месторождения на Новой Земле.

6-я последовательность. Неоиндустриальный этап (XXI в., или 2020–2080 гг.)

Первичные источники энергии – сила воды и ветра. Геотермальная энергетика. Природный газ. Атомная энергия. Биотопливо.

Двигатель – ядерная энергетика. Двигатель внутреннего сгорания. Электрический двигатель. Интернет. Конвергенция нано-, био-, инфо-, робо- и когнитивных технологий. Лазерные технологии. Умная электроника. Композитные материалы. Космические материалы

Промышленное производство – техно- и индустриальные парки, особые экономические зоны, заводы лёгкой и тяжёлой промышленности, агроэкосистемы, электротехнические предприятия. Космические технологии. Технология искусственного интеллекта.

В 2021 г. «Битроботикс» совместно с «Газпром нефть» и «Яндекс. Облако» разрабатывают роботизированные системы бурения, основанные на облачном сервисе в технополисе «Москва». Всего в технополисе запущено три завода: Завод электромобилей УАЗ, Станкоприборный завод, основанный на технологии применения лазеров и Завод по выпуску коммутаторов для центров обработки данных, маршрутизаторов и автоматизации рабочих мест на других российских заводах.

«Эйдос Робототехника», с 2018 г. участник проекта «Сколково», создал: прототип роботи-

зированной руки-манипулятора для автоматической заправки транспорта; робот-манипулятор А12 в международном аэропорту в Казани; робот-пациент, на котором врачи учатся оказывать первую помощь и делать анестезию, и виртуальные симуляторы для отработки хирургических вмешательств. В 2021 г. разработана система компьютерного зрения для контроля сварного шва при производстве картриджей для диагностики вирусных заболеваний [28].

Много учёных выдвигали теории о основополагающих факторах перехода экономического уклада. Неизменным остаётся то, что материальной основой движения был процесс нарушения – это удорожание первичного источника энергии и процесс восстановления – это внедрение нового первичного источника энергии.

Пространственная структура мультиузловых систем. Автором рассматриваются четыре архитектурно-градостроительные модели. Модель пространственной структуры мультиузла в виде схем развития территорий учитывает функционально-планировочную и объёмно-пространственную организацию поселений. В условиях трансформации пригородной зоны мегаполиса пространственная структура мультиузловых систем оформилась в четыре типа архитектурно-градостроительных моделей: компактная, рассредоточенная, линейно-узловая и комбинированная. Авторская модель пространственной структуры мультиузловых систем указывается в конце условного обозначения мультиузла строчной подчёркнутой буквой после цифры, а именно: *к* – «компактная», *р* – «рассредоточенная», *лу* – «линейно-узловая», *п* – «произвольная».

Функциональная программа мультиузловых систем содержит следующий набор основных территориальных зон: общественно-деловая, производственная, рекреационная, селитебная, сельскохозяйственная и специального назначения. Для объёмно-планировочной композиции мультиузловых систем обеспечивается единство технологического и архитектурного решения. Комплекс зданий и сооружений проектируется с учётом комплексной застройки прикомплексных площадей. На объёмно-планировочную композицию мультиузловых систем первостепенно влияет увязка перспективных сетей развития мегаполиса с учётом конкретных транспортных решений по взаимодействию магистральных видов транспорта с городским пассажирским на территории города и пригорода.

▪ **Компактная (к).** Планировочная структура мультиузла представляет собой композицию из непрерывных компактно расположенных в пространстве отдельных элементов

(остановочные станции, вокзальные терминалы, центральные площади, в гармоничном сочетании с ландшафтом местности – рельефом, лесопарками, водоёмами и т. п.).

▪ **Рассредоточенная (р).** Планировочная структура мультиузла представляет собой композицию из прерывисто расположенных поселений, связывающих отдельные инфраструктурные элементы, образованные посредством освоения новых территорий, связанных магистральными путями сообщения прямыми и устойчивыми связями. Структура не имеет ярко выраженного центра. Все модульные блоки связаны между собой магистральными путями сообщения, имеющими пересечения в путях сообщения с подцентрами.

▪ **Линейно-узловая (лу).** Планировочная структура мультиузла представляет собой модульную структуру, состоящую из прямоугольных и радиальных блоков, разделённых поперечными и продольными связями со своими подцентрами.

▪ **Произвольная (п).** Планировочная структура мультиузла представляет собой комбинацию из неравномерно расположенных в пространстве модульных элементов на пути магистральных путей сообщения с непрямыми устойчивыми связями. Структура имеет несколько неявных центров без явных доминант.

В практике градостроительного проектирования вышеуказанные архитектурно-планировочные модели мультиузлов редко встречаются в чистом виде. Чаще всего они обладают смежными между собой характеристиками архитектурно-планировочных структур. Именно поэтому граница между ними условна и не может в полной мере описать все нюансы, возникающие в процессе проектирования моделей мультиузлов. Однако предложенные к рассмотрению виды трансформаций помогают систематизировать рассматриваемые дальше примеры реализации архитектурно-планировочных моделей мультиузлов, выявляя ключевые факторы, определяющие категории и подуровни искомой модели [29].

Результаты исследования. В настоящей работе автор, опираясь на прошлые и нынешний технологические уклады общества, попытался проследить взаимосвязь всех отраслей промышленности с развитием новых первичных источников энергии. Так, например, первый паровой двигатель решил проблему размещения ткацкой фабрики на любом природном ландшафте. Производство паровых машин активно развило металлургическое производство, которое в свою очередь сподвигло прогресс искать новый первичный источник энергии, найдя каменный уголь и дальше по спирали

развития. Распространение технических изобретений привело к возникновению новых товаров и большому объёму грузов и пассажиропотоков, что в свою очередь привело в 1825 г. к строительству железнодорожного транспорта. Автору представляется, что в условиях длинноволновой технологической последовательности в истории страны приоритетом для градостроительной деятельности станут фундаментальные научные исследования и прогнозные разработки основополагающих принципов градостроительного моделирования, учитывающих природно-географические, научно-технические, социально-экономические и другие пространственные ресурсы России.

Выводы. Самарский регион занимает выгодное геополитическое расположение на стыке межконтинентальных коридоров Север-Юг и Восток-Запад. Народное хозяйство Поволжья, представленное всеми отраслями промышленности и производства и транспортной коммуникации, способно реализовать самые грандиозные планы архитекторов и градостроителей.

Авторские тезисы по перспективному развитию Поволжья:

- необходимость совершенствования методов определения потребности в обеспечивающей инфраструктуре при градостроительном развитии территории, включающей внедрение современных и перспективных скоростных видов транспорта;

- необходимость формирования объёмно-пространственных регламентов нового типа для территорий нового освоения и реконструкции поселений в трансформирующейся пригородной зоне мегаполиса. Места определения новых территориальных образований – мультиузлов;

- мультиузел в полицентрическом пространстве мегаполиса – это новое гибридное пространство в пригородной зоне мегаполиса, а также поселения в городской агломерации с интегрированным многофункциональным промышленным производством-центром (суб-центром), объединяющее в своей структуре общественные, транспортно-пересадочные, информационно-образовательные, научные и другие функции с изохроной транспортной доступности в 0, 5-1, 5 часа;

- необходимость выстраивания структуры мультиузлов согласно различным уровням классификации;

- привлечение населения в пригородную зону, организованную по принципам стабильного полицентрического мегаполиса, основанную на учёте влияния человека на окружающую среду с изучением полезного международного опыта;

- привлечение и использование капитала в исследовательскую деятельность региона для внедрения инновационных транспортных технологий и новых видов энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаппо Г.М. Разнообразие городов как фактор успешного пространственного развития России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 4. С. 3–23. DOI: 10.31857/S2587-5566201943-23.

2. Есаулов Г.В. Градостроительная доктрина Российской Федерации: в поисках оснований // Градостроительство. 2012. № 2(18). С. 8–13.

3. Озеров И.Х. Большие города, их задачи и средства управления. 2-е изд. М.: Т-во И.Д. Сытина, 1906. 135 с.

4. Глазычев В.Л. Город без границ. М.: Издательский дом «Территория будущего», 2011. 400 с.

5. Каменева О.В. Этапы развития агломераций и преимущества агломерационного устройства территории населённых пунктов // Молодой учёный. 2022. № 11 (406). С. 102–105.

6. Вайтенс А.Г., Шубенков М.В. Урбоэкологическая концепция пространственного развития России: возможности реализации // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3(80). С. 14–20. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-3-14-20.

7. Лаппо Г.М. География городов с основами градостроительства. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1969. 184 с.

8. Лаппо Г.М., Полян П.М., Селиванова Т.И. Агломерации России в XXI // Вестник Фонда регионального развития Иркутской области. 2007. № 1. С. 45–52.

9. Глазьев С.Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики // Экономическая наука современной России. 2012. № 2(57). С. 27–42.

10. Лихачёв Н.П. Бумага и древнейшие мельницы в Московском государстве: Историко-археографический очерк. СПб., 1891. 106 с.

11. Баженины Осип и Фёдор Андреевичи [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikisource.org/wiki/ВЭ/ВТ/Баженины, Осип_и_Федор_Андреевичи](https://ru.wikisource.org/wiki/ВЭ/ВТ/Баженины,_Осип_и_Федор_Андреевичи) (дата обращения: 05.10.2023).

12. История старейшей фабрики [Электронный ресурс]. URL: <https://pzbm.ru/history> (дата обращения: 12.04.2023).

13. Покровский М.Н. Курс русской истории проф. В. Ключевского. Ч. I. М.: Синодальная типография, 1904 // В. О. Ключевский: воспоминания и исследования. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017. С. 13–20.

14. Данилевский В.В. Русская техника. 2-е изд. Л., 1949. 548 с.

15. Создание Демидовыми на Урале рельсового производства [Электронный ресурс]. URL: <https://tagil-press.ru/publications/31936/sozdanie-demidovymi-na-urale-relsovogo-proizvodstva> (дата обращения: 29.05.2023).

16. Головкин К.П. Классика Самарского краеведения. АН-тология. Вып. 3. Самара в конце XVIII – начале XX в. (краеведческая картотека). Самара: Изд-во «Самарский университет», 2007. 432 с.
17. Ключевский В.О. Воспоминания и исследования. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017. 265 с.
18. Шухов В.Г. Механические сооружения нефтяной промышленности. Москва, 1883. 533 с.
19. Отец русского света [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5558545> (дата обращения: 02.05.2023).
20. Александровский мост [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сызранский_мост (дата обращения: 02.05.2023).
21. Империя Нобелей в Самаре [Электронный ресурс]. URL: <https://sgpress.ru/news/33729> (дата обращения: 02.05.2023).
22. Стрелка реки Самары [Электронный ресурс]. URL: https://drugoigorod.ru/streleka_rivers/ (дата обращения: 02.05.2023).
23. Циолковский отец космонавтики [Электронный ресурс]. URL: <https://tsiolkovsky.tass.ru/> (дата обращения: 20.04.2023).
24. Самарский край в истории России: материалы Седьмой Межрегиональной научно-практической конференции. Самара, 2020. 460 с.
25. Паровая электростанция при Самарском водопроводе [Электронный ресурс]. URL: [https://историческая-самара.рф/каталог/самарская-инфраструктура-\(коммуналка\)/самарская-энергетика.html](https://историческая-самара.рф/каталог/самарская-инфраструктура-(коммуналка)/самарская-энергетика.html) (дата обращения: 02.05.2023).
26. Гидроэлектростанции России. М.: Типография Института Гидропроект, 1998. 467 с.
27. Кибернетика [Электронный ресурс]. URL: <https://atlasnews.ru/istoriya-interneta/> (дата обращения: 04.05.2023).
28. Национальные проекты России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 25.04.2023).
29. Gud I.D. Multihub – Point of increase in Samara agglomeration▪ conurbation spatial development // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies. Samara: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012018. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012018.
3. Ozerov I.H. *Bol'shiye goroda, ikh zadachi i sredstva upravleniya* [Big cities, their tasks and management tools]. Moscow, I. D. Sytina Publishing House, 1906. 135 p.
4. Glazychev V.L. *Gorod bez granits* [City without borders]. Moscow, Publishing house "Territory of the Future", 2011. 400 p.
5. Kameneva O.V. Stages of development of agglomerations and advantages of agglomeration structure of the territory of settlements. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2022, no. 11 (406), pp. 102–105. (in Russian)
6. Vaytens A.G., Shubenkov M.V. Urban-ecological concept of the spatial development of Russia: the possibility of implementation. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2020, no. 3 (80), pp. 14–20. (in Russian) DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-14-20.
7. Lappo G.M. *Geografiya gorodov s osnovami gradostroitel'stva* [Geography of cities with the fundamentals of urban planning]. Moscow, Moscow State University named after. M.V. Lomonosov (Publishing House (Printing)), 1969. 184 p.
8. Lappo G.M., Polyana P.M., Selivanova T.I. Agglomerations of Russia in the XXI century. *Vestnik Fonda regional'nogo razvitiya Irkutskoy oblasti* [Bulletin of the Regional Development Fund of the Irkutsk Region], 2007, no. 1, pp. 45–52. (in Russian)
9. Glazyev S.Yu. Modern theory of long waves in economic development. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii* [The economic science of modern Russia], 2012, no. 2(57), pp. 27–42. (in Russian)
10. Likhachev N.P. *Bumaga i drevneyshie mel'nitsy v Moskovskom gosudarstve: Istoriko-arkheograficheskiy ocherk* [Paper and the oldest mills in the Moscow state: Historical and archaeological essay]. St. Petersburg, 1891. 106 p.
11. Bazhenins, Osip and Fedor Andreevich. Available at: https://ru.wikisource.org/wiki/БЭ/БТ/Баженины,Осип_и_Федор_Андреевичи (accessed 05 October 2023).
12. History of the oldest factory. Available at: <https://pzbm.ru/history> (accessed 12 April 2023).
13. Pokrovsky M.N. *Kurs russkoy istorii prof. V. Klyuchevskogo. Ch. I. M.: Sinodal'naya tipografiya, 1904. V. O. Klyuchevskiy: vospominaniya i issledovaniya* [Course of Russian history prof. V. Klyuchevsky. Ch. I. M.: Synodal printing house, 1904. V.O. Klyuchevsky: memories and research]. St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2017. pp. 13–20.
14. Danilevsky V.V. *Russkaya tekhnika. 2-e izd.* [Russian technology. 2nd ed.]. Leningrad, 1949. 548 p.
15. The creation of rail production by the Demidovs in the Urals. Available at: <https://tagil-press.ru/publications/31936/sozдание-demidovymi-na-ural-relovogo-proizvodstva> (accessed 29 May 2023).
16. Golovkin K.P. *Klassika Samarskogo kraevedeniya. AN-tologiya. Vyp. 3. Samara v kontse XVIII – nachale KhKh v. (kraevedcheskaya kartoteka)* [Classics of Samara local history. AN-topology. No. 3. Samara at the end of the XVIII – beginning of the XX century (local history card index)]. Samara, Publishing House "Samara University", 2007. 432 p.

REFERENCES

1. Lappo G.M. Diversity of cities as a factor in the successful spatial development of Russia. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series], 2019, no. 4, pp. 3–23. (in Russian) DOI 10.31857/S2587-5566201943-23
2. Esaulov, G. V. Urban planning doctrine of the Russian Federation: in search of foundations. *Grados-troitel'stvo* [Town Planning], 2012, no. 2(18), pp. 8–13. (in Russian)

17. Klyuchevsky V.O. *Vospominaniya i issledovaniya* [Memories and research]. St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2017. 265 p.
18. Shukhov V.G. *Mekhanicheskie sooruzheniya neftyanoy promyshlennosti* [Mechanical Structures of the Oil Industry]. Moscow, 1883. 533 p.
19. Father of the Russian world. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/5558545> (accessed 02 May 2023).
20. Alexander Bridge. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сызранский_мост (accessed 02 May 2023).
21. Nobel Empire in Samara. Available at: <https://sgpress.ru/news/33729> (accessed 02 May 2023).
22. Samara River Arrow. Available at: https://dru-goigorod.ru/streleka_rivers/ (accessed 02 May 2023).
23. Tsiolkovsky father of astronautics. Available at: <https://tsiolkovsky.tass.ru/> (accessed 20 April 2023).
24. *Samarskiy kray v istorii Rossii: materialy Sed'moy Mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Samara Territory in the history of Russia: materials of the Seventh Interregional Scientific and Practical Conference]. Samara, 2020, 460 p. (In Russian).
25. Steam power plant at Samara water supply. Available at: [https://историческая-самара.рф/каталог/самарская-инфраструктура-\(коммуналка\)/самарская-энергетика.html](https://историческая-самара.рф/каталог/самарская-инфраструктура-(коммуналка)/самарская-энергетика.html) (accessed 02 May 2023).
26. *Gidroelektrostantsii Rossii* [Hydroelectric power plants of Russia]. Moscow, Printing house of Hydroproject Institute, 1998. 467 p.
27. Cybernetics. Available at: <https://atlasnews.ru/istoriya-interneta/> (accessed 25 April 2023).
28. National projects of Russia. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (accessed 25 April 2023).
29. Gud I.D. Multihub – Point of increase in Samara agglomeration• conurbation spatial development. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies. Samara. Institute of Physics Publishing. 2020. P. 012018. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012018

Об авторах:

ГУДЬ Илья Дмитриевич

соискатель кафедры градостроительства, ассистент кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: idgud@ya.ru

АХМЕДОВА Елена Александровна

доктор архитектуры, академик РААСН, профессор кафедры градостроительства, заведующая кафедрой градостроительства Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: dir_inst_arch@bk.ru

GUD' Ilya D.

Applicant of the Urban Planning Chair, Assistant of the Innovative Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 Email: idgud@ya.ru

AKHMEDOVA Elena A.

Doctor of Architecture, Academician of the RAABS, Head of the Urban Planning Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 Email: dir_inst_arch@bk.ru

Для цитирования: Гудь И.Д., Ахмедова Е.А. Основные принципы градостроительной трансформации пригородной зоны мегаполиса Большая Самара. Часть II // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 122–132. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.16.

For citation: Gud' I.D., Akhmedova E.A. The basic principles of urban planning transformation of the megapolis Greater Samara suburban area. Part two. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 122–132. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.16.

M. M. KASHIRIPOOR

FOURTH WAVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE: FROM IDEA TO REALIZATION (PART 1: BASIC UNDERSTANDING, DEFINITION AND HISTORICAL EVENTS)

ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ВОЛНЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ИДЕИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ
(ЧАСТЬ 1: ОСНОВНОЕ ПОНИМАНИЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ)

*The Industrial Revolution is the restructuring of society under the influence of innovations in technology and technique, which is accompanied by a jump in productivity. Today, the 4th revolution is taking place, which is rapidly changing the landscape of various areas of life, including architecture and the construction industry. The Industry 4.0 revolution connects technologies used in organizations and people's daily lives. It combines physical and digital technologies. But it doesn't develop as a daily simple life in architecture and construction industry like many other industries like as automotive, aircraft, electronic etc. **The relevance of the study** is to study and analyze the stage of the historical event on the industrial revolutions (specially fourth industrial revolution) and his realization in today's construction and architecture industry. **Purpose of study:** a comprehensive review of contemporary and historical literature related to fourth industrial revolution, and his realization level in the industry with specific focus on construction and architecture industry. Thus, **the main tasks of the study** can be distinguished as follows: review of historical literature and basic understanding of the industrial revolutions; understanding of Industry 4.0 and its principles and benefits; reveal and introduce Industry 4.0 in construction and architecture industry; some samples about using Industry 4.0 in construction and architecture industry. The first part of the study is devoted to the basic concept, definition, and historical events of the fourth wave technology. In conclusion, the advantages and main problems of this technology are described. 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.*

Промышленная революция – это перестройка общества под влиянием инноваций в технологиях и технике, которая сопровождается скачком производительности труда. Сегодня происходит четвертая революция, которая стремительно меняет ландшафт различных сфер жизни, в том числе архитектуры и строительной отрасли. Революция «Индустрия 4.0» объединяет технологии, используемые на производстве 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 др. **Актуальность исследования** заключается в изучении и анализе этапа исторического события, связанного с промышленными революциями (в частности, с 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, основными **задачами исследования** являются 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. Первая часть исследования посвящена основному понятию, определению, историческим событиям технологии четвертой волны. В завершении описываются преимущества и основные проблемы данной технологии. В исследовании использован **метод анализа** научно-исторической литературы и документов, связанных с промышленной революцией (особенно с четвертой промышленной революцией), и ее успехи в строительной

*The conclusion of the first part of the study outlines the advantages and problems associated with fourth wave technologies. **The scientific novelty of the study** is to study, analysis, identify main factors of Industry 4.0, and collection of some samples of realization of this technology (fourth wave technologies) in construction and architecture industry.*

Keywords: construction, fourth wave technology, 4IR, Industry 4.0, construction robot, artificial intelligence, augmented reality (AR), virtual reality (VR), extended reality (XR)

Introduction

The relevance of the study. The Industrial Revolution is the process of transition from an agrarian economy characterized by manual labor and handicraft production to an industrial society dominated by machine production. The history of human activity related to the invention, design and manufacture of technical products and devices. It is a story of evolution from the handicraft production of single objects to the assembly industrial production of series products [1, 2, 3]. 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 [4, 5]. 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"

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 строительства и архитектуры сейчас и в будущем зависит от внимания и использования новых отраслей и профессионалов в этой сфере, особенно IT-специалистов и технологий. В выводе первой части исследования сформулированы преимущества и проблемы, связанные с технологиями четвертой волны. **Научная новизна** исследования заключается в изучении, анализе, выявлении основных факторов Индустрии 4.0 и подборке образцов реализации этой технологии (технологии четвертой волны) в строительстве и архитектуре.

Ключевые слова: строительство, технология четвертой волны, 4ИР, индустрии 4.0, строительный робот, искусственный интеллект, дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), расширенная реальность (XR)

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;*
- *review and analysis of literature about the industrial revolutions specially about Industry 4.0; its principles; main challenges and benefits;*
- *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. We will review the key facts and events associated with this area, as well as discuss all the changes that it made to the development of mankind especially associated with architecture and construction industry.

I. Basic understanding and historical events of the industrial revolutions

The industrial revolution was actually huge and extensive transformations in industry and agriculture, factories and industries that took place in the period from 1760 to 1840. This revolution first started in England and continued in America. In fact, the industrial revolution occurred simultaneously with the industrialization of factories and industries and the use of machines instead of human power. England was very apt to start this revolution. The reasons are: the experience of several centuries of internal political transformation, the development of foreign colonialism, the expansion of the naval fleet, the growth of the country's middle class, the improvement of military affairs, the improvement of administrative affairs, and having resources such as land, labor, and capital.

One of the consequences of the industrial revolution was the expansion of European colonialism in Asian and African countries, which they exploited as workers. Other important consequences are: using devices to replace traditional and manual production methods,

making new chemical materials and formulas, making new iron production methods, using water and steam power, the emergence of mechanized production factories, making machine tools, etc.

The industrial revolution had a great impact on the lives of some people and increased the variety and amount of products production and food. However, its negative impact on the lives of the working class and poor people was so great that many villagers migrated from rural areas to urban areas due to the high unemployment rate. All this fueled the expansion of industry in the city. The innovations and inventions of the industrial revolutions have created changes in trade, agriculture, the way people work, and the shape of societies. The effects of these revolutions have not stopped and continue to affect us and the world we live in. Each of the industrial revolutions that history has gone through is known by a name and a set of inventions and developments.

▪ *The first industrial revolution (era of machine production; 1784-1870)*

The main characteristic of the first industrial revolution is the change of manual production to machine production with the benefit of steam and water machines (1760-1840). This method became very prosperous especially in weaving. Among the other changes of this period was the production of locomotives with steam engines, which, although it happened 100 years later, was due to the use of this method. We can trace these changes in other industries such as mining and agriculture.

It was the steam engine that became the symbol of the first industrial revolution. The use of steam power for industrial purposes was a great advancement for mankind. With the invention of the steam engine, instead of using his muscles, mankind used steam power to move businesses and industries. In fact, steam power was able to provide the necessary energy to move various factories and industries, and establish our dependence on various machines. The construction and development of the steam engine later led to the construction of locomotives and railway lines. As a result of this invention, Britain's road network, which was relatively rudimentary before industrialization, made a major improvement. In addition, steam-powered boats and ships became widespread, moving goods along Britain's rivers and canals, as well as across the Atlantic (fig. 1).

▪ *The second industrial revolution (age of science and mass production; 1870-1969)*

With the introduction of steel and the use of electricity in factories in the early 20th century, the second industrial revolution began. Distribution of electricity in factories increased production speed, efficiency and productivity and helped the mobility

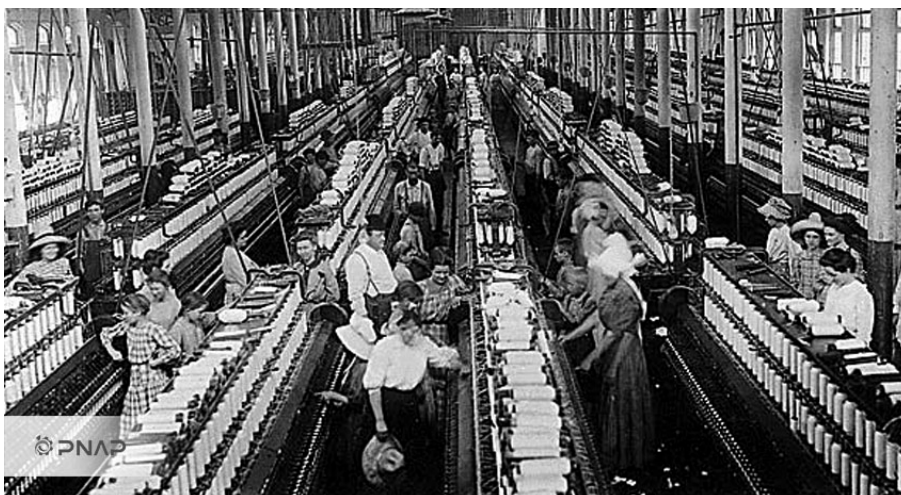


Fig. 1. Factory in the first industrial revolution

of machines in factories. The second industrial revolution was transferred to car production to the point where car parts were also produced together with cars. The result of the Second Industrial Revolution was railroads and telegraph networks, which enabled the faster exchange of people and ideas. The invention of electricity during this period allowed factories to develop modern production lines. During this period, the economy grew rapidly and productivity increased. The second industrial revolution also caused problems for the society, such as the increase in unemployment due to the mechanization of most of the work in factories.

It was at this time that Henry Ford drastically changed the process and production line of the car and moved towards mass production. During this time, cities grew; factories dispersed and people's lives were regulated by the clock instead of the sun. Although the working conditions in the factories were difficult, unskilled workers were cheap and plentiful. Therefore, people and even children were forced to work long hours in unsafe conditions that continued into the 20th century.

▪ *The third industrial revolution (digital revolution; 1969–early 2000)*

After the changes caused by steam power and science in the first two industrial revolutions; this time, it was the turn of technology to change the course of the world once again. The third industrial revolution, also known as the digital revolution, occurred after the end of World War II as a result of increased technological advancements and industrialization. With manufacturers using electronic technology and eventually computers in the late 1950s, the third industrial revolution slowly emerged. During this period, automation software and digital technology

were emphasized more. The use of a designed automation based on programmable computers with memory in a way that makes the entire production process automatic and without human intervention became popular. The next major breakthrough came with the advent of supercomputers that facilitated communication in the manufacturing process.

The third industrial revolution introduced large computers and the Internet into our lives; for this reason, this revolution is also known as the digital revolution. The advent of the Internet and computers changed not only countries but the whole world and brought countries one step closer to each other regardless of their borders and physical distance.

▪ *The fourth industrial revolution (cyber physical system; 2000–Now)*

The fourth industrial revolution or "Industry 4.0" or "4IR", which we are currently implementing in the world. The characteristic of the fourth industrial revolution is the application of information and communication technology in industry. Systems and computers with third revolution technology expanded with network connectivity. This extension provided the possibility of communication with other input and output devices. The fourth industrial revolution increases a more comprehensive, broader approach and comprehensively concerned in the field of production and gives business owners the opportunity to control various aspects of production and to improve productivity, production and increase the rate of growth. This is made possible by better communication with the digital world (fig. 2).

The fourth industrial revolution is a worthy revolution that has been able to lead to the

improvement of processes and products [6, 7]. This smart factory collects data with smart and advanced sensors, software and robotics and makes faster decisions by analyzing the received data. As expected, those who switch to Industry 4.0 realize significant savings and increase the efficiency of their desired process. But if they don't give in to the fourth industrial revolution, they will face big obstacles, including the exorbitant costs of the processes. In a competition between a traditional process and an industrialized process with Industry 4.0, the latter will definitely win because it produces a better product in less time and with higher quality. Therefore, industrial automation is one of the important things that should be considered by industry leaders (fig. 3).

Some people think the fifth industrial revolution (2017 – Now) exists and it will be

the next breakthrough technological revolution, it will be faster and more scalable. The concept of "Industry 5.0" was presented in Germany at CeBIT 2017 in Hannover. At this event, Japan presented its vision for the future of industrial automation, robotics and smart manufacturing. The Japanese invention, called "Society 5.0", gave rise to the concept of "Industry 5.0" as the development of the original idea with the strengthening of the role of human. Industry 5.0 is the future of work, with people using robots and intelligent machines to increase productivity and economic growth. Workers will benefit from the help of robots and advanced technologies such as the Internet of Things (IoT) and big data, making work easier and prioritizing safety and collaboration. The 5th Industrial Revolution will empower workers and maximize efficiency. This industrial revolution

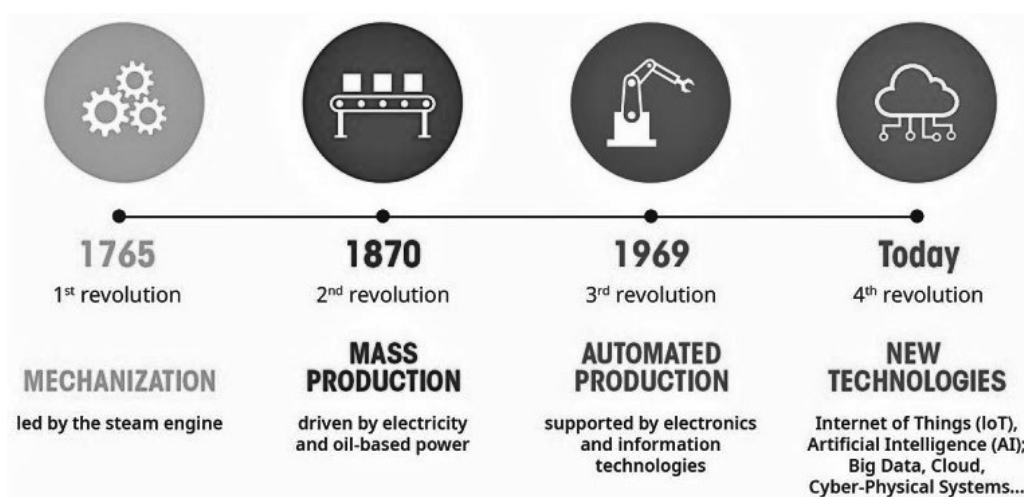


Fig. 2. Industrial revolutions timetable

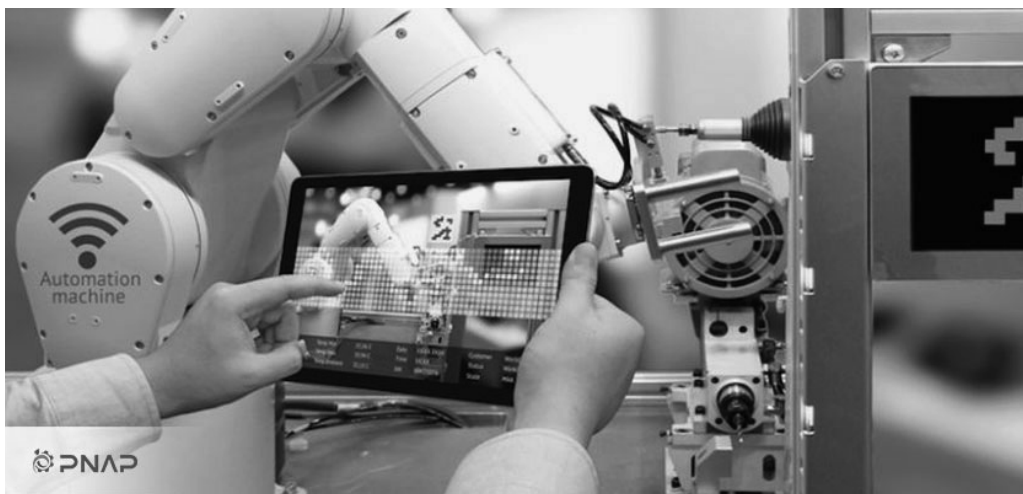


Fig. 3. The fourth wave technology concept

defenders tries to develop this idea yet and tries to set exact definition for it. For this occasion, this research tries to explore and concretize fourth industrial revolution in construction and architecture because these industries didn't develop sufficient during fourth industrial revolution yet.

II. What is fourth wave technology (or Industry 4.0)

For the first time, the name "Industry 4.0" was used to describe fourth wave technology among the strategy documents presented by the German government with the aim of "production computerization". Germany, as one of the most innovative countries in the industry field, is seriously trying to optimize its production and industry, and intelligentization is one of the most important methods in this country to reduce costs and at the same time maximize productivity in the field of industry.

The fourth wave technology seeks to increase productivity in the industry by using Internet and cyber capabilities and information exchange in general. The foundations of this technology can be considered as "cyber-physical dual systems", "Internet of Things (IoT)" and "Cloud Processing". At the same time as people's homes are becoming "smart homes" by Internet of Things technologies, the fourth wave technology is trying to make factories and industries smarter as well. In industries which equipped with fourth wave technology, a combination of cyber and physical systems will monitor physical processes within factories and industries, effectively creating a copy of the physical factory and allowing these hybrid systems to intelligently (and only, if necessary, with human intervention), for example, to make decisions about the production line of a factory. This method of managing a factory is also called "Internet of Services" (IoS). In describing the phenomenon of fourth wave technology, it should be noted that some of the names chosen for this new phenomenon (which is not exclusive to Germany) lack sufficient accuracy. For example, everyone agrees that the first industrial revolution refers to the mechanization of industry using steam power, the second industrial revolution refers to the phenomenon of mass production using electric power, and the third industrial revolution refers to the phenomenon of automation in factories using digital technologies. On the other hand, many believe that the term "Fourth Industrial Revolution" has been used many times during the past decades, and therefore, this term may not be considered exclusive to the phenomenon of industrialization and fourth wave technology. In addition, the issue of fourth wave technology only affects a part of the industry including manufacturing and construction, and is not yet

generalized enough to be considered a revolution in the wider field of "industry".

• *The four principles of fourth wave technology*

Experts believe that the fourth wave technology is based on at least 4 principles:

1. *Collaborative performance*: In the form of fourth wave technology, machines, devices, sensors and people are connected and communicating with each other through the "Internet of Things (IoT)" and the "Internet of People (IoP)" in order to achieve a final goal such as managing a production line.

2. *Information transparency*: The requirement of using the fourth wave technology is the ability of information systems to create a virtual copy of a part of the physical world (for example, a factory) using industrial designs with the aim of complementing the digital data of the sensors, and the requirement of this work is to collect the raw data of the sensors and convert them into information is more valuable and meaningful.

3. *Technical assistance*: Fourth wave technology provides technical assistance to the people using the technology in at least two ways: decision-making assistance and physical assistance. Therefore, physical-cyber auxiliary systems in industries equipped with fourth wave technology, firstly, by collecting and visualizing information in a way that is understandable to humans, provide the context for informed decision-making and immediate problem solving by human agents in the shortest time, and secondly, by performing a wide range of tasks that are inconvenient, tedious, or unsafe for the "human partners" of these systems are physically assisted by humans.

4. *Decentralized decision making*: Physical-cyber systems, in addition to the ability to help decision-making by human agents, can independently and automatically make decisions and perform their tasks. In this way, only in exceptional cases (for example, when there is interference or conflict in the work of two systems), the performance of a task is assigned to higher levels, i.e. human factors.

It should be noted that the German government, in addition to the above four principles, which is based on the principle of "extensive personalization of products in the conditions of [mass] production and at the same time very flexible" (in other words, the use of mass production line but with the aim of designing a unique product for each customer); also emphasized on "creating methods for self-optimization, self-adjustment and self-troubleshooting of intelligent systems along with the understanding and information support of these systems from human factors". In the fourth wave technology, a virtual plan of the factory or production line is provided to human agents for control and decision making (fig. 4).



Fig. 4. The fourth wave technology in industry

▪ *Benefits of fourth wave technology*

It may be that at first glance, the fourth wave technology is very similar to the third wave technology (digitalization of factories), but actually these two have fundamental differences from each other. For a third wave factory to be equipped with fourth wave technology, it is not enough to simply apply some “changes” in its production line or industrial devices, but the infrastructure of that factory must be transformed.

“Klaus Schwab”, the German economist and founder and chairman of the board of directors of the World Economic Forum, in one of his books entitled “Fourth Industrial Revolution”, specifies the fundamental differences between the fourth wave technology and the previous waves [1]. Schwab has written two books about the fourth industrial revolution. His first book titled “The Fourth Industrial Revolution” was published in 2016, which has been translated into 30 languages and has sold more than one million copies worldwide. His second book titled “Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution” was published in 2018. In this book, Schwab has briefly reviewed the past three industrial revolutions. Then he explained in detail about the fourth industrial revolution, its technologies, opportunities and threats and its 12 important categories of technologies. Finally, the book ends by explaining the role of humans in guiding the effects of this revolution. According to Schwab, fourth-wave technology is a range of new technologies merges the physical, digital, and biological worlds, affects all scientific, economic, and industrial domains, and even our ideas about what it means to be “human” are undergoing change and transformation.

But the main question is: why should the fourth wave technology replace the previous technologies? Experts have listed countless benefits for moving towards fourth wave technology,

some of which (along with indirect benefits such as helping to preserve the environment) are as follows [8]:

- *Increase competition:* The development of fourth wave technology will create competition not only between different companies and factories, but also between different countries. For example, China, as a country that is still not considered an “industrial” country despite its giant economy [9], is now trying to become a leading country in this new field of technology by investing heavily in fourth wave technology. This way will take a big step towards industrialization.

- *Increase productivity:* Fourth wave technology increases productivity in various industries in various ways, one of which is increasing efficiency. The use of smart devices that can work more accurately and with less energy consumption will definitely increase productivity in the production sector. As some surveys in Germany show, the productivity in the production sector will increase by more than 60 % as a whole with the spread of the fourth wave technology. For example, it is estimated that by equipping the automotive industry with fourth wave technology, productivity in this industry will increase between 10 and 20 percent.

- *Increase employment:* Although a number of job opportunities may be lost with the intelligentization of devices, the use of fourth wave technology will eventually lead to increased employment among the educated and specialized class, and the same issue in improving the quality of human resources, especially in the fields of engineering and mechanics will be impressive. It goes without saying that employment in the field of information and communication technology, infrastructure and cyber security, and other fields related to the intelligentization of industries will also increase significantly.

- *Increase income:* Fourth wave technology is considered one of the main drivers of income growth in the production sector of countries. Although equipping industries with this technology requires significant investments by companies, cost-benefit estimates show that these investments will be compensated quickly and in the best way by increasing income.

- *Optimization of manufacturing processes:* There is no doubt that by using intelligent systems based on information technology and establishing close and meaningful communication between them, it is possible to make the best and maximum use of available resources (whether economic resources or resources such as water and electricity). Product production time in industries equipped with fourth wave technology will be significantly reduced due to increased

production speed. On the other hand, when the need for human intervention in a production line is minimized, sometimes restrictions (such as the number of working hours per day or night) are also practically removed from industries.

- *Development of ancillary (peripheral) technologies:* The fourth wave technology not only transforms various industries by itself, but also becomes the motivation and launching pad for the development of other technologies. Designers and manufacturers of production lines can use fourth wave technology as an infrastructure to create newer technologies. For example, nowadays, more and more companies are using 3D printer technology, and the fourth wave technology can help these printers advance as well [10, 11].

- *Improving customer service:* At present, monitoring and feedback mechanisms about a production line or factory take relatively much energy and time. Using the principles and methods of fourth wave technology, reports and statistics about a production line or factory will be collected automatically, and therefore the reaction to these reports will be accelerated. In this way, some reforms will be done intelligently in the system, and those reforms that require human decision-making will be formed much faster.

▪ *Technologies of the fourth industrial revolution*

Technology has changed the world in many ways. Every new technology that enters human life is initially accompanied by the resistance of a group of people, but over time, it becomes an inseparable part of their lives in such a way that it will be difficult and impossible to imagine and remember life before their presence. New technologies are not completely out of control, nor can they be considered simply as a tool to be used; therefore, it is necessary to learn to interact with these technologies. The fourth industrial revolution will introduce 12 important technology categories into our lives. These technologies include: new computing technologies, block chain, Internet of Things, artificial intelligence and robotics, advanced materials, additive manufacturing and multidimensional printing, biotechnologies, neurotechnologies, augmented and virtual realities, extraction, storage and transmission of energy, climate engineering and space technologies.

▪ *Benefits of adopting Industry 4.0*

Attractiveness for the workforce so that they can invest in new and creative technologies. The possibility of more cooperation among the members of a process and making the team stronger; because they can perform predictive analytics, process and enforcement, and allow operators to use data and information, and in this

way, each person performs better in their area of responsibility [12, 13, 14]. Eliminate potential incidents before they occur; upfront analysis and Internet connectivity and automation allow for proactive troubleshooting and maintenance.

▪ *Main challenges*

- The first challenge is to ensure that the benefits of the fourth industrial revolution will be fairly distributed. The wealth and prosperity resulting from previous industrial revolutions have been and continue to be unfairly distributed.

- The second challenge is managing the side effects of the fourth industrial revolution in terms of the risks and damages that follow. In the previous industrial revolutions, not many efforts were made to protect vulnerable populations, the environment, and future generations against the damages of unwanted consequences, change costs, secondary effects, etc.

- The third challenge is to ensure that the fourth industrial revolution is human-driven and human-centered. Human values should be intrinsically respected, not measured by financial criteria.

- It is expected that the expansion of fourth generation industry springs will decrease the level of employment with the increase of automation.

- The next challenge may affect personal privacy. Since this fourth revolution can monitor and control the entire process of an event, there may be legal or illegal access to personal data. Hence, data collection and processing can be used against others for personal gain or to rule over (governing) people [9].

Results and conclusion

Based on the summary of this study, we could draw the following conclusions:

- Basic understanding of the industrial revolutions in which describes four main industrial revolutions in the history based on literature review (starts from machine production era (1784) up to days cyber physical system);

- Describes the fourth wave technology (or Industry 4.0) and detection of its principles, benefits and main challenges;

- There is the concept of the fifth industrial revolution, but so far from its signs in construction and architecture;

- Using fourth wave technology has its advantages, disadvantages and risks, but do not forget that under the conditions of its refinement, the degree of human safety, accuracy and quality of work, economics and environmental aspects increases;

- Despite achieving good results from the use of this industry in construction and architecture, the final result of this industry construction and architecture is still far away and the concept needs to be refined in all aspects and details.

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. Will the developers succeed in creating a complex developed system of using fourth wave technology in construction and architecture which everybody and construction companies using them for everyday working – we should work harder and will see in a few years.

REFERENCES

- Schwab K. The fourth industrial revolution. Currency. 2017.
- Kashiripoor M.M. *Sovershenstvovanie arhitekturo-planirovochnoy struktury malyyh gorodov regiona Blizhnego Vostoka na osnove koncepcii ustojchivogo razvitiya*. Cand. Diss. [Improving the architectural and planning structure of small towns in the Middle East region based on the concept of sustainable development. Cand. Diss.]. Minsk, 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761.
- Zhou Kelian, Taigang Liu, Zhou Lifeng. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD). Zhangjiajie, China. IEEE. 2016. DOI: 10.1109/FSKD.2015.7382284.
- Lasi H., Fettke P., Kemper H.G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0. Business & information systems engineering. 2014. N. 6. P. 239–242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.
- Kandalintsev V.G. Innovations of the fourth industrial revolution. *Vostochnaya analitika* [Eastern Analytics], 2019, no. 1, pp. 35–41. (in Russian)
- Kashiripur M.M., Boreyko V.M. Automatic monitoring for complex co-weapons and infrastructure of the city. *Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Dorozhnoe stroitel'stvo i ego inzhenernoe obshchenie»* [Materials of the III International Scientific and Technical Conference "Road Construction and Its Engineering Support"]. Minsk, BNTU, 2022, pp. 90–94. (In Russian).
- Kashiripur MM, Al-Sayyab A.A. Proper methodology for automated monitoring during construction. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu i ekonomike: sb. materialov v ramkakh 20-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU i 78-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU* [Science ▪ education, production and economics: Sat. materials within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU and the 78th student scientific and technical conference of BNTU]. Minsk, BNTU, 2022, pp. 84–88. (In Russian).
- Ivanov D.V., Malyshev O.V., Sviridenko D.V., Khasanov RA, Sushko A.E., Beklemishev A.V. The fourth industrial revolution in the field of technical maintenance and repair of equipment. *Glavnyy mekhanik* [Chief mechanical engineer], 2017, no. 7, pp. 16–34. (in Russian)
- Prisecaru P. Challenges of the fourth industrial revolution. *Knowledge Horizons – Economics*. 2016. N. 8 (1). P. 57–62.
- Kashiripur MM, Garagozov SB. New trends and innovations in construction: construction with a 3d printer. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu i ekonomike: sb. materialov v ramkakh 20-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU i 78-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU* [Science ▪ education, production and economics: Sat. materials within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU and the 78th student scientific and technical conference of BNTU]. Minsk, BNTU, 2022, pp. 94–99. (In Russian).
- Kashiripur M.M., Kukhareva I.V. Innovations in construction: construction of houses from waste. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu i ekonomike: sb. materialov v ramkakh 20-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU i 78-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU* [Science ▪ education, production and economics: Sat. materials within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU and the 78th student scientific and technical conference of BNTU]. Minsk, BNTU, 2022, pp. 100–103. (In Russian).
- Kashiripur M.M., Gayevskaya Yu.N. Fundamentals of understanding BIM-technologies in construction. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu i ekonomike: sb. materialov v ramkakh 20-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU i 78-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU* [Science ▪ education, production and economics: Sat. materials within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU and the 78th student scientific and technical conference of BNTU]. Minsk, BNTU, 2022, pp. 89–93. (In Russian).
- Kashiripoor M.M. Application 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) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.21
- Kashiripur M.M. Metaverse City: Definition and Direction of Development for Urban Planning and Architecture. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo 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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Schwab K. The fourth industrial revolution. Currency, 2017.
- Каширипур М.М. Совершенствование архитектурно-планировочной структуры малых городов региона Ближнего Востока на основе концепции устойчивости.

чивого развития: дис. ...канд. арх. Минск, 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.18643.73761.

3. Zhou Keliang, Taigang Liu, Zhou Lifeng. Industry 4.0. Towards future industrial opportunities and challenges. 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD). Zhangjiajie. China. IEEE. 2016. DOI: 10.1109/FSKD.2015.7382284.

4. Lasi H., Fettke P., Kemper H.G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0. Business & information systems engineering. 2014. N. 6. P. 239–242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.

5. Кандалинцев В.Г. Инновации четвертой промышленной революции // Восточная аналитика. 2019. № 1. С. 35–41.

6. Каширипур М.М., Борейко В.М. Автоматический мониторинг для сложных сооружений и инфраструктуры города // Материалы III Международной научно-технической конференции «Дорожное строительство и его инженерное обеспечение». Минск: БНТУ, 2022. С. 90–94.

7. Каширипур М.М., Аль-Сайяб А.А. Надлежащая методология автоматизированного мониторинга в процессе строительства // Наука – образованию, производству и экономике: сб. материалов в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ и 78-й студенческой научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 84–88.

8. Иванов Д.В., Малышев О.В., Свириденко Д.В., Хасанов Р.А., Сушко А.Е., Беклемишев А.В. Четвертая промышленная революция в сфере технического обслуживания и ремонта оборудования // Главный механик. 2017. № 7. С. 16–34.

9. Prisecaru P. Challenges of the fourth industrial revolution. Knowledge Horizons – Economics. 2016. N. 8 (1). P. 57–62.

10. Каширипур М.М., Гарагозов С.Б. Новые тенденции и инновации в строительстве: строительство с помощью 3d принтера // Наука – образованию, производству и экономике: сб. материалов в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ и 78-й студенческой научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 94–99.

11. Каширипур М.М., Кухарева И.В. Инновации в строительстве: строительство домов из отходов // Наука – образованию, производству и экономике: сб. материалов в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ и 78-й студенческой научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 100–103.

12. Каширипур М.М., Гаевская Ю.Н. Основы понимания BIM-технологий в строительстве // Наука – образованию, производству и экономике: сб. материалов в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ и 78-й студенческой научно-технической конференции БНТУ. Минск: БНТУ, 2022. С. 89–93.

13. Kashiripoor M.M. Применение метавселенной в городах, её понятие, преимущества и недостатки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 168–173. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.21.

14. 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.

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: mkashiripoor@gmail.com

КАШИРИПУР Мохаммад Махди

кандидат архитектуры, доцент, постдокторский исследователь, доцент кафедры строительных материалов и технологии строительства
Белорусский национальный технический университет
220013, Беларусь, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12
E-mail: mkashiripoor@gmail.com

For citation: Kashiripoor M.M. Fourth wave technologies in construction and architecture: from idea to realization (Part 1: Basic understanding, definition and historical events). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 133–142. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.17.

Для цитирования: Каширипур М.М. Технологии четвертой волны в строительстве и архитектуре: от идеи до реализации (часть 1: основное понимание, определение и исторические события) // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 133–142. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.17.

Е. В. ЩЕРБИНА
И. В. КУЗНЕЦОВ

АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ ЗАСТРОЙКИ НА ТЕРРИТОРИЯХ КРУПНЫХ И КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ ПОВОЛЖЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

GIS-BASED ANALYSIS OF BUILDING DENSITY IN THE TERRITORIES
OF LARGE CITIES AND MEGAPOLISES OF THE VOLGA REGION

Современная градостроительная ситуация характеризуется необходимостью обоснования работ по реорганизации, комплексному развитию и реновации территорий крупных и крупнейших городов Поволжья, что требует разработки новых методических подходов к их решению. В этом аспекте анализ распределения плотности застройки, как одного из значимых градостроительных показателей, даёт возможность создания системного подхода к решению обозначенных градостроительных задач. С использованием предложенной методики, основанной на применении инструментария географических информационных систем, проведена оценка распределения плотности застройки таких городов Поволжья, как Ярославль, Нижний Новгород, Чебоксары, Казань, Ульяновск, Тольятти, Самара, Саратов, Волгоград, Астрахань, проиллюстрированная «мозаичным» распределением этого параметра. Сопоставление данных с результатами, имеющимися в открытых источниках и полученными ранее другими методами, показало, что предложенная методика позволяет достичь необходимую точность измерения и уровень верификации данных.

Ключевые слова: пространственная организация, градостроительная реорганизация, зона планировочного влияния, плотность застройки, коэффициент плотности застройки, геоинформационные системы, ГИС-анализ

The current urban planning situation is characterised by the need to justify the reorganisation, integrated development and renovation of the territories of the large cities and megapolises of the Volga region, which requires the development of new methodological approaches to their solution. In this aspect, the analysis of building density distribution, as one of the significant urban planning indicators, makes it possible to create a systematic approach to solving the identified urban planning problems. Using the proposed methodology, based on the application of geographic information systems tools, we have assessed the distribution of building density of such cities of the Volga region as Yaroslavl, Nizhny Novgorod, Cheboksary, Kazan, Ulyanovsk, Togliatti, Samara, Saratov, Volgograd and Astrakhan, illustrated by the mosaic distribution of this parameter. Comparison of the data with the results available in open sources and previously obtained by other methods showed that the proposed methodology allows achieving the necessary measurement accuracy and level of data verification.

Keywords: spatial organisation, urban reorganisation, planning influence zone, building density, building density coefficient, geographic information systems, GIS analysis

Введение. Современная градостроительная ситуация характеризуется необходимостью проведения работ по реорганизации, комплексному развитию и реновации городских территорий, что определяет необходимость разработки новых методических подходов к их решению [1]. В этом аспекте анализ распределения плотности застройки, как одного из значимых градостроительных показателей, с использованием геоинформационных систем (далее – ГИС), определяет актуальность данного исследования [2–4].

Объектом проведённого исследования являются городские территории, в которых наиболее подробно исследованы зоны планиро-

вочного влияния железнодорожных вокзалов (для удобства авторами для понятия «зона планировочного влияния железнодорожных вокзалов» введена аббревиатура ЗПВ ЖДВ), которые представляют собой ценный территориальный ресурс [5]. Термин введён для дифференциации с понятием полосы отвода железной дороги [6–8] и существующим в отечественной нормативно-правовой базе термином «привокзальная территория» [9], трактуемым как «территория, прилегающая к железнодорожному вокзалу с подъездами и подходами к железнодорожному вокзалу, остановочными пунктами общественного и индивидуального транспорта,

местами парковки, автостоянками, элементами благоустройства»¹. Для целей данного исследования в качестве объекта исследования были взяты более широкие пространственные границы, нежели заложенные в ГОСТе, с целью включить в них гражданскую (жилую и общественную) застройку города [10].

В современных условиях территории в ЗПВ ЖДВ требуют разработки новых подходов и методик градостроительного анализа для принятия решений по повышению эффективности их использования и реновации [11, 12]. Следует отметить многофакторность поставленной задачи, большое значение среди факторов которой имеет плотность застройки, характеризующейся показателем – коэффициент плотности застройки.

Материалы и методы. Аналитическая работа проводилась с использованием инструментария ГИС QGIS, являющегося эффективным инструментом, применяющимся для «устойчивого» развития городских территорий [3, 13], и баз пространственных данных городов, составляющих географические границы исследования. В работе были использованы данные открытых источников, научно-техническая и нормативная литература, материалы федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП). Коэффициент плотности застройки определяется как «отношение суммарной поэтажной площади зданий и сооружений к площади территории»², а в случае конкретного исследования – к площади участков территории в структуре метрической сетки 200 x 200 м, и рассчитывается по формуле

$$K_{\text{пз}} = \frac{S_0}{S_{\text{т}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{пз}}$ – коэффициент плотности застройки; S_0 – суммарная поэтажная площадь зданий и сооружений; $S_{\text{т}}$ – площадь территории.

Результаты исследования. В качестве исходных данных были использованы географические данные, полученные из открытых источников, в том числе из OpenStreetMap, и обладающие информацией, в том числе, об этажности застройки анализируемых городов.

Для подсчёта необходимых значений коэффициента плотности застройки было необходимо рассчитать недостающие данные, такие как общая площадь застройки. Для этого был выбран следующий алгоритм работы в QGIS.

¹ ГОСТ 33942-2016. Межгосударственный стандарт. Услуги на железнодорожном транспорте. Обслуживание пассажиров. Термины и определения.

² СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.

В первую очередь с применением формулы (2) с округлением полученных значений до одного знака после запятой была рассчитана общая площадь:

$$\text{round}(\$area * "floors", 1), \quad (2)$$

где $area$ и $floors$ – параметры слоя из атрибутивной таблицы, включающего застройку, обладающие информацией о площади застройки и её этажности.

С помощью инструмента «Create grid» была построена метрическая сетка с шагом 200 м, захватывающая всю застройку города в его границах.

Каждой ячейке метрической сетки с помощью инструмента «Join attributes by location (summary)» в атрибутивной таблице была присвоена информация из слоя, включающего застройку, о её общей площади, расположенной в границах каждой ячейки.

При помощи калькулятора полей был рассчитан коэффициент плотности застройки по формуле (3), соответствующей формуле (1):

$$"area_sum" / \$area, \quad (3)$$

где $area_sum$ и $area$ – параметры слоя из атрибутивной таблицы, включающего застройку, обладающие информацией об общей суммарной площади застройки и о площади ячейки метрической сетки, равной 40 тыс. м².

Последним шагом численные данные при помощи символизации по диапазонам значений были колоризованы и представлены в виде графических схем (рис. 1).

Анализ полученной графической информации показывает, что во всех исследованных городах отмечается «мозаичное» распределение коэффициента плотности застройки, однако за исключением некоторых городов, таких как Казань, прослеживается тенденция его увеличения с приближением к центральному железнодорожному вокзалу. Коэффициент плотности застройки изменялся от 0,2 и ниже (светло-серый) до значений, превышающих 3,0 (тёмно-серый), как представлено на рис. 1. Распределение плотности застройки формировалось в процессе градостроительного развития, а также связано с периодом индустриального строительства многоквартирных жилых домов и новейшим периодом девелопмента [8].

Очевидно, что в большинстве случаев проиллюстрированные в схемах значения коэффициентов плотности застройки не противоречат значениям, приведённым в таблице Б.1 «Показатели плотности застройки функцио-

нальных зон» приложения Б к своду правил СП 42.13330.2016, а именно 3, 0 – для многофункциональной застройки общественно-деловой зоны, 1, 2 – для застройки многоэтажными многоквартирными жилыми зданиями жилой зоны и 0, 8 – для застройки многоквартирными жилыми зданиями малой и средней этажности жилой зоны. Следует также отметить, что, согласно абзацу 3 примечания 1 к таблице Б.1 приложения Б к своду правил СП 42.13330.2016, при комплексном развитии жилой и нежилой застройки коэффициент плотности застройки

в пределах территории допускается увеличивать до 1, 6, что побуждает к уплотнению существующей застройки в рамках комплексного развития территорий, предусмотренного правилами землепользования и застройки избранных для анализа городов Поволжья (рис. 2).

Заключение и обсуждение. В статье представлены промежуточные итоги очередного этапа исследовательской работы, посвящённой исследованию особенностей городских территорий, расположенных в ЗПВ ЖДВ. Иллюстрацией проведённого этапа исследования стало

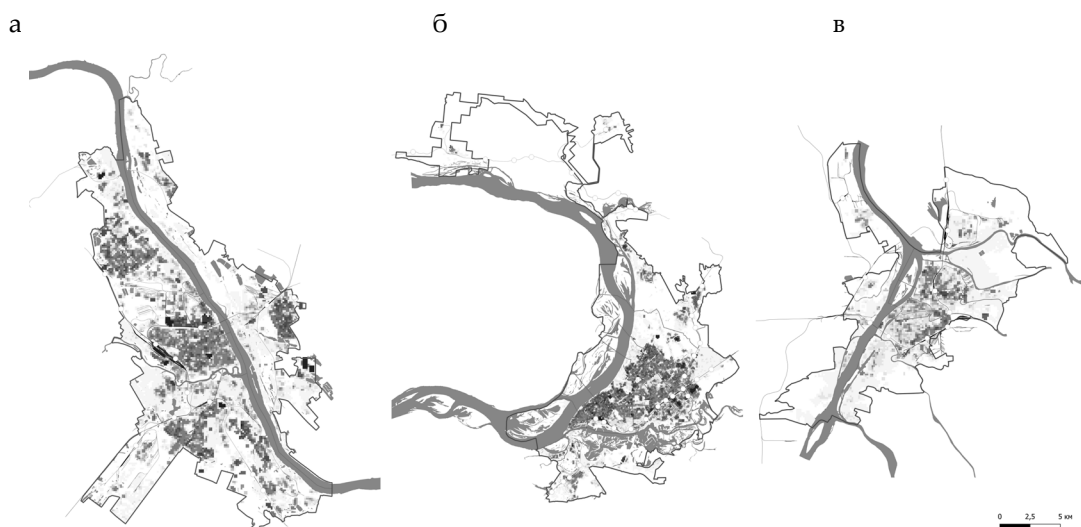


Рис. 1. Показатели коэффициента плотности застройки, рассчитанные в ГИС QGIS по метрической сетке 200 x 200 м (схемы авторов): а – в Ярославле; б – в Самаре; в – в Астрахани

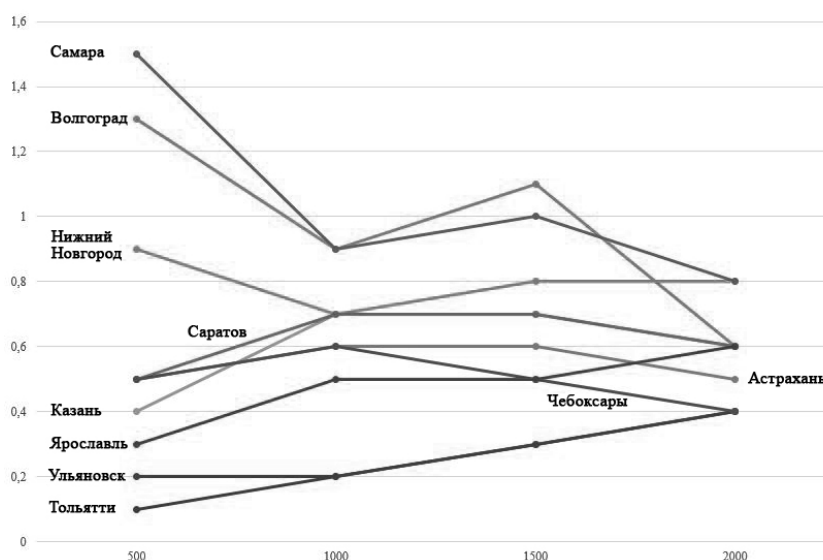


Рис. 2. Сравнительный график значений коэффициентов плотности застройки на расстоянии 500, 1000, 1500 и 2000 м от центрального железнодорожного вокзала крупных и крупнейших городов Поволжья (график авторов)

сравнение показателей коэффициентов плотности застройки, характерных для территорий в ЗПВ ЖДВ, а также зависимость плотности застройки от расстояния до железнодорожного вокзала (см. рис. 2).

Следует отметить, что существует резерв для уплотнения существующей застройки в рамках комплексного развития территорий (которое является одним из ключевых направлений «устойчивого» градостроительного развития поселений, которое осуществляется для повышения эффективности использования территорий и градостроительной реорганизации застроенных территорий), позволяющий вносить рекомендации по корректировке градостроительных регламентов отдельных территориальных зон и подзон на уровне градостроительного зонирования крупных и крупнейших городов [11, 14].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедова Е.А., Кудеров Л.Л., Ахмедов Х.А. Проблемы пространственной реорганизации промышленных зон в крупнейших городах (на примере города Самары) // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2018. № 21. С. 111–117.

2. Каракова Т.В. Проектные задачи с использованием математических методов // Математические методы в архитектуре и дизайне: материалы межвузовской научной конференции, 15 мая 2012 года. Самара: СГАСУ, 2013. С. 19–22.

3. Коробейникова А.Е. Использование геоинформационных технологий для решения задач городского планирования // Устойчивое развитие территорий: сборник докладов V Международной научно-практической конференции. М.: МИСИ-МГСУ, 2023. С. 82–87.

4. Семенюк А.С. Анализ градостроительных характеристик жилых кварталов города Молодечно с помощью ГИС-технологий // Геодезия, картография, кадастр, ГИС – проблемы и перспективы развития: материалы Международной научно-технической конференции: в 2ч. Новополюцк: Полоцкий государственный университет, 2016. Ч. 2. С. 68–78.

5. Кузнецов И.В., Щербина Е.В. Методические подходы по определению границ зоны планировочного влияния железнодорожных вокзалов // Устойчивое развитие территорий: сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. М.: МИСИ-МГСУ, 2022. С. 161–165.

6. Лутченко С.И., Босак В.В. Развитие пространственно-рекреационного каркаса в густонаселенных жилых районах мегаполиса // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2(47). С. 168–174. DOI: 10.17673/10.17673/Vestnik.2022.02.21.

7. Попов А.В., Никитина А.А. Архитектурно-градостроительная трансформация полосы отвода железной дороги и прилегающей санитарно-защитной зоны

// Экология урбанизированных территорий. 2022. № 4. С. 78–84. DOI: 10.24412/1816-1863-2022-4-78-84.

8. Никитина А.А. Пути развития полосы отвода железной дороги и прилегающей санитарно-защитной зоны // Дни студенческой науки: сб. докладов. М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2022. С. 221–223.

9. Огнева М.А., Кулачковский В.Н. Железнодорожная сеть в структуре города и ее влияние на организацию пассажирского транспортного терминала // Архитектура, строительство, транспорт. 2023. № 2(104). С. 6–15. DOI: 10.31660/2782-232X-2023-2-6-15.

10. Щербина Е.В., Кузнецов И.В. Особенности территорий, расположенных в зоне планировочного влияния железнодорожных вокзалов. На примере крупнейших поволжских городов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сб. статей. Самара: СамГТУ, 2022. С. 323–330.

11. Кузнецов И.В. Некоторые вопросы градостроительной реорганизации территорий в зоне планировочного влияния железнодорожных вокзалов / науч. рук. Е.В. Щербина // Наука, образование и экспериментальное проектирование: тезисы докладов: в 2 т. М.: МАрХИ, 2023. Т. 1. С. 313.

12. Барковский А.М., Терегова А.Н. Архитектурный анализ доступности среды железнодорожных вокзалов на примере станции Кинель Куйбышевской железной дороги // Градостроительство и архитектура. 2016. №3(24). С. 91–95. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.15.

13. Черкасов А.А., Махмудов Р.К., Соннев Н.В. Пространственный анализ городов и агломераций: интеграция технологий ГИС и Big Data // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 4. С. 95–112. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.4.6.

14. Кузнецов И.В., Щербина Е.В. Задачи градостроительной реорганизации зоны планировочного влияния железнодорожных вокзалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 11(767). С. 72–84. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-72-84.

REFERENCES

1. Akhmedova E.A., Kuderov L.L., Akhmedov Kh.A. Problems of spatial reorganisation of industrial zones in the largest cities (on the example of the city of Samara). *Vestnik Volzhskogo regional'nogo otdeleniya Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk* [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian academy of architecture and construction sciences], 2018, no. 21, pp. 111–117. (in Russian)

2. Karakova T.V. Design problems using mathematical methods. *Matematicheskie metody v arhitekture i dizajne: materialy mezhvuzovskoj nauchnoj konferencii* [Mathematical methods in architecture and design: proceedings of the interuniversity scientific conference]. Samara, Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2013, pp. 19–22. (In Russian).

3. Korobeynikova A.E. Use of geoinformation technologies for solving urban planning problems. *Ustojchi-*

voe razvitie territorij: sbornik dokladov V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Sustainable development of territories: collection of reports of the V International scientific and practical conference]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 2023, pp. 82–87. (In Russian).

4. Semenyuk A.S. Analysis of urban characteristics of residential blocks of Molodechno city with help of GIS-technologies. *Geodezija, kartografija, kadastr, GIS: problemy i perspektivy razvitiya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Geodesy, cartography, cadastre, GIS – problems and prospects of development: proceedings of the international scientific and technical conference]. Novopolotsk: Euphrosyne Polotsk State University, 2016, part 2, pp. 68–78. (In Russian).

5. Kuznetsov I.V., Shcherbina E.V. Methodological approaches to determine the boundaries of the planning influence zone of railway stations. *Ustojchivoe razvitie territorij: sbornik dokladov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Sustainable development of territories: collection of reports of the International scientific and practical conference]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 2022, pp. 161–165. (In Russian).

6. Lutchenko S.I., Bosak V.V. Development of spatial-recreational frame in dense residential areas of megapolis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban construction and architecture], 2022, vol. 12, no. 2(47), pp. 168–174. (in Russian) DOI: 10.17673/10.17673/Vestnik.2022.02.21

7. Popov A.V., Nikitina A.A. Architectural and urban planning transformation of the railway right-of-way and adjacent sanitary protection zone. *Jekologija urbanizirovannykh territorij* [Ecology of urban areas], 2022, no. 4, pp. 78–84. (in Russian) DOI: 10.24412/1816-1863-2022-4-78-84

8. Nikitina A.A. Ways to develop the railway right-of-way and the adjacent sanitary protection zone. *Dni studentcheskoj nauki: sbornik dokladov nauchno-tehnicheskoy konferencii po itogam NIR studentov ISA NIU MGSU* [Days of student science: collection of reports of the scientific and technical conference on the results of research and development of students of ISA MSUCE (NRU)]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 2022, pp. 221–223. (In Russian).

9. Ogneva M.A., Kulachkovskiy V.N. Railway network in the structure of the city and its role in organization of the passenger terminal. *Arhitektura, stroitel'stvo, transport* [Architecture, construction, transport], 2023, no. 2(104), pp. 6–15. (in Russian) DOI: 10.31660/2782-232X-2023-2-6-15

10. Shcherbina E.V., Kuznetsov I.V. Features of the territories located in the area of planning influence of railway station complexes (on the example of the megapolises of the Volga Region). *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo: sbornik statej 79-oj vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning: collection of articles of the 79th all-Russian scientific and technical conference]. Samara, Samara State Technical University, 2022, pp. 323–330. (In Russian).

11. Kuznetsov I.V. Some issues of urban planning reorganisation of territories in the zone of planning influence of railway terminals. *Nauka, obrazovanie i jeksperimental'noe proektirovanie: tezisy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, molodykh uchjonykh i studentov* [Science, education and experimental design: abstracts of the international scientific and practical conference of the faculty, young scientists and students]. Москва: Moscow Institute of Architecture (State Academy), 2023, vol. 1, p. 313. (In Russian).

12. Barkovsky A.M., Teryagova A.N. Architectural analysis of the accessibility of the environment of railway stations on the example of the Kinel station of the Kuibyshev railway. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban construction and architecture], 2016, no. 3(24), pp. 91–95. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.15

13. Cherkasov A.A., Maxmudov R.K., Sopnev N.V. Spatial analysis of cities and agglomerations: integration of GIS and Big Data technologies. *Nauka. Innovacii. Tehnologii* [Science. Innovation. Technologies], 2021, no. 4, pp. 95–112. (in Russian) DOI: 10.37493/2308-4758.2021.4.6

14. Kuznetsov I.V., Shcherbina E.V. Challenges for the urban reorganisation of the planning impact zone of railway stations. *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2022, no. 11(767), pp. 72–84. (in Russian) DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-72-84

Об авторах:

ЩЕРБИНА Елена Витальевна

доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры градостроительства
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., 26
E-mail: ScherbinaEV@mgsu.ru

КУЗНЕЦОВ Илья Вячеславович

аспирант кафедры градостроительства, преподаватель
кафедры градостроительства
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., 26
E-mail: elias96@mail.ru

SHCHERBINA Elena V.

Doctor of Engineering Science, Professor, Professor
of the Urban Planning Chair
Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University)
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26
E-mail: ScherbinaEV@mgsu.ru

KUZNETSOV Ilya V.

Postgraduate Student of the Urban Planning Chair,
Lecturer of the Urban Planning Chair
Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University)
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26
E-mail: elias96@mail.ru

Для цитирования: Щербина Е.В., Кузнецов И.В. Анализ плотности застройки на территориях крупных и крупнейших городов Поволжья с применением геоинформационных систем // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 143–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.18.

For citation: Shcherbina E.V., Kuznetsov I.V. GIS-based analysis of building density in the territories of large cities and megapolises of the volga region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 143–148. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.18.

**В. А. САМОГОРОВ
И. И. ЗУБКОВА**

ОБРАЗ ГОРОДА. КОД КУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ МЕГАПОЛИСА НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

**IMAGE OF THE CITY. CODE OF CULTURAL IDENTITY
OF THE MEGACITY ON THE BASIS OF ARCHITECTURAL HERITAGE**

Сохранность целых кварталов исторической застройки в центре города делает Самару уникальным городом и создает явление «архитектурной идентичности» – узнаваемости, идентификации образов. Целью статьи является выявление системы приоритетных идентификационных признаков самарской архитектуры. В ходе исследования сформулированы критерии и принципы архитектурной идентичности Самары, выявлены наиболее типичные архитектурные образы, характеризующие код культурной идентичности города.

Ключевые слова: идентичность городской среды, архитектурный образ, городское пространство, исторический контекст, код города, архитектурное наследие

The preservation of entire blocks of historical buildings in the city centre makes Samara a unique city and creates the phenomenon of “architectural identity” – recognisability, identification of images. The aim of the article is to identify the system of priority identification features of Samara architecture. The research formulates criteria and principles of Samara’s architectural identity, identifies the most typical architectural images that characterise the code of the city’s cultural identity.

Keywords: identity of urban environment, architectural image, urban space, historical context, city code, architectural heritage

Памятники архитектуры, исторические здания, ансамблевая застройка улицы и площади, сохраненные в городской среде, являются своеобразным «кодом» культурной идентичности мегаполиса, символами и олицетворениями исторических смыслов, национальных традиций и культурных ценностей, передаваемых из поколения в поколение. Архитектурный облик города является важной составляющей его идентичности, в которой отражается история, традиции, культура и национальные особенности места, что позволяет запечатлеть в общественном сознании его уникальный образ. Понятие идентичности есть концептуальная категория, представляющая собой совокупность убеждений, ощущений, узнаваемых образов, возникающих в сознании индивида в отношении определенного места, города, региона. «Идентификация – это не что-нибудь застывшее, это, скорее, то, что надо постигать снова и снова» [1]. Она также может быть значимым аспектом в создании чувства самоопределения для людей и их принадлежности к территориальной, социальной и культурной среде. В контексте архитектуры идентичность города можно трактовать как целостную узнаваемую совокупность материальных и нематериальных особенностей городской среды, обусловленную

тождественностью с локальными факторами и представлениями о городе [2].

Архитектурная идентичность городской среды может быть определена следующими критериями:

▪ *Узнаваемость* – критерий, по которому возможно выявить отличительные признаки городов, мест и пространств друг от друга на основе определенных характеристик или, как их по-другому называют, идентификационных кодов, связанных с разнообразием и плотностью застройки городских территорий, репрезентативностью отдельных зданий и сооружений. Идентификационные коды городских пространств – это свойства и определенные метрические параметры, по которым мы узнаем те или иные места города и отличаем их от других мест или аналогичных мест других городов [3].

В роли кодов архитектурно-культурной идентичности могут выступать, во-первых, сформировавшиеся в структуре города знаковые объекты и доминанты, символы исторических событий, местных традиций, формирующие новую идентичность. Такими объектами могут являться храмово-религиозные комплексы, уникальные здания, ансамбли и т. д. Во-вторых, признаки архитектурной идентичности присутствуют в рядовой и фоновой историче-

ской застройке, имеющей в большинстве своем массовый характер и стремящейся при этом сохранить целостный образ.

- *Непрерывность* развития городской среды с сохранением в архитектурном контексте аутентичных компонентов прошлых исторических смыслов, традиций и культур является важным фактором для создания устойчивого и гармоничного городского пространства. Такой подход позволяет сохранить объекты культурного наследия, интегрировать современные строительные проекты в существующую городскую среду, учитывая исторические, культурные, этнографические и традиционные особенности, создать гармоничное сочетание между прошлым и настоящим, а также передать будущим поколениям историческую память места. Главными качествами должны быть преемственность последовательностей, когда каждая часть вырастает из соседней, чувство глубокой взаимосвязанности на любом уровне и в любом направлении. Здесь могут быть участки, воспринимаемые индивидом как более организованные, но вся структура должна обладать последовательным характером, быть мысленно проницаемой в любом порядке [4].

Непрерывное развитие городской среды с учетом архитектурного контекста и сохранение компонентов прошлых исторических смыслов, традиций и культур весомо влияют на создание целостного образа города. *Целостность* формируется благодаря связям между историческими и современными объектами посредством элементов, деталей и компонентов, определяющими характер времени (эпохи) и пространства. Пространственная и временная пористость города также открывает его для впечатлений прошлого и текущих связей с внешним миром [5]. Для создания гармоничного образа городской среды, а также для обеспечения связи между прошлым и новым комбинация из этих элементов может быть включена в современные проекты, что выражается в использовании традиционных материалов, форм, цветов или декоративных деталей, которые отражают местную национальную идентичность и создают атмосферу узнаваемости. Будучи в общих очертаниях какое-то время стабильной, эта структура вечно изменяется в деталях, а ее рост и форма поддаются контролю только частично. Здесь не бывает окончательного результата – только непрерывная последовательность состояний [4].

- *Долгосрочность* коллективного характера направлена на формирование идентичности городской среды, где город воспринимается в связи с индивидуальными воспоминаниями индивида [6]. Коллективная память позволяет

учитывать мнение и воспоминания жителей города, их представления о том, что их объединяет и связывает историческими смыслами и культурным кодом своего города. По мнению историка Пьера Нора, коллективная память не только порождается той социальной группой, которую она сплавливает, но и укоренена в конкретном: в пространстве, объекте, образе [7]. Городская идентичность может быть охарактеризована устойчивым представлением человека как о жителе определенного города, сопричастного к его историческому развитию.

В условиях растущей глобализации и универсализации окружающего мира количество пространств, обладающих местной идентичностью, локальными значениями и традициями, в перспективе дальнейшего развития может значительно сократиться. Повсеместное отсутствие комплексной застройки, тактичного отношения к существующей среде, пренебрежение строительными регламентами в условиях проектирования в историческом центре городов, а также доминирование коммерческих интересов при создании архитектурных объектов приводят к утере своеобразия архитектурной среды – городской идентичности, т. е. узнаваемости, неповторимости, индивидуальности городского образа [8]. Прежде всего этому способствует взятый за основу проектирования среды вектор, направленный на развитие унификации и стандартизации, при котором приходится говорить о размывании уникальности каждого места [9].

Проблему сохранения идентичности в городской среде целесообразно рассматривать в разрезе определения «культурное и историческое наследие», которое напрямую связано с сохранением объектов культуры и памятников архитектуры, природных и антропогенных ландшафтов, уникальной исторической застройки, отражающих традиции, обычаи и образ жизни горожан. Материальное наследие является носителем культурных и цивилизационных кодов нации [2]. Сохранение и восстановление архитектурного наследия позволяет обеспечить связь с прошлым и укрепить идентичность города. Однако сохранение архитектурного наследия не означает стагнацию или отказ от развития исторически сложившихся территорий города. Целесообразно найти баланс между сохранением существующих объектов, представляющих культурную ценность, и созданием новаторских решений, благодаря которым городской контекст получит возможность развиваться и адаптироваться к современным потребностям, сохраняя при этом свою уникальность и культурную идентичность.

Мегаполис в современных реалиях представляет собой смесь исторических и совре-

менных архитектурных объектов различных стилей со своим предметным наполнением, сооружениями всевозможных форм и размеров. Главное преимущество Самары – сохранившаяся идентичность исторического центра, архитектурная среда которого поражает своей коллажностью и разнообразием, состоящим из традиционных деревянных построек, дореволюционной плотной застройки из купеческих особняков и усадеб, уникальными религиозными сооружениями различных конфессий, монументальных ансамблей сталинской архитектуры, новаторских авангардных сооружений в стиле конструктивизма и модернизма.

Основываясь на исследовании городской среды Самары и ее «типичных» узнаваемых образов, можно выявить ряд принципов, отвечающих за формирование идентичности архитектурного облика города.

1. Принцип сохранения исторического контекста, который может включать в себя устоявшиеся градостроительные традиции застройки города, региональные особенности архитектуры, а также периодичность освоения городских территорий.

Градостроительные трансформации города Самары, опираясь на сложившуюся в историографии хронологию ее возникновения и развития, можно разделить на несколько этапов.

Первый этап охватывает период с момента основания города в 1586 г. до начала XVIII в. и характеризуется созданием военно-оборонительного укрепления в виде деревянной крепости, а также развитием впоследствии торговой функции и строительством в поселении монастырей и слобод. В этот период застройка города носит хаотичный характер. *Второй этап* исторического развития Самары проходит в течение XVIII в., он отмечен дорегулярной городской застройкой и появлением первых государственных учреждений. *Третий этап* (конец XVIII – первая половина XIX в.) предполагает развитие Самары как уездного города на регулярной основе, появляется первый градостроительный план города с четкой сеткой улиц, формирующей квартальную застройку. Продолжается развитие общественно-административной структуры с возведением первых каменных зданий: уездный, земский суды, банки, казначейство, образовательные учреждения. На *четвертом этапе*, который приходится на вторую половину XIX – начало XX в., происходит становление Самары как губернского города. Этот период характеризуется развитием столицы губернии как значимого торгово-экономического центра, масштабными изменениями в городском устройстве и планировании, стремительным расцветом жилой, общественной

и административной архитектуры, выполненной как русскими, так и зарубежными зодчими в разных стилях: классицизм, модерн, неоклассицизм, неоготика, русский и мавританский стили, эклектика. Внешний этнографический идентификатор оказал большое влияние на формирование архитектуры общественных объектов [10]. *Пятый этап* приходится на временной отрезок 20 – 30-х гг. XX в. и совпадает с авангардными течениями в искусстве и архитектуре, именно поэтому в городской застройке Самары появляются объекты конструктивизма, впоследствии ставшие уникальным историческим наследием того периода. На *шестом этапе* (30 – 50-е гг. XX в.) городской облик Самары развивается с тенденциями советской архитектуры и новых политических установок. Вектор развития городской среды смещается с проектирования отдельных зданий на ансамблевую, комплексную застройку. В этот период появляются такие знаковые объекты, как Самарская набережная, широкое внимание уделяется оформлению городских площадей: Самарская площадь, площадь им. Куйбышева с расположенным на ней зданием театра оперы и балета, площадь им. Кирова. Образ города представляет собой целостный архитектурно-художественный организм. С середины XX в. и по настоящее время Самара находится на *современном этапе развития*, для которого характерно типовое и точечное строительство, где выделяются знаковые объекты с преимущественно общественной функцией: особняком стоят сооружения в стиле модерна (дворец бракосочетания, цирк, музей им. П. Алабина, самарский элеватор) торгово-офисные здания, здание железнодорожного вокзала, стадион Самара Арена), при этом отсутствует общая стратегия развития городской застройки и планирования, а исторический центр приходит в упадок.

Каждый из приведенных выше этапов развития городской среды оставил свой след в современном облике Самары, некоторые кварталы и улицы фрагментарно сохранились со времен основания города, формируя культурную идентичность места.

2. Морфологический принцип основывается на использовании сложившихся знаковых силуэтов зданий, улиц, кварталов, выступающих в качестве элемента идентификации городской среды.

В исторической части Самары сложилась соразмерная человеку по масштабу квартальная застройка, формирующая непрерывный фронт улиц. Так, на протяжении одной и той же улицы можно заметить значительные перепады высот как по этажности отдельных

зданий, которые могут иметь от 1 до 6 этажей, так и по высоте этажа в отдельных сооружениях. Такой разброс по параметрам высотности создает ощущение неупорядоченного и неравномерного силуэта. Также на узнаваемую панораму города влияют выступающие акцентами (по высоте, форме, функции, архитектурному стилю и т. д.) на фоне рядовой застройки доминантные объекты, благодаря которым образуется архитектурная идентичность Самары. Основными ценностными маркерами города можно считать объекты, которые производят самое сильное впечатление, выделяются исключительностью своих параметров [11]. В качестве примеров таких знаковых сооружений выступают католический костел пресвятого сердца Иисуса, музей Модерна (особняк Курлиной), Академический театр драмы, здание Жигулевского пивоваренного завода, железнодорожный вокзал, лютеранская кирха, филармония, синагога.

3. Принцип соблюдения природно-климатических и ландшафтных условий позволяет учитывать особенности окружающей природной среды при формировании планировочной структуры города и архитектурного облика зданий. Природный ландшафт можно рассматривать как целостный организм, который обладает общественной ценностью и подлежит сохранению.

Для Самары, как для одного из крупнейших городов Поволжья, естественное влияние на планировочную структуру, общий силуэт и облик застройки оказывает расположение на слиянии двух рек. Город имеет вытянутую форму вдоль левого берега Волги и преимущественно линейный тип планировки. Естественный природный ландшафт с большими перепадами высот по направлению к береговой линии диктует свои условия для формирования городского ландшафта, выгодное расположение на возвышенности дает преимущества для развития множества видовых точек. Например, к одним из знаковых ландшафтных объектов можно отнести склон на площади Славы, который оформлен амфитеатром и системой каскадных фонтанов; другим архитектурно-ландшафтным комплексом является стела Лады с расположенным за ней одноименным жилым высотным комплексом из трех зданий. Отдельно стоит отметить видовую площадку в Пушкинском сквере, с которой просматривается уникальная панорама города, представленная знаковыми архитектурными объектами культуры, религии и промышленности, сложившимися в разные исторические периоды развития города. Также стоит выделить в отдельный пример самарскую набережную, состоящую из нескольких оче-

редей и тянущуюся вдоль всего исторического центра города, объединяя его таким образом в единую структуру.

4. Фактурно-колористический принцип основывается на использовании для фасадов зданий материалов, фактур и цветовых сочетаний, имеющих характеристики, близкие к существующему контексту.

В архитектурном облике Самары можно выделить несколько вариантов использования колористической концепции: сохранение в исторических объектах и применение в новых сооружениях естественной фактуры материалов (оттенки дерева, кирпича, природного камня), контрастные цветовые сочетания в рамках использования одного материала, направленные на выявление тектоники здания (например здания, выполненные из красного и белого кирпича, характерного для русского стиля: здание духовной консистории, здание губернской земской Управы, Самарский академический театр драмы им. М. Горького), нюансные цветовые решения и использование преимущественно монохромных тонов или естественных, природных цветов пастельных оттенков. Колористические решения фасадов связаны с общей стилистикой застройки и направлены на создание узнаваемого образа городской среды.

5. Принцип выявления уникальности архитектурных деталей направлен на обнаружение и сохранение уникальных культурных и архитектурных элементов в облике города: символов, знаков, образов, декора и деталей (эркеры, крыши, балконы, фронтоны, наличники и т. д.), отражающих его идентичность.

Деревянная и каменно-деревянная застройка Самары представляет собой уникальное явление симбиоза народной крестьянской культуры с городской архитектурой. Оконные проемы таких зданий украшались резными наличниками в стиле пропильной (прорезной или сквозной) резьбы, выполненными на основе национальных традиций и служившими ключевыми элементами в декоративной отделке фасадов. В домовой резьбе Самары преобладают растительные (дом мещан Вырыпаевых, дом мещан Смирновых), зооморфные и орнитоморфные (дом провизора Бориса Позерна) мотивы [12]. В каждом элементе резного декора были зашифрованы дополнительные смыслы и знаки, например стилизованные изображения птиц являлись символом семейного гнезда, растительные орнаменты характеризовали собой богатство и плодородие. Кроме древних языческих символов, в деревянном зодчестве нашли отражение детали других архитектурных стилей — классицизма (усадебное место мещан Сафроновых), модерна.

В качестве отдельного объекта-символа можно выделить фахверковый дом на улице Фрунзе. В образе этого здания присутствуют характерные элементы «готической» архитектуры северной Германии, такие как острокопечный щипец, конусообразное завершение угловой башни с флюгером, эркеры, поддерживаемые деревянными консолями.

В более поздней и широко распространенной каменной застройке Самары чаще встречаются декоративные элементы классического, барочного и готического стилей. Сооружения, выполненные в стиле эклектики в Самаре, в купе с местными мотивами, включают в себя черты мавританской архитектуры, главной опознавательной чертой которой является подковообразная арка. Примерами такой архитектуры может служить здание хоральной синагоги, особняк купца Белоусова с декоративными башнями в виде минаретов, особняк Серебрянниковой.

Вывод. Процесс формирования и сохранения идентичности в архитектурном облике города Самары основывается на региональных особенностях, историческом контексте, уникальности элементов и природной среды. Самарской архитектуре, развивавшейся на протяжении многих столетий, удалось отчетливо сохранить уникальную специфику и оригинальность, которые можно охарактеризовать понятием кода культурной идентичности.

Сложившаяся городская застройка, в которой сформированы композиционно-стилевые архетипы, диктует свои условия пространственного развития и функционального наполнения [13]. Создание эволюционирующего гармоничного пространства позволяет сохранить связь с прошлым, сочетать в едином образе историю и современность. Таким образом, архитектурное наследие является важным компонентом формирования образа города и его культурной идентичности, представляя собой код, который передает исторические смыслы, традиции и ценности мегаполиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Норберг-Шульц К. Жизнь имеет место // Известия высших учебных заведений. Architecton. 1995. № 1–2. С. 24–31.
2. Барсукова Н.И., Фомина Э.В. Стратегия сохранения культурной идентичности в современных проектах открытых городских пространств // Мировая художественная культура XXI века. Предметно-пространственная среда и проблемы культурной идентичности. Том I. М.: МГХПА им. С.Г. Строганова, РАХ, МАРХИ, 2021. 276 с.
3. Кламер М., Глебова Н.М., Дружинина И.Е. Идентификационные коды защищенной среды внутренне-

го пространства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7, № 3. С. 132–144.

4. Линч К. Образ города / пер. с англ. В. Л. Глазачева; сост. А. В. Иконников; под ред. А. В. Иконникова. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.

5. Амин Э., Трифт Н. Города: переосмысляя городское / пер. с англ. В. Николаева. М.: Красная ласточка, 2017. 224 с.

6. Анисимов Н.О. Многомерность понятия «городская идентичность» как институциональный фактор личностных и коллективных конфликтов внутри городского сообщества [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogomernost-ponyatiya-gorodskaya-identichnost-kak-institutsionalnyy-faktor-lichnostnyh-i-kollektivnyh-konfliktov-vnutri-gorodskogo> (дата обращения: 11.11.2023).

7. Нора П. Проблематика мест памяти // Нора П., Озуф М., де Пюимеж Ж., Винок М. Франция-память. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. С. 17–50.

8. Лидин К.Л. Я, город // Проект Байкал. 2014. № 42. С. 50–55.

9. Митин И.И. Место как палимпсест [Электронный ресурс]. URL: http://www.intelros.ru/pdf/60_parallel/31/03.pdf (дата обращения: 12.11.2023).

10. Косенкова Н.А., Серова А.А. Формирование идентичности общественных объектов на примере Самары // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 1 (30). С. 109–116. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.19.

11. Романова Т. П. Ценностные маркеры самарской идентичности в онимическом пространстве города // Этнолингвистика. Ономастика. Этимология: мат-лы V Межд. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2022. С. 223–227.

12. Самогоров В.А., Сысоева Е.А., Черная Ю.Д. Деревянная и каменно-деревянная архитектура Самары конца XIX начала XX века. Самара: ООО Книга, 2011. 400 с.

13. Есаулов Г.В. Об идентичности в архитектуре и градостроительстве [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-identichnosti-v-arhitekture-i-gradostroitelstve> (дата обращения: 11.11.2023).

REFERENCES

1. Norberg-Schulz K. Life takes place. *Izvestiya vysshihkh uchebnykh zavedeniy. Architecton* [News of higher educational institutions. Architecton], 1995, no. 1–2, pp. 24–31.
2. Barsukova N.I., Fomina E.V. *Strategy for preserving cultural identity in modern projects of open urban spaces. Mirovaya khudozhestvennaya kul'tura XXI veka. Predmetno-prostranstvennaya sreda i problemy kul'turnoy identichnosti* [World art culture of the XXI century. Subject-space environment and cultural identity issues]. Moscow, 2021, I. 1, 276 p.
3. Klammer M., Glebova N. M., Druzhinina I. E. Identification codes of the protected environment of

the internal space. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [News of universities. Investments. Construction. Real estate], 2017, vol. 7, no. 3, pp. 132–144. (in Russian)

4. Lynch K. *Obraz goroda* [Image of the City]. Moscow, Stroyizdat, 1982. 328 p.

5. Amin E., Trift N. *Goroda: pereosmyslyaya gorodskoe* [Cities: Reimagining Urban]. Moscow, Red swallow, 2017. 224 p.

6. Anisimov N.O. Multidimensionality of the concept of “urban identity” as an institutional factor of personal and collective conflicts within the urban community. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogomernost-ponyatiya-gorodskaya-identichnost-kak-institutsionalnyy-faktor-lichnostnyh-i-kollektivnyh-konfliktov-vnutri-gorodskogo> (accessed 11 November 2023).

7. Nora P. *Problematika mest pamyati* [Problems of places of memory]. St. Petersburg, Publishing House of St. Petersburg State University, 1999. pp. 17–50.

8. Lidin K.L. I. City. *Proekt Baykal* [Project Baikal], 2014, no. 42, pp. 50–55. (in Russian)

9. Mitin I.I. Place as palimpsest. Available at: http://www.intelros.ru/pdf/60_parallel/31/03.pdf (accessed 12 November 2023).

10. Kosenkova N.A., Serova A.A. Forming the identity of public objects on the example of Samara. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban construction and architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 109–116. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.19

11. Romanova T.P. Value markers of Samara identity in the onymic space of the city. *Etnolingvistika. Onomastika. Etimologiya: mat-ly V Mezhd. nauch. konf.* [Ethnolinguistics. Onomastics. Etymology: mat-la V Intl. scientific. conf.]. Yekaterinburg, Publishing House of the Ural University, 2022, pp. 223–227. (In Russian).

12. Samogorov V.A., Syssoeva E.A., Chernaya Yu.D. *Derevyannaya i kamenno-derevyannaya arkhitektura Samary kontsa XIX nachala XX veka* [Wooden and stone-wooden architecture of Samara at the end of the 19th and beginning of the 20th centuries]. Samara, LLC «Book», 2011. 400 p.

13. Esaulov G.V. On Identity in Architecture and Urban Planning. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-identichnosti-v-arhitekture-i-gradostroitelstve> (accessed 11 November 2023).

Об авторах:

САМОГОРОВ Виталий Александрович

кандидат архитектуры, профессор,
заведующий кафедрой архитектуры
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: samogorov@mail.ru

SAMOGOROV Vitaly A.

PhD in Architecture, Professor, Head
of the Architecture Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: samogorov@mail.ru

ЗУБКОВА Ирина Игоревна

аспирант кафедры архитектуры
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: zubkova1995@mail.ru

ZUBKOVA Irina I.

Postgraduate of the Architecture Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, ul. Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: zubkova1995@mail.ru

Для цитирования: Самогоров В.А., Зубкова И.И. Образ города. Код культурной идентичности мегаполиса на основе архитектурного наследия // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 149–154. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.19.

For citation: Samogorov V.A., Zubkova I.I. Image of the city. Code of cultural identity of the megacity on the basis of architectural heritage. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 149–154. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.19.

Н. Р. ФРЕЗИНСКАЯ
К. И. СЕРГЕЕВ

РАЗВИТИЕ НАУКИ В ПРОСТРАНСТВЕ РОССИЙСКИХ СТОЛИЦ: НАЧАЛО ПУТИ

DEVELOPMENT OF SCIENCE IN THE SPACE OF RUSSIAN CAPITALS:
THE BEGINNING OF THE WAY

В статье рассматриваются процессы становления науки в пространстве российских столиц. Отмечаются особенности формирования сетей объектов науки в столичных городах: сложившемся (Москва) и новом (Санкт-Петербург). Формирование каждой сети рассматривается на фоне развития планировочной структуры города. Показано влияние технологии производственных процессов на выбор площадок, пригодных для проведения научных исследований. Определяются причины сосредоточения ученых в московском территориальном ареале «Кремль – Китай-город» и петербургском «Васильевский остров». Приводятся материалы, характеризующие развитие связи научных учреждений с учебными заведениями, производственными предприятиями и другими городскими объектами, использующими в своей деятельности результаты исследовательского труда. Уделяется внимание проблеме расселения ученых, производственников, преподавателей и студентов, организации относительно самостоятельных городков в пределах городских территорий. Анализируются изменения, которые претерпела пространственная организация науки в рассмотренных городах на протяжении XVII и XVIII столетий.

Ключевые слова: Москва, Санкт-Петербург, наука, научные исследования, Славяно-греко-латинская академия, Академия наук и художеств, музеи и библиотеки, размещение объектов науки, расселение ученых, учебные заведения и производственные предприятия

The article examines the processes of the formation of science in the space of Russian capitals. The features of the formation of networks of scientific objects in capital cities are noted: established (Moscow) and new (St. Petersburg). The formation of each network is considered against the background of the development of the city's planning structure. The influence of production process technology on the selection of sites suitable for scientific research is shown. The reasons for the concentration of scientists in the Moscow territorial area "Kremlin - Kitai-Gorod" and St. Petersburg "Vasilievsky Island" are determined. Materials are presented that characterize the development of communication between scientific institutions and educational institutions, manufacturing enterprises and other urban facilities that use the results of research work in their activities. Attention is paid to the problem of resettlement of scientists, production workers, teachers and students, organization of relatively independent towns within urban areas. The changes that the spatial organization of science underwent in the cities under consideration during the 17th and 18th centuries are analyzed.

Keywords: Moscow, St. Petersburg, science, scientific research, Slavic-Greek-Latin Academy, Academy of Sciences and Arts, museums and libraries, location of scientific objects, resettlement of scientists, educational institutions and industrial enterprises

В XVII столетии Россия сделала важный шаг в своем развитии, и появление ростков современной науки подтверждает достигнутые успехи. Для выполнения научных исследований создались благоприятные условия. В стране расширялся круг образованных людей, работали царские приказы, создавались библиотеки и архивы, улучшалось книгопечатание. Монастыри выполняли роль культурно-образовательных центров, открывались первые светские школы. Совершенствовалась армия, увеличивались объемы торговли и производства. При

царе Алексее Михайловиче страна преодолела трудности, унаследованные от Смутного времени, и к концу века оказалась способной к формированию научного центра, разместившегося в Москве – древнем российском городе, первое упоминание о котором восходит к 1147 г.

XVIII век принес с собой важные перемены. Происходило активное освоение удаленных территорий и строительство новых городов, совершенствование армии сопровождалось созданием флота, а развитие производства, ремесел и торговли – расширением международных

связей. Отечественная наука должна была вносить вклад в эти процессы: масштабы преобразований потребовали создания нового научного центра. В отличие от московского, он сформировался в новом городе – Санкт-Петербурге, который был заложен в 1703 г. Уже в 1724 г. Сенат одобрил «Проект положения об учреждении Академии наук и художеств». «Проект» положил начало формированию Российской академии наук, что нарушало традицию: Королевское общество возникло в Лондоне (1660 г.), Парижская академия – в Париже (1668 г.), а Прусская академия – в Берлине (1700 г.). Речь идет о крупных сложившихся городах, проделавших длинный путь исторического развития [1, с. 4].

И московский, и петербургский центры объединяла общая черта – оба они сформировались в столицах. Москва возглавляла Великое княжество Московское, потом – Русское государство, а в 1712 г. передала столичный статус Санкт-Петербургу, ставшему в 1721 г. столицей Российской империи. Управление государством требовало знаний о стране и окружающем мире, о народах и территориях, нравах и обычаях, болезнях и лекарственных средствах. Ученые были нужны государственной власти: они выполняли дипломатические поручения, содействовали решению экономических и политических проблем, развитию образования и культуры. Поэтому в столицах очаги научных исследований получали необходимую поддержку, и утрата городом столичного статуса отрицательно сказывалась на развитии науки. Перемещение в Москву двора Петра II, одновременно с перемещением столицы (1728 г.), означало наступление тяжелых времен для формировавшегося в Санкт-Петербурге научного центра. Его хозяйство приходило в упадок, профессорам не платили жалованье, и они покидали Россию (2, с. 36). Возвращение двора при Анне Иоанновне (1732 г.) позволило совместить функции столицы и главного научного центра страны: уже в елизаветинское время он занял достойное место в ряду научных центров Европы. И хотя лидировал центр, построенный на Неве, развитие науки в первопрестольной продолжалось.

Ко второй половине XVII столетия в Москве сложилось научное сообщество, между членами которого шли горячие споры: утверждалась или оспаривалась необходимость изменений в тексте богослужебных книг, сопоставлялись преимущества обучения греческому или латинскому языку, ценности восточного и западного христианства. Ученые высказывали свое мнение по поводу событий, происходивших в стране, они участвовали в соборах 1660-х гг., обсуждавших деятельность патриарха Никона.

В 1673 г. состоялось «разглагольствие» (диспут) между Епифанием Славинецким и Симеоном Полоцким. Первый был главой славянофильского лагеря, второй – латинофильского. Местом проведения диспута стала патриаршая Крестовая палата московского Кремля [3].

XVIII в. принес ослабление церковного влияния на общество и развивавшуюся науку. Повышался интерес к естественнонаучным и математическим исследованиям. В Академии наук и художеств наряду с работами в области истории, логики, красноречия и права велись работы в области астрономии, географии, ботаники, механики, оптики, физики, химии, анатомии, физиологии и высшей математики. Формировались связи между представителями различных наук, регулярно проводились заседания, на которых ученые выступали с докладами и демонстрациями своих и чужих опытов. За годы, отделившие петровские времена от времен царя Алексея Михайловича, изменилась проблематика научных дискуссий, но осталась неизменной потребность в деловых контактах. М.В. Ломоносов вспоминал, как «часто требует астроном механика и физика совета, ботаник и астроном – химикова, алгебраист пустого не может всегда выкладывать, но часто должен взять физическую материю...» [4, с. 57].

Уже в XVII в. практиковалось научное обслуживание проводившихся исследований. Чудов монастырь в Кремле, Главная аптека на Красной площади и Печатный двор имели свои библиотеки, в Посольском, Разрядном и Сибирском приказах собирали географические материалы, а на Никольской (в Печатном дворе) продолжала работать типография. В ряде случаев невысокое качество обслуживания тормозило работу ученых. Известно, что в 1657 г. Записной приказ не смог исполнить работу, порученную царем Алексеем Михайловичем: согласно его указу необходимо было продолжить создание Степенной книги и внести таким образом вклад в составление русской истории. Ставилась задача «записывать степени и грани царственные с великого государя царя Федора Ивановича». Однако главное хранилище исторических памятников (Патриаршая библиотека) не располагало необходимыми сведениями, и Патриарший приказ сообщил, что требуемой «записки не сыскано» [5].

В петровские времена развитию научного обслуживания уделялось большое внимание. Царь считал необходимым приобретение за границей книг, рукописей, коллекций, инструментов и типографского оборудования. В частности, И.Д. Шумахеру, командированному в Европу, он поручил покупку физических инструментов и найм специалиста по подготовке

и показу физических опытов. «Проектом положения об учреждении Академии наук и художеств» отмечалось, что в распоряжении создаваемого учреждения должна быть библиотека и «натуральных вещей камора», а в обязанности библиотекаря входит не только выписка нужных книг, но и инструментов к опытам, за которые, как и за книги, должно «ис казны платиться». Доступность книг, рукописей и научных коллекций была условием продуктивной научной работы. А.Л. Блюментрост (первый президент Академии и лейб-медик Петра I) писал императрице Екатерине I о необходимости достроить дом под Библиотеку и Кунсткамеру поблизости от бывшего дворца Прасковьи Федоровны (в нем с 1727 г. размещалось главное научное учреждение страны): «...весьма поистине Библиотеке не можно в расстоянии быть от Академии, понеже учительным не меньше нужды в книгах, как мастеровым в инструментах» [6, с. 53–82].

Московская наука начинала свой путь условиях сложившегося города, опираясь на его планировочную структуру. Петербургская – в условиях нового города, перспективы развития которого к моменту появления первых научных учреждений не вполне определились. Нам предстоит сопоставить особенности пространственной организации исследований в двух российских столицах. Говоря об объектах науки, мы будем иметь в виду городские объекты, в которых велись научные работы. Необходимо учитывать, что эти объекты имели различное назначение: в одних выполнение исследований сочеталось с иными видами деятельности, в других – становилось главной задачей. К первым можно причислить, например, Славяно-греко-латинскую академию (в Москве), ко вторым – Российскую академию (в Санкт-Петербурге).

В Москве XVII в. объекты науки возникали преимущественно в центральной части города, неподалеку от царского дворца и патриаршего двора, в зоне активной городской жизни. Территориальный ареал «Кремль – Китай-город» сосредоточивал в своих пределах места работы ученых (дидаскалов, книжников, переводчиков, справщиков и других «ученых людей»). Здесь размещались царские приказы, школы, аптеки, Печатный двор и, наконец, Славяно-греко-латинская Академия. Недалеко от Академии находился Иконный ряд, а на Никольском крестце в районе современного Богоявленского переулка – лавки, где шла бойкая торговля. Планировочной осью территории служила Никольская улица (ее и сегодня называют улицей российского просвещения и «лучом науки») (рис. 1). Начало оси отмечала Главная аптека, ее

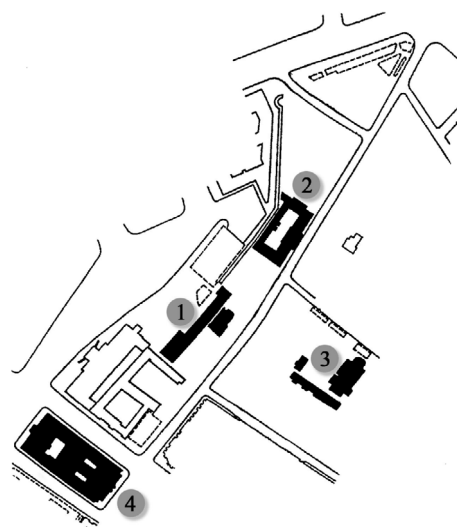


Рис. 1. Район Никольской улицы.
Места работы ученых. XVII – XVIII вв.

(на фоне фрагментов существующей застройки):
1 – Спасская школа (1665–1668 гг.), Славяно-латинская школа (1682–1687 гг.), Славяно-греко-латинская академия (открылась в 1687 г.); 2 – Типографская школа (1681–1687 гг.); 3 – Богоявленская школа (1685–1687 гг.); 4 – Главная аптека (1700–1754 гг.)

Fig. 1. Nikolskaya Street area.

Places of work of scientists. XVII–XVIII centuries.
(against the background of fragments of an existing building):
1 – Spasskaya school (1665–1668), Slavic-Latin school (1682–1687), Slavic-Greek-Latin Academy (opened 1687); 2 – Printing School (1681–1687); 3 – Epiphany School (1685–1687); 4 – Main pharmacy (1700–1754)

завершение – Сухарева башня; в ней в 1701 г. открылась Школа математических и навигацких наук (Навигацкая школа). Лубянка и Сретенка были продолжением Никольской – относительно благоустроенной городской улицы, по которой часто ездили русские цари.

В Санкт-Петербурге XVIII в. центральный городской район поначалу предполагалось создать на Васильевском острове. Согласно плану, разработанному «генерал-архитектором» Жан-Батистом Леблоном в 1717 г., тут собирались построить царский дворец и разместить Академию (ее называли тогда Академией художеств и наук). Однако план этот вызвал резкую критику и не был осуществлен. Резиденция российских императоров возникла на Адмиралтейском острове, где расположились Летний и Зимний дворцы.

Возможности нового строительства ограничивались недостатком денежных средств: для проведения исследований использовались, как правило, существующие, разбросанные по всему городу здания. Формирование матери-

альной базы науки требовало больших затрат, весомых в бюджете не только нового города, но и всей России в целом. Деньги приходилось экономить. Не удивительна реакция царя на проект организации Морской академии, составленный в 1715 г. Сент-Илером – первым ее директором. Он требовал строительства для училища особого здания, полагая, что назначенные государем Кикины палаты неудобны. Ознакомившись с проектом, Петр I написал: «Учинить на Кикина дворе, а вновь делать трудно» [7, с.39]. Объекты науки занимали нередко здания, которые были взяты в казну после смерти собственников (дворец царицы Прасковьи Федоровны), принадлежавшие деятелям, попавшим в опалу (дома П.П. Шафирова, Х.А. Миниха) или были казнены (палаты А.В. Кикина). Иногда новые учреждения начинали свою работу под крышей уже существующих, а также в доме своих руководителей (здание Академии наук и художеств, дом Е.Р. Дашковой).

Однако с течением времени все отчетливее проявлялись закономерности пространственной организации исследований. Происходила концентрация объектов науки, обеспечивавшая удобство деловых контактов и доступность учреждений научного обслуживания. Места работы ученых сосредоточивались в территориальном ареале «Васильевский остров». Ареал становился местом формирования крупнейшего городского научного центра, который развивался на базе Академии наук и художеств, переехавшей во дворец Прасковьи Федоровны в 1727 г., а в 1789 г. – в новое здание, которое Джакомо Кваренги построил по соседству с Кунсткамерой на том же Васильевском острове (рис. 2).

И в Москве, и в Санкт-Петербурге на выбор площадок, пригодных для размещения объектов науки, оказывала влияние технология производственных процессов. Передаче московской Сухаревой башни Навигацкой школе (1701 г.) сопутствовала организация обсерватории: принималось во внимание удачное расположение этой башни, построенной на высоком месте, «где можно свободно горизонт видеть» и где на верхних ярусах в 1709 г. наблюдали солнечное затмение. Но Москве этого времени астрономические исследования были еще в диковинку: Якова Брюса, работавшего в обсерватории, в народе считали колдуном.

С развитием естественных наук технологические проблемы привлекали к себе растущее внимание – процессы производства знаний предъявляли к своей материальной среде все более разнообразные и временами жесткие требования. Так, например, Морская академия, созданная в Санкт-Петербурге на базе переведенной из Москвы Навигацкой школы (1715 г.), должна была работать «у воды», и этим в немалой степени объяснялся выбор Кикиных палат, домов Долгорукова и Миниха, и позднее Кронштадта для размещения ее (позднее – Морского кадетского корпуса) подразделений. Определяя место строительства Стекольной фабрики и связанной с нею лаборатории, М.В. Ломоносов исходил из необходимости обеспечить близость леса, служащего источником топлива, наличие песка (составляющей части стекла) и реки, на которой можно было поставить мельницу, приводящую в движение шлифовальные станки [8].

Необходимость учета требований, предъявляемых производственными процессами,



Рис. 2. Здания Российской академии наук на Васильевском острове

Fig. 2. Building of the Russian Academy of Sciences on Vasilievsky Island

https://www.bsau.ru/about_university/mediagallery/photo.php?PAGE_NAME=detail&SECTION_ID=605&EL

могла входить в противоречие с желанием размещать объекты науки в зонах сосредоточения ученых. Показательна история академической обсерватории, входившей в состав Кунсткамеры, которая была создана на Васильевском острове (по соседству с главным зданием Академии наук и художеств). С ростом города изменялась среда, в которой приходилось вести точные астрономические наблюдения. Сотрясения, вызванные проездом карет и ломовых телег, близость дымовых труб и испарения от Невы препятствовали работе инструментов. Уже в 1760-х гг. активно обсуждался вопрос о переносе обсерватории за границы Санкт-Петербурга. Решение вопроса затруднялось невозможностью подыскать подходящую площадку – она должна была размещаться на возвышенной местности в ближайшем окружении столицы. Для того чтобы осуществить перенос, потребовались десятки лет: обсерватория открылась в Пулковое в 1839 г. [9].

Связь исследовательской деятельности с образовательной формировалась вместе с развитием науки и образования. В Москве первая, правильно устроенная школа появилась в 1649 г. Речь идет о Патриаршей школе, размещившейся в Кремле, на Старом государевом дворе Бориса Годунова. До этого практиковалось «ученичество» (опытный книжник брал на обучение одного или несколько человек и работал с ними индивидуально). Практиковалось также создание ремесленных и профессиональных учебных заведений, напоминающих современные техникумы. В 1665 г. в Заиконоспасском монастыре открылась Спасская школа, которую можно рассматривать в качестве училища повышенного типа, а в 1687 г. там же, на территории Заиконоспасского монастыря – Славяно-греко-латинская (первоначально – Эллино-греческая) Академия, ставшая первым высшим учебным заведением Москвы. Преподаватели были авторами и комментаторами научных трудов, редакторами и переводчиками. Таким образом, создание образовательных учреждений становилось одновременно созданием объектов науки [10]. Но это были только первые шаги.

Открытию Академии наук и художеств в Санкт-Петербурге предшествовали споры. Обсуждалось, нужна ли России академия или лучше основать университет. Высказывались сомнения в возможности организации исследовательской деятельности в стране, где уровень образования к началу XVIII в. оставался невысоким. Говорили, что нельзя строить мельницу, если отсутствует вода, приводящая в движение мельничное колесо. И, следовательно, нельзя открывать университет, если нет в России до-

статочного количества молодых людей, способных стать студентами. В числе сомневающихся был В. Татищев, вспоминая свой разговор с Петром I незадолго до его смерти. Император сказал, что решил «... перво мельницу строить, а канал велел токмо зачать...», считая, что это понудит наследников «... к построенной мельнице воду привести» [11].

Академический университет и гимназия были созданы одновременно с Академией. Они стали ее подразделениями, не нашедшими себе места во дворце Прасковьи Федоровны и размещившимися сначала на Троицком подворье, а потом на Тучковой набережной. Развитие учебных заведений сдерживалось недостаточностью финансирования: правительство не слишком заботилось о продолжении петровских преобразований и на содержание университета с гимназией не выделяло необходимых денежных средств (предполагалось, очевидно, что совершенствование образования не относится к числу важнейших задач государства). Дело сдвинулось в 1755 г., когда императрица Елизавета Петровна подписала указ о создании Московского университета. Ему было передано здание Главной аптеки, размещавшейся на Красной площади у Воскресенских ворот Китай-города. При Екатерине Алексеевне университет переехал в новое здание, построенное М.Ф. Казаковым на Моховой улице (рис. 3). В соответствии с проектом, который был разработан М.В. Ломоносовым и отредактирован И.И. Шуваловым, организовали три факультета – философский, медицинский и юридический. В 1755 г. (в момент открытия) численность студентов составляла 100 чел. Профессорами становились крупные ученые; в их числе: Н.Н. Поповский – философ, ученик М.В. Ломоносова, Х.А. Чеботарев – географ и первый выборный ректор университета, М.И. Афонин – почвовед и ученик Карла Линнея, М.И. Панкевич – математик и механик, Д.С. Аничков – философ-просветитель, логик и публицист. На лекциях и студенческих диспутах могла присутствовать публика.

При университете возникали научные общества: «Вольное российское собрание» (1771 г.), «Собрание университетских питомцев» (1781 г.), «Дружеское ученое общество» (1782 г.), «Общество любителей учености» (1789 г.) Работала собственная типография, возглавляемая известным общественным деятелем и просветителем Н.И. Новиковым, принимала читателей общедоступная библиотека. В конце XVIII в. был организован Зоологический музей, хранивший ископаемые, старинные книги и коллекции монет [12].

Становление науки в российских столицах сопровождалось формированием связей науч-

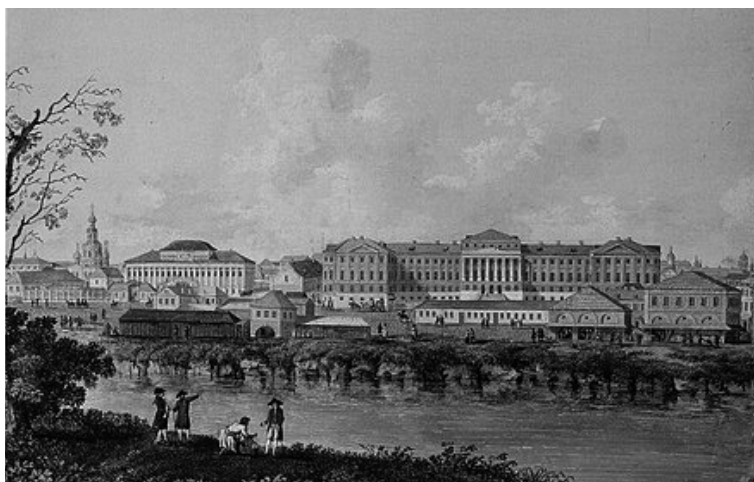


Рис. 3. Московский университет и река Неглинная. 1790-е гг.

Акварель неизвестного художника

Fig. 3. Moscow University and the Neglinna. 1790s.

Watercolor by an unknown artist

https://ru.wikipedia.org/wiki/Казаковский_корпус_МГУ

ной деятельности с практикой – работа ученых, которая обеспечивала получение новых знаний, приносила все большую пользу. Уже в первой трети XVIII столетия в Аптекарском приказе, основанном в Москве около 1620 г., проводились исследования, позволявшие создавать лекарства и писать лечебники. Среди врачей («докторов» и «лекарей») встречались высокообразованные люди, способные решать проблемы теоретической медицины и лечить больных. В Разрядном приказе велись географические работы. В 1627 г. здесь составлена «Книга Большому чертежу», содержащая перечень городов и данные о расстояниях между ними (для «государевой службы посылок»). В Приказе каменных дел были озабочены внесением усовершенствований в строительное производство, а металлургами Пушкарского приказа осваивались работы с различными сплавами и взрывчатыми веществами [13, с. 22–23].

На протяжении всего XVIII в. развитие науки расширяло ее возможности принимать активное участие в жизни государства. Одной из задач, поставленных перед учеными «Проектом положения об учреждении Академии наук и художеств», стало «улучшение оснащения производств и ремесел»: академики должны были совершенствовать машины и инструменты, выполнять экспертизу изобретений и проводить исследования по заданию правительства [6, с. 159–160]. В конце 1720-х гг. началась организация академических мастерских, а с середины 1730-х А.К. Нартов (выдающийся ученый и изобретатель) приступил к работе в Академии: он объединил мастерские под управле-

нием лаборатории механических и инструментальных наук. В Петергофе была восстановлена сгоревшая в пожаре камнерезная «мельница»; машины для нее изготавливались по проекту И. Брукнера на Сестрорецком заводе. В 1741 г. Академия передала эту мельницу Канцелярии от строений.

Академия, созданная Петром I в Санкт-Петербурге, оказывала помощь московским предприятиям. В их числе – Монетный двор, расположенный на въезде в Китай-город и Красную площадь, у Воскресенских ворот (рис. 4). Производственникам предстояло упорядочить чеканку серебряной монеты и наладить переплавку копеек, а консультантом был назначен профессор механики И.Г. Лейтман. В своей петербургской мастерской он разрабатывал методы пробы серебра, определял его содержание в монете (без повреждения чеканки). В 1733 г. «По указу Ея И.В., подписанному собственною Ея В. рукою, велено въ Москве ... быть профессору Лейтману. И по оному Ея И.В. указу правительствующий сенат приказали: онаго профессора отправить в Москву изъ академии наук немедленно» [14]. Профессор приехал, и ответственная задача была решена.

Уже на первых этапах развития науки расселение ученых становилось важной проблемой. Необходимо было сокращать расстояния, разделявшие жилища и места работы, тем более что организация передвижений в пределах городских территорий оставляла желать лучшего: в Москве деревянные мостовые имели только главные улицы, а все остальные, включая переулки, во время дождей становились

непроходимыми. В Санкт-Петербурге, построенном на островах, мосты поначалу отсутствовали, и нередко до нужного места горожанам приходилось добираться на шлюпках.

В Москве XVII в. ученые чаще всего расселялись на территории монастырей и других городских объектов, в которых проводились научные исследования¹. И.Е. Забелин говорит, что Чудов монастырь «с первых же времен своего основания получил значение учреждения ... в известной степени ученого или учительного» [16]. В нем работали и жили многие ученые, в том числе приехавшие в Москву из других городов и стран. В 1518 г. в стенах монастыря поселился Максим Грек, а в 1651 г. – Епифаний Славинецкий.

Заиконоспасский монастырь (подобно Чудову) стал местом проведения исследований и в то же время – первым высшим учебным заведением Москвы. В Славяно-греко-латинской академии наряду с духовными преподавали светские науки: грамматику, пиитику, риторику, логику, физику, иностранные языки, а первыми учителями были братья Иоанникий и Софроний Лихуды. Академия образовала относительно самостоятельный городок, в котором места работы и учебы объединялись с «общежитиями». Этот городок занимал участок, прирезанный к монастырской территории (часть Земского двора). Сюда с Никольской вели Школьные ворота. К открытию Академии завершилось строительство Училищного корпуса (Коллегиума) – трехэтажного каменного здания с лестничной башней и галереями, созданного специально для Академии и замененного впоследствии новым зданием. Завершилось также строительство Учительского (Братского) корпуса для расселения преподавателей и студентов. Вблизи Училищного корпуса расположился корпус Бурсы. У стены Китай-города устроили монастырский сад, где работал «комедийный амбар» – студенческий театр [17] (рис. 5).

Подобные градостроительные образования возникали и в Санкт-Петербурге. Стоит рассказать о городке, возникшем у Тучкова моста. Там размещались жилые дома, арендо-

¹ Расселенным на удалении от места работы приходилось использовать транспорт. По указанию патриарха Иоакима для иеромонаха Тимофея построили «каменную полатку небольшую» в Кремле, на Патриаршем дворе. Тимофей руководил Типографской школой, а потом работал «справщиком» на Печатном дворе, расположенном на Никольской улице. Расстояние от Патриаршего двора до Типографской школы приближалось к 1 км. Должно быть, возница, сведения о котором находят в ряде сохранившихся документов, обеспечивал поездки на Никольскую [15, с. 129–130].



Рис. 4. Проезд Вокресенских ворот (1762 г.).
Справа – здание Монетного двора.

Художник М.И. Махаев

Fig. 4. Passage of the Vokresen Gate (1762).
On the right is the Mint building.

Artist M.I. Makhaev

<https://dzen.ru/a/XWJubqmKKgCu-L>



Рис. 5. Вид с площади Революции
на палаты Славяно-греко-латинской академии
(за вестибюлем станций метро)

Fig. 5. View from the Revolution Square
to the chambers of the Slavic-Greek-Latin Academy
(behind the subway station lobby)

<https://boris-martem.livejournal.com/24770.html>

ванные Академией наук и художеств, а также Ботанический сад Академии. Между 1-й и 2-й линиями Васильевского острова находился одноэтажный дом, который называли Боновым или Ботаническим. С 1741 по 1757 гг. в нем жил М.В. Ломоносов. В 1748 г. по его чертежам была построена Химическая лаборатория, предназначенная для проведения экспериментальных исследований по химии и технологии силикатов, по обоснованию теории растворов и обжигу металлов [18]. Лаборатория предназначалась также для учебной работы. Сюда приходили студенты Академического университета, а профессор химии (М.В. Ломоносов) читал им лекции, знакомил с методикой и практикой проведения экспериментально-производственных работ. Именно здесь, в Химической лаборатории, он впервые прочитал курс физической химии (1752-1753 гг.). В построенном здании были печи и трубы, необходимые для отвода продуктов горения. При этом близость лаборатории к деревянному Бонову дому становилась причиной возникновения экологических проблем².

Упомянем еще городок, тоже связанный с именем М.Л. Ломоносова и размещенный в Усть-Рудице, на землях, пожалованных ученому императрицей Елизаветой Петровной в 1753 г. Строительство было предпринято в связи с созданием Стекольного завода и необходимостью продолжения исследований, начатых в Химической лаборатории. Ставила задача наладить выделку цветного стекла для выполнения мозаичных работ, для производства посуды и галантерейных товаров. Центром городка был большой пруд, на левом берегу которого размещались заводские здания с плавильными печами, мельницей и рабочим поселком, а на правом – усадебный дом с флигелями, в которых были оборудованы лаборатория и мастерская. К застройке примыкали сады и огороды, неподалеку располагался лес [8].

Описание городков можно было бы продолжить, прибавляя к перечню рассмотренных тех, которые сложились: на базе первого комплекса Академии наук и художеств на Петербургском острове [6, с. 80]; на базе Аптекарского огорода, в северной части Невской дельты [20]; на базе Медико-хирургического училища в Госпитальной

слободе [21]; на базе Морского кадетского корпуса [7] и Горного училища [22], не слишком далеко от главного здания Академии и Кунсткамеры.

Завершая анализ картины пространственной организации науки в двух российских столицах, необходимо отметить происходившие в ней изменения и подвести итоги. Прежде всего обращает на себя внимание тенденция концентрации объектов науки в территориальных ареалах «Кремль – Китай-город» (Москва) и «Васильевский остров» (Санкт-Петербург). А также развитие связей научных учреждений с учебными заведениями, производственными предприятиями и другими представителями тех видов деятельности, в которых использовались результаты исследовательского труда. Наука освобождалась от господства церкви и покидала монастырские территории. Начинаясь в Москве процесс создания относительно самостоятельных городков, возникавших на основе новых и традиционных городских функций, получил развитие в Санкт-Петербурге. Использование существующих зданий для проведения научных исследований сочеталось теперь с расширением нового строительства. В проектировании и оборудовании научных учреждений ученые принимали все более деятельное участие, и это было следствием усложнения технологии исследовательских работ и обострения возникавших экологических проблем. Решение новых задач приводило к формированию новой отрасли архитектуры – «архитектуры науки».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копелевич Ю.Х. Возникновение научных академий. Середина XVII – середина XVIII в. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1974. 268 с.
2. Комков Г.Д., Левшин Б.В., Семенов А.К. Академия наук СССР: краткий ист. очерк: в 2 т.. Т. 1: 1724-1917. М.: Наука, 1977. 383 с.
3. Флоровский Г. Пути русского богословия. III. Противоречия XVII века. Киев: Путь к истине, 1991 [Электронный ресурс]. URL: https://azbyka.ru/otechnik/Georgij_Florovskij/puti-russkogo-bogoslovija/3 (дата обращения: 11.09.2022).
4. Ломоносов М.В. Записка о необходимости преобразования Академии Наук. 1758–1759 // Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений: в 11 т.. Т.10. М.; Л.: АН СССР, 1957. 934 с.
5. Ключевский В.О. Неопубликованные произведения. М.: Наука, 1983. 190 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://historic.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st024.shtml> (дата обращения: 01.03.2022).
6. Копелевич Ю.Х. Основание Петербургской академии наук. Академия наук СССР. Институт истории естествознания и техники. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1977. 211 с. [Электронный ресурс].

² М.В. Ломоносов писал Леонарду Эйлеру: «Профессор химии должен жить поблизости от того места, где будут производиться химические опыты. Так как последние часто длятся целые дни, то необходимо, чтобы мой дом был соединен с Химической лабораторией. Для безопасности от огня, который придется поддерживать в Лаборатории нередко даже и ночью, считаю нужным, чтобы и самый дом был выстроен из кирпича» [19, с. 23].

URL: https://imwerden.de/pdf/kopelevich_osnovanie_peterburgskoj_akademii_nauk_1977_text.pdf (дата обращения: 06.06.2023).

7. Веселаго Ф.Ф. Очерк истории Морского кадетского корпуса с приложением списка воспитанников за 100 лет. СПб.: Типография Морского кадетского корпуса, 1852 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://elibrary.ru/nodes/26006-veselago-f-f-ocherk-istorii-morskogo-kadetskogo-korpusa-s-prilozheniem-spiska-vospitannikov-za-100-let-spb-1852#mode/inspect/page/3/zoom/4> (дата обращения: 13.08.2023).

8. «Литературная Россия». Усадьбы Ломоносова в Усть-Рудице и на Большой морской улице [Электронный ресурс]. URL: <https://vk.com/@bukva57-literaturnaya-karta-rossii-usadby-lomonosova-v-ust-rudice-i> (дата обращения: 10.07.2023).

9. История Пулковской астрономической обсерватории [Электронный ресурс]. URL: <http://telescope.ucoz.ru/index/0-12> (дата обращения: 21.09.2023).

10. Володихин Д.М. У истоков национального образования [Электронный ресурс]. URL: http://www.moskvam.ru/publications/publication_2095.html (дата обращения: 10.09.2022).

11. Воинов В. Академия наук, от Петра I до Владимира Путина. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sovsekretno.ru/articles/istoriya/akademiiya-nauk-ot-petra-i-do-vladimira-putina> (дата обращения: 15.09.2023).

12. Императорский Московский университет [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Императорский_Московский_университет (дата обращения: 21.10.2023).

13. Беляев Е.А. Сеть научных учреждений и вузов Москвы: предпосылки формирования, динамика структуры // Москва научная. М., 1997.

14. Материалы для истории имп. Академии наук. Т. 2, док. 360. СПб.: 1885–1900. 334 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prilib.ru/item/426845> (дата обращения: 22.10.2023).

15. Фонкич Б.Л. Греко-славянские школы в Москве в XVII веке. М.: Языки славянских культур, 2009. 296 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://na5ballov.pro/lib/nauka/8918-fonkich-bl-greko-slavyanskieshkoly-v-moskve-v-xvii-veke.html> (дата обращения: 15.11.2023).

16. Забелин И.Е. История города Москвы. М., 1905 [Электронный ресурс]. URL: http://az.lib.ru/z/zabelin_i_e/text_0030oldorfo.shtml (дата обращения: 14.11.2023).

17. Молева Н.М. Тайны московских монастырей [Электронный ресурс]. URL: <https://history.wikireading.ru/158239> (дата обращения: 7.08.2022).

18. Безбородов М.А. «Бонов дом». Химическая лаборатория М.В. Ломоносова (двор) // М.В. Ломоносов и его работа по химии и технологии силикатов. СПб., М.-Л.: Изд. АН СССР, 1948 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.citywalls.ru/house16191.html?s=s3mo vji82b9g2nakjamhf4d9t4> (дата обращения: 14.11.2023).

19. Ломоносов М.В. Письмо Леонарду Эйлеру // Полн. собр. соч.: в 11 т. Т.9. М.-Л.: АН СССР, 1957.

20. Императорский С.Петербургский Ботанический Сад за 200 лет его существования (1713–1913): в 3 ч. Ч. 1. Юбилейное издание, составленное членами сада под главною редакциею А.А. Фишера-фон-Вальдгейма. Петербург, 1913. 900 с. [Электронный ресурс]. URL: https://archive.org/details/libgen_00888424 (дата обращения: 13.08.2023).

21. Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова. Министерство обороны Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://vmeda.mil.ru/O-VUZe/Istoriya> (дата обращения: 30.04.2023).

22. Прудинская Л.В. Из истории Горного института (1773–конец XIX в.). Санкт-Петербург, 2004 [Электронный ресурс]. URL: https://institutspb.ru/pdf/hearings/11-08_Prudinskaya.pdf (дата обращения: 26.04.2023).

REFERENCES

1. Kopelevich Yu.H. *Vozniknovenie nauchnykh akademij. Sredina XVII – sredina XVIII v.* [The emergence of scientific academies. Mid-XVII ▪ mid-XVIII century]. Leningrad, Nauka, 1974. 268 p.

2. Komkov G.D., Levshin B.V., Semenov L.K. *Akademija nauk SSSR: kratkij ist. ocherk: v 2 t.: T. 1: 1724–1917* [Academy of Sciences of the USSR: brief ist. essay: in 2 volumes: T. 1: 1724–1917]. Moscow, Nauka, 1977. 383 p.

3. Florovsky G. *Ways of Russian theology. III. Contradictions of the 17th century.* Kyiv: The Way to Truth. 1991. Available at: https://azbyka.ru/otechnik/Georgij_Florovskij/puti-russkogo-bogoslovija/3 (accessed 11 September 2022).

4. Lomonosov M.V. *Zapiska o neobходимости preobrazovaniya Akademii Nauk. 1758–1759.* Lomonosov M.V. *Polnoe sobranie sochinenij: v 11 t.: T.10.* [Note on the need to transform the Academy of Sciences 1758–1759. Lomonosov M.V. Complete works: in 11 volumes: T.10]. Moscow, Leningrad, AN SSSR, 1957. 934 p.

5. Klyuchevsky V.O. *Neopublikovannye proizvedeniya* [Unpublished works]. Moscow, Science, 1983. 190 p. Available at: <http://historic.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st024.shtml> (accessed 01 March 2022).

6. Kopelevich Yu.H. *Osnovanie Peterburgskoj akademii nauk. Akademija nauk SSSR. Institut istorii estestvoznaniya i tehniki* [Foundation of the St. Petersburg Academy of Sciences. USSR Academy of Sciences. Institute for the History of Natural Science and Technology]. Leningrad, Nauka, 1977. 211 p. Available at: https://imwerden.de/pdf/kopelevich_osnovanie_peterburgskoj_akademii_nauk_1977_text.pdf (accessed 06 June 2023).

7. Veselago F.F. *Ocherk istorii Morskogo kadetskogo korpusa s prilozheniem spiska vospi-tannikov za 100 let* [Essay on the history of the Naval Cadet Corps with an appendix to the list of chanting for 100 years]. St. Petersburg, Printing House of the Marine Cadet Corps, 1852. Available at: <http://elibrary.ru/nodes/26006-veselago-f-f-ocherk-istorii-morskogo-kadetskogo-korpusa-s-prilozheniem-spiska-vospitannikov-za-100-let-spb-1852#mode/inspect/page/3/zoom/4> (accessed 13 August 2023).

8. "Literary Russia." Lomonosov estates in Ust-Ruditsa and on Bolshaya Morskaya Street. Available at: <https://vk.com/@bukva57-literaturnaya-karta-rossii-usadby-lomonosova-v-ust-rudice-i> (accessed 10 July 2023).
9. History of Pulkovo Astronomical Observatory. Available at: <http://telescop.ucoz.ru/index/0-12> (accessed 21 September 2023).
10. Volodikhin D.M. At the origins of national education. Available at: http://www.moskvam.ru/publications/publication_2095.html (accessed 10 September 2022).
11. Warriors V. Academy of Sciences, from Peter I to Vladimir Putin. Available at: <https://www.sovsekretno.ru/articles/istoriya/akademiya-nauk-ot-petra-i-do-vladimira-putina> (accessed 15 September 2023).
12. Imperial Moscow University. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Императорский_Московский_университет (accessed 21 October 2023).
13. Belyaev E.A. Network of scientific institutions and universities of Moscow: prerequisites for the formation, di-namika structureet. *Moskva nauchnaja* [Moscow Scientific]. Moscow, 1977.
14. *Materialy dlja istorii imp. Akademii nauk. T. 2, dok. 360* [Materials for the history of imp. Academies of Sciences. T. 2, doc. 360]. St. Petersburg, 1885–1900. 334 p. Available at: <https://www.prilib.ru/item/426845> (accessed 22 October 2023).
15. Fonkich B.L. *Greko-slavyanskije shkoly v Moskve v XVII veke* [Greek-Slavic schools in Moscow in the XVII century]. Moscow, Languages of Slavyansk cultures, 2009. 296 p. Available at: <https://na5ballov.pro/lib/nauka/8918-fonkich-bl-greko-slavyanskije-shkoly-v-moskve-v-xvii-veke.html> (accessed 15 November 2023).
16. Zabelin I.E. *Istorija goroda Moskvy* [History of the city of Moscow]. Moscow, 1905. Available at: http://az.lib.ru/z/zabelin_i_e/text_0030oldorfo.shtml (accessed 14 November 2023).
17. Moleva N.M. Secrets of Moscow monasteries. Available at: <https://history.wikireading.ru/158239> (accessed 07 August 2022).
18. Bezborodov M.A. "Bonov House." Chemical Laboratory M.V. Lomonosov (yard). *Lomonosov M.V. i ego rabota po himii i tehnologii silikatov* [M.V. Lomonosov and his work on the chemistry and technology of silicates]. St. Petersburg, Moscow, Leningrad, USSR ACADEMY OF SCIENCES, 1948. Available at: <https://www.citywalls.ru/house16191.html?s=s3movji82b9g2nakjamhf-4d9t4> (accessed 14 November 2023).
19. Lomonosov M.V. Letter to Leonard Euler. *Poln. sobr. soch.: v 11 t. T.9* [Full. sobr. Op.: in 11 tons T.9.]. Moscow, Leningrad, USSR ACADEMY OF SCIENCES, 1957.
20. *Imperatorskij S.Peterburgskij Botanicheskij Sad za 200 let ego sushhestvovaniia (1713-1913): v 3 ch. Ch. 1. Jubilejnoe izdanie, sostavlennoe chlenami sada pod glavnoju redakcieju A.A. Fishera-fon-Val'dgejma* [Imperial S. Petersburg Botanical Garden for its 200 years of existence (1713-1913): at 3 o'clock Part 1. Anniversary edition compiled by garden members under the chief editorial board of A.A. Fischer-von-Waldheim]. Petersburg, 1913. 900 p. Available at: https://archive.org/details/libgen_00888424 (accessed 13 August 2023).
21. Military Medical Academy named after S.M. Kirov. Ministry of Defense of the Russian Federation. Available at: <https://vmeda.mil.ru/O-VUZe/Istoriya> (accessed 30 April 2023).
22. *Prudinskaja L.V. Iz istorii Gornogo instituta (1773–konec XIX v.)* [Prudinskaya L.V. From the history of the Mining Institute (1773–end of the XIX century)]. St. Petersburg, 2004. Available at: https://institutspb.ru/pdf/hearings/11-08_Prudinskaya.pdf (accessed 26 April 2023).

Об авторах:

ФРЕЗИНСКАЯ Наталия Рахмиевна

доктор архитектуры, советник РААСН
ФГУП Гипронии РАН
Отделение научно-исследовательских работ
119333, Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3
E-mail: mafre@list.ru

СЕРГЕЕВ Кирилл Игоревич

кандидат архитектуры, советник РААСН
ФГУП Гипронии РАН
Отделение научно-исследовательских работ
119333, Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3
E-mail: kser3333@yandex.ru

FREZINSKAYA Nataliya R.

Doctor of Architecture, Advisor to RAASN
FSUE Gipronia RAS
Department of scientific research works
119333, Russia, Moscow, Gubkina str., 3
E-mail: mafre@list.ru

SERGEEV Kirill I.

PhD in Architecture, Advisor to RAASN
FSUE Gipronia RAS
Department of scientific research works
119333, Russia, Moscow, Gubkina str., 3
E-mail: kser3333@yandex.ru

Для цитирования: Фрезинская Н.Р., Сергеев К.И. Развитие науки в пространстве российских столиц: начало пути // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 155–164. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.20.
For citation: Frezinskaya N.R., Sergeev K.I. Development of Science in the Space of Russian Capitals: the Beginning of the Way. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 155–164. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.20.

Н. Г. ЮШКОВА
Д. Г. ДОНЦОВ
Д. Н. НИКИФОРОВА
Т. П. ОВЧАРОВА

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ МЕГАПОЛИСОВ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОСЕЛЕНИЙ

DIVERSIFICATION AS A DIRECTION OF SPATIAL DEVELOPMENT MEGACITIES
AND ITS IMPACT ON THE REGIONAL SYSTEMS FORMATION

Современная система территориального планирования в качестве своих методологических оснований использует сформированные научные положения, действующую законодательную базу, а также прогрессивные пионерные разработки из градостроительной практики. Эта система постоянно обновляется, реагируя на ведущие тенденции социально-экономического устройства общества, получающие пространственные проекции. Среди множества источников инноватизации пространства жизнедеятельности в последние годы выделяется тренд формирования инновационной инфраструктуры. Она способна выступать катализатором процессов трансформационных изменений территориальных систем. Для ее планирования важно определять принципы формирования, рациональные пространственные схемы размещения, типы составляющих элементов. Использование такого подхода повышает объективность содержания разрабатываемых стратегий реорганизации территориальных систем. Благодаря этому обеспечивается высокая точность регулирования территориальных систем, постоянство мониторинга изменения их состояния, а также оперативность корректировки планируемых градостроительных мероприятий.

Ключевые слова: территориальные системы, инноватизация, реорганизация, инфраструктура, оценка, планирование

The modern territorial planning as its methodological bases uses the formed scientific provisions, the current legislative framework, progressive pioneer developments from urban planning practice. This system is constantly updated, responding to the leading trends in the socio-economic structure of society, which receive appropriate spatial projections. The trend of the formation of innovative infrastructure has been distinguished in recent years among many sources of innovation of vital activity space. When planning an innovative infrastructure, it is important to determine the principles of its formation, the types of its components, and rational spatial schemes of their location. As a result of this approach, the objectivity of the content of the developed strategies increases. Thanks to this, high accuracy of regulation of territorial systems, constant monitoring of changes in their condition, as well as prompt adjustment of planned urban development activities are ensured.

Keywords: territorial systems, innovation, reorganization, infrastructure, assessment, planning

Введение. Определение перспектив развития территориальных систем различных иерархических уровней традиционно понимается как детерминанта градостроительной деятельности. Используемая при этом методология решения профессиональных задач соответствует общей направленности формирования отечественной научной школы территориального планирования [1–4]. Новые тенденции связаны с накоплением институциональных оснований синхронизации действий участников процесса

планирования развития территории [5–7]. Законодательное закрепление принципов стратегического планирования, в связи с принятием одноименного Федерального закона 2014 года, сделало непреодолимыми требования междисциплинарного синтеза различных сфер хозяйственной деятельности, касающихся реорганизации пространства жизнедеятельности.

Институциональные послы являются для территориальных систем сигналом к будущим изменениям. Мегалополисы в их ряду занима-

ют особое место, как явно и наиболее остро их воспринимающие. При этом наиболее активные дискуссии вызывают проблемы: обоснования приоритетов их социально-экономического развития, выявления скрытых резервов их планировочной организации, соответствия градостроительных решений изменяющимся потребностям населения и их ориентации на повышение социальной составляющей, влияния параметров изменений среды жизнедеятельности на технические характеристики разрабатываемых объектов [8–13].

Инновационная направленность градостроительной деятельности в Российской Федерации уже утратила статус исключительности и перешла в разряд ее современных стандартов. Своей популяризации она обязана, прежде всего, проводимой в настоящее время государственной политике, стимулирующей локализацию инновационных процессов не только в мегаполисах, но и в других типах территориальных систем. При всем их сходстве нельзя не обнаружить особенностей протекания этих процессов в региональных системах: их ответные реакции неповсеместные, неравномерные и преимущественно спонтанные [14–18]. Наиболее вероятной причиной этого является идентичность территориальных систем, объясняющая наличие либо отсутствие соответствующих предпосылок, препятствующих поступательности течения данного процесса [19]. Среди других возможных причин можно назвать несовершенство действующей системы обоснования и принятия градостроительных решений, прежде всего на региональном уровне [20–22].

Планирование в общей системе регулирования пространственной организации территориальных систем является наиболее значимым функциональным звеном. Поэтому именно в рамках планирования целесообразно определять взаимосвязь и взаимозависимость инноватизации пространства жизнедеятельности и его перспективных моделей. Оценка свойств инноватизации, специфичных для региональных систем, способна обеспечить совершенствование современной методологии разработки градостроительных решений.

Результаты исследований. Обобщение и систематизация современной градостроительной практики освоения территорий поселений, в границах которых в настоящее время реализуются проекты формирования особых экономических зон федерального и регионального уровней, а также индустриальных парков [14, 18] (рис. 1–3), позволяют установить, что по интенсивности этих процессов регионы Центрального федерального округа (ЦФО) занимают лидиру-

ющее положение среди аналогичных структур в Российской Федерации (рис. 1, а).

Оценка существующего состояния региональных систем расселения потребовала разработки соответствующей методики (рис. 1, б). Она основана на определении количественных соотношений подсистем городского и сельского расселения через расчет показателей удельного веса каждой составляющей в общей системе.

Использование методики позволяет разделить также качественные характеристики подсистем, на основе которых могут быть выделены три основных вида:

- дезурбанизированные региональные системы;
- среднеурбанизированные региональные системы;
- урбанизированные региональные системы.

Урбанизированные и дезурбанизированные виды региональных систем являются полярными по отношению друг к другу. В первом виде региональных систем (В-УРС) отмечается существенное влияние подсистемы городского расселения, а во втором (В-ДУРС) – подсистемы сельского расселения. Промежуточное положение между выделенными урбанизированными и дезурбанизированными системами занимают среднеурбанизированные региональные системы (В-СУРС). Они сочетают в себе признаки обоих видов и при оказании воздействия определенной силы видоизменяются, приобретая признаки подсистем городского и сельского расселения.

В составе дезурбанизированных региональных систем, в свою очередь, выделяется три их подвида:

- ультрадезурбанизированные системы расселения (I) с ярко выраженными признаками повышения удельного веса подсистемы сельского расселения;
- сверхдезурбанизированные системы расселения (II), в которых подсистемы сельского расселения способны играть решающую роль;
- высокодезурбанизированные системы расселения (III), процессы развития которых подвержены влиянию подсистемы сельского расселения.

Выделение указанных видов и подвигов региональных систем необходимо для их сопоставления не только на данном уровне, но и на более высоком иерархическом уровне – макро-регионов (федеральных округов). Принадлежность региональных систем к определенному виду предопределяет особенности их текущего функционирования и специфику перспективного развития. Таким образом, результатом дифференциации региональных систем является не что иное, как получение комплексов

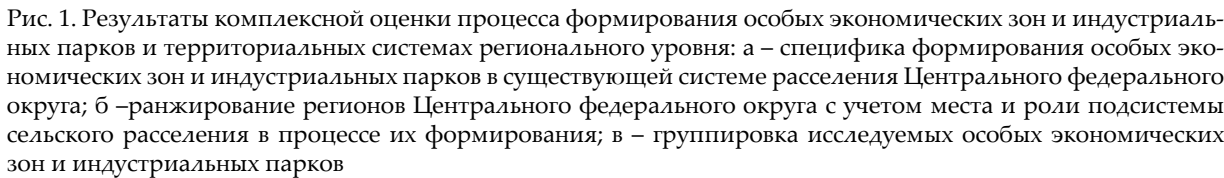


Fig. 1. The results of a comprehensive assessment of the process of formation of special economic zones and industrial parks and territorial systems of the regional level: a – specifics of formation of special economic zones and industrial parks in the existing settlement system of the Central Federal District; b – ranking of the regions of the Central Federal District, taking into account the place and role of the rural settlement subsystem in the process of their formation; c – grouping of special economic zones and industrial parks under study

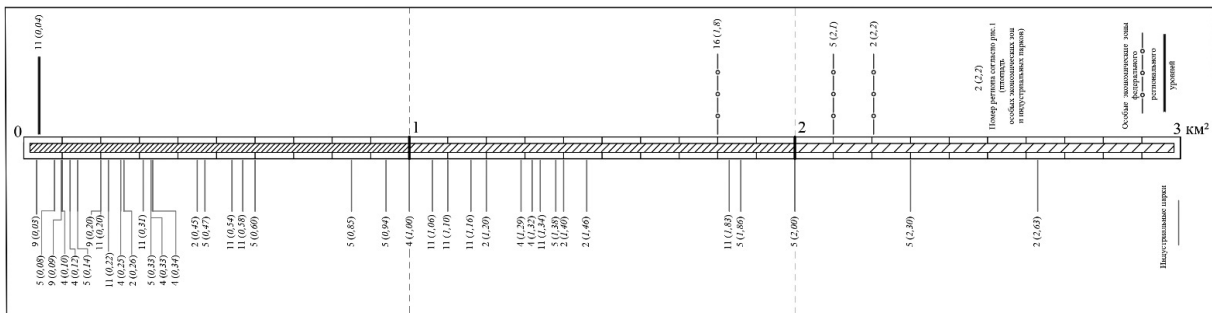


Рис. 2. Сравнительные характеристики интенсивности процесса формирования инновационной инфраструктуры на основе особых экономических зон и промышленных парков на примере регионов Центрального федерального округа

Fig. 2. Comparative characteristics of the intensity of the process of forming innovation infrastructure based on special economic zones and industrial parks on the example of the regions of the Central Federal District

объективных предпосылок, используемых для выявления направлений их реорганизации.

Содержание процедур оценки региональных систем не исчерпывается их видовой дифференциацией, определяемой в соответствии с выявленным уровнем урбанизированности. Для определения перспектив развития региональных систем требуется провести уточненную (детализированную) дифференциацию внутри каждого из выделенных видов. Ее осуществляют по результатам последовательно проводимого анализа различных базовых показателей региональных систем, таких, например, как численность и плотность населения, площадь территории с выделением соответствующих групп. Наибольшую репрезентативность в этом отношении, как показывает практика, имеют выборки значений показателей общей численности населения регионов [14, 18]. Они достаточно объективно отражают особенности пространственной организации поселений различных типов в границах исследуемых муниципальных образований и их объединений.

В соответствии с полученными показателями общей численности населения (N) среди региональных систем (РС) ЦФО, выделяются следующие их группы (рис.1, А): крупнейшие РС ($N > 3$ млн.чел.: Московская обл.); сверхкрупные РС ($1,5 < N < 3,0$ млн. чел.: Воронежская область и Белгородская обл.); крупные РС ($1,0 < N < 1,5$ млн. чел.: Тульская, Владимирская, Тверская, Ярославская, Брянская, Липецкая, Рязанская, Калужская и Курская обл.); РС средней крупности ($N < 1,0$ млн. чел.: Тамбовская, Ивановская, Смоленская, Орловская и Костромская обл.).

При одновременном применении к региональным системам дифференциации по видовым и классовым признакам действует преимущественно принцип обратной, а не прямой зависимости. В этом случае при осуществле-

нии оценки региональных систем повышается значение количественных показателей, являющихся производными от базовых показателей. Базовые показатели, в свою очередь, используются для дифференциации внутри сформированных видов региональных систем, выполняя тем самым в оценках вспомогательную (подчиненную видовой дифференциации) функцию.

На основе проведенного в рамках исследования анализа проектов реализации в региональных системах (РС) особых экономических зон и промышленных парков [14, 18] выявлены принципы формирования инновационной инфраструктуры (ИИ):

- принцип сочетания в структуре ИИ РС пространственных элементов, находящихся на различных стадиях жизненного цикла: зарождения, проявления первичных родовых признаков, формирования основных функциональных звеньев, разработки схем взаимодействия их между собой, построения функциональных конгломератов, выделения из них новых пространственных образований, достижения структурными построениями стадии зрелости (неединовременность процесса формирования ИИ РС);
- непрерывности формирования ИИ РС;
- генетической подчиненности пространственных схем формирования ИИ РС существующим закономерностям эволюционного развития региональных систем;
- ударного воздействия на ИИ РС структурно-функционального центра территориальной системы макроуровня;
- непротиворечивости процессов инноватизации ИИ РС потенциалу изменений региональных систем;
- территориальной обусловленности (зональности) функциональной насыщенности ИИ РС;

- неоднородности ИИ РС (формирование отдельными типами ее элементов, и/или их сочетаниями);

- параметрической зависимости концентрации функциональных элементов в структуре ИИ РС от их характеристик;

- последовательности формирования связей функциональных элементов ИИ РС.

Единовременный учет выявленных принципов формирования инновационной инфраструктуры с последующей адаптацией к ним существующего состояния региональных систем (ИИ) [5, 22] позволяет создать максимальные условия для управляемой реорганизации, строго в рамках разработанных стратегий, исключая, по возможности, влияние факторов неопределенности внешней среды.

Теоретически возможными являются три основных типа стратегий формирования инновационной инфраструктуры региональных систем (рис. 3, в):

- стратегия 1 типа (СФИИ-1) предполагает формирование связей региональных систем с усилением ядерных и центральных элементов, с расширением зон их влияния, интенсификации межрегионального взаимодействия;

- стратегия 2 типа (СФИИ-2) ориентирована на усиление внутрирегиональных связей посредством влияния, являющихся конкурентами существующим значимым центрам и узлам;

- стратегия 3 типа (СФИИ-3) направлена на расширенное формирование поселенческих структур преимущественно низового уровня, тем самым вызывая межмуниципальное взаимодействие.

Для повышения результативности механизма реализации выделенных типов стратегий формирования ИИ региональных систем следует обеспечить их методологическое сопряжение со следующими блоками условий:

- условиями ранжирования региональных систем по результатам оценки их существующего состояния;

- условиями критериального определения количественного и качественного состава ИИ региональных систем;

- условиями достижения фиксированной (высокой, средней, низкой) степени диверсификации ИИ региональных систем.

Определение степени диверсификации инновационной инфраструктуры является ключевым моментом в процессе разработки градостроительных решений. Закладывая в них определённые признаки ИИ, возможно, тем самым, устанавливать и регулировать перспективные изменения в региональных системах посредством трансляции степени диверсифи-

кации (см. рис. 3, в). Тем самым содержание градостроительных решений получает объективную базу, выражая искомую (высокую, среднюю, низкую) степень диверсификации РС определенным образом.

При ранжировании региональных систем, получаемом в результате проводимой оценки их существующего состояния (см. рис. 1, б) выделяются и классифицируются все потенциально возможные градостроительные ситуации так, чтобы различать их с позиций имеющегося у них потенциала изменений существующего состояния.

В связи с тем, что системы имеют неодинаковый потенциал, то и прогнозируемая степень их изменяемости определяется различными диапазонами значений:

- изменяемость региональных систем в максимальном диапазоне прогнозируется для В-ДУРС;

- изменяемость региональных систем в среднем диапазоне прогнозируется для В-СУРС;

- изменяемость региональных систем в минимальном диапазоне прогнозируется для В-УРС.

Дополнительным результатом определения диапазонов изменений региональных систем, связанных с принципиальными различиями их существующего состояния, является также установление скорости (инерции) изменяемости. Принадлежность региональных систем к той или иной исходной ситуации позволяет разрабатывать наиболее целесообразные способы их изменений, закрепляемые в стандартах градостроительных решений. Поэтому наряду с ними не исключена возможность определения проектных состояний региональных систем с иными (сокращенными) параметрами прогнозируемых изменений. В частности, при допустимости для региональных систем В-ДУРС градостроительных решений, обеспечивающих их максимальную изменяемость, вероятно реализация сценариев их изменений в среднем и минимальном диапазоне изменений.

Важно понимать, что типологичность описания существующего состояния региональных систем преобразует процесс принятия градостроительных решений за счет придания ему требуемых свойств структурности, упорядоченности, четкости и последовательности выполняемых операций. Таким образом, многовариантность градостроительных решений достигается при применении любой одной из трех стратегий (СФИИ-1, СФИИ-2, СФИИ-3) применительно ко всем существующим состояниям региональных систем.

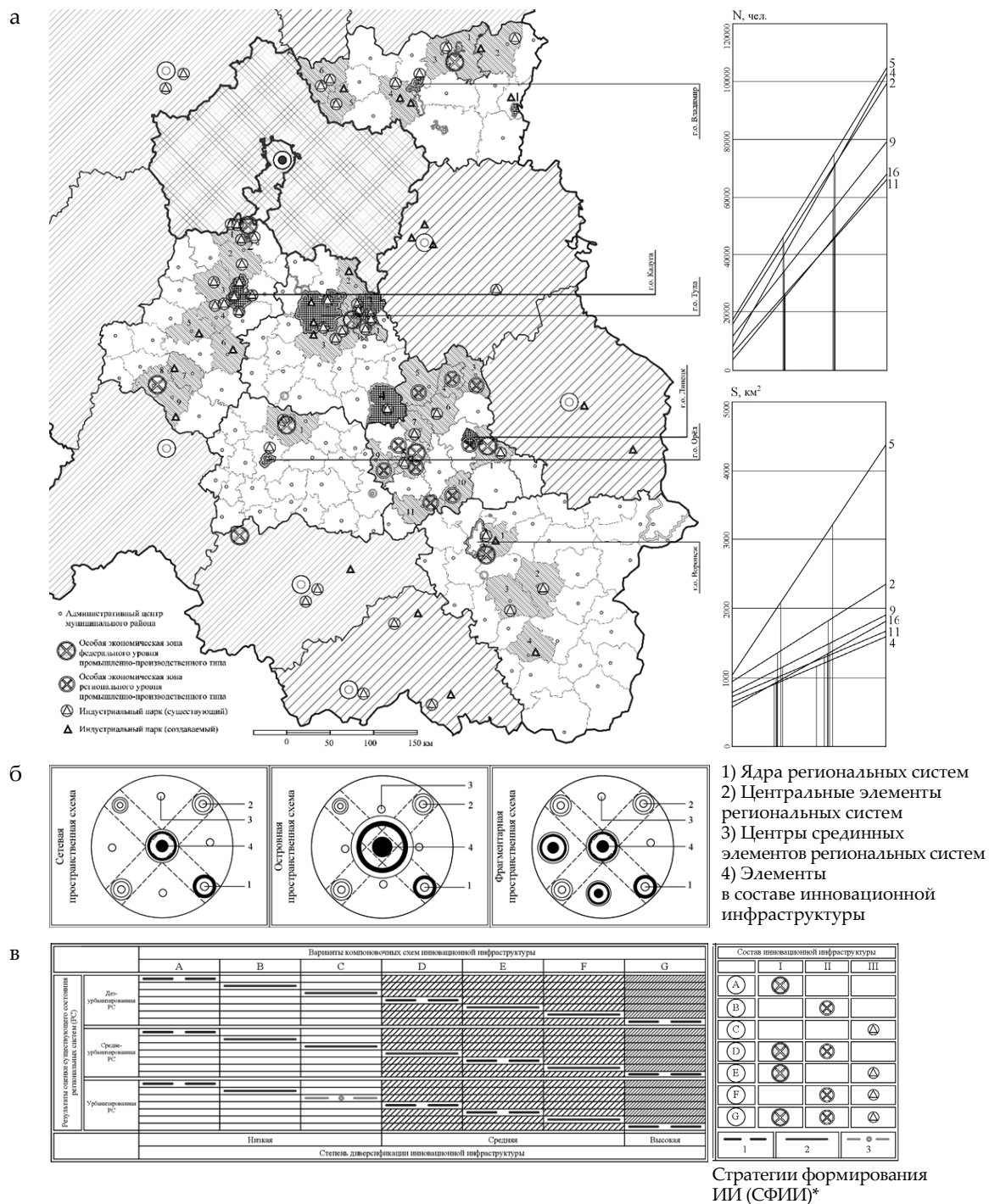


Рис. 3. Методологические основы стратегирования изменений существующего состояния региональных систем посредством формирования инновационной инфраструктуры: а – тенденции формирования инновационной инфраструктуры в региональных системах; б – пространственные схемы формирования инновационной инфраструктуры в региональных системах; в – варианты градостроительных решений на основе стратегий формирования инновационной инфраструктуры региональной системы

Fig. 3. Methodological basis for strategic changes in the current state of regional systems through the formation of innovation infrastructure: a – trends in the formation of innovation infrastructure in regional systems; b – spatial schemes for the formation of innovation infrastructure in regional systems; c – options for urban planning solutions based on strategies for the formation of innovative infrastructure of the regional system

Выводы. Постоянно оказываемые внутренними и внешними факторами на территориальные системы воздействия всех уровней могут вызывать в них как незначительные отклонения от существующего состояния, так и кардинальные трансформации. Эти последствия фиксируются в различных пространственных формах и их сочетаниях, учитывающих, главным образом, идентичность систем. Структурообразующими центрами субрегиональных территориальных систем и их наиболее яркими представителями являются современные мегаполисы. Отмечаемые в них пространственные преобразования отличаются их подчиненностью общим темпам урбанизации, крайне высокой интенсивностью и скоростью освоения пространства жизнедеятельности. Специфично для последних лет, что данные тенденции не являются исключительной прерогативой отечественных мегаполисов. Зарождаясь в них, они способны образовывать новые разнонаправленные пространственные векторы, распространять свое влияние не только на смежные с мегаполисами территории, но и на достаточно отдаленные автономизированные элементы и комплексы.

Среди потенциально возможных источников, способных вызывать особые изменения в территориальных системах, выделяются процессы инноватизации. Они возникают в регионах и протекают в них по схемам, аналогичным тем, какие наблюдаются в мегаполисах. Такая толерантность инноватизации объясняется двойственностью направленности: не столько на обеспечение устойчивого функционирования уже сформированных пространственных структур, сколько на воспроизводство новых элементов с заданными программируемыми свойствами.

Процессы инноватизации территориальных систем связаны, в том числе, с формированием инновационной инфраструктуры. Исходя из результатов анализа способов их размещения и пространственных построений в границах соответствующих территориальных систем, в комплексе количественных и качественных показателей, определяется их типологический ряд. Он дифференцирован по степени диверсификации инфраструктуры, определение которой является средством регулирования реорганизации территориальных систем. В зависимости от определяемого потенциала изменчивости территориальных систем устанавливается применимость представленных типов инфраструктуры, закрепляемых в разрабатываемых стратегиях реорганизации территориальных систем.

Преимущество предлагаемого методологического подхода заключается в том, что стра-

тегии реорганизации содержат в себе встроенный механизм их реализации. Это позволяет прогнозировать повышение результативности разрабатываемых на его основе градостроительных решений.

Научная новизна сформулированных положений заключается в том, что стратегирование пространственного развития территориальных систем, в версии авторов исследования, – это совместно реализуемая непротиворечивая деятельность стейкхолдеров, объединенных идеологией общности его принципов, которые, в совокупности, раскрывают перспективные направления совершенствования существующей методологии территориального планирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митягин С. Д. Градостроительство. Эпоха перемен. Санкт-Петербург: ООО «Издательство Зодчий», 2016. 280 с.
2. Алексеев Ю. В. Подход к оценке эволюции научных проблем в системе управления градостроительной деятельностью // Архитектура и строительство России. 2019. № 4(232). С. 16–21.
3. Моисеев Ю. М. Вызовы развития и меняющиеся горизонты градостроительного планирования // Архитектура и современные информационные технологии. 2022. № 4(61). С. 280–291. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-280-291.
4. Донцов Д. Г., Юшкова Н. Г. Регулирование функционально-пространственных преобразований территории на основе информационно-управляющих систем // Недвижимость: экономика, управление. 2005. № 11-12. С. 37–43.
5. Yushkova N.G. Improvement of tool support of the spatial approach to regional planning: problems, specifics, trends // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2014. № 6 (36). С. 225–242, DOI: 10.15838/esc/2014.6.36.17.
6. Митягин С. Д. Особенности современной проектной градостроительной деятельности в России // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 3. С. 54–62. DOI: 10.22337/2077-9038-2021-3-54-62.
7. Юшкова Н. Г., Алексеев Ю. В. Совершенствование координации в системе территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 3(31). С. 36–53. DOI 10.21869/2311-1518-2020-31-3-36-53.
8. Лексин В. Н., Порфирьев Б. Н. Мегаполисы и феномен мегаполисности в России // Регион: Экономика и Социология. 2017. № 1(93). С. 42–77. DOI: 10.15372/REG20170103.
9. Шубенков М. В., Шубенкова М. Ю. Современная урбанизация: перспективы развития // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 2(34). С. 3–15. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-34-2-3-15.

10. Адонина А. В., Ахмедова Е. А. Мегополизация • утопический вектор развития Innovative Project. 2016. Т. 1, № 4(4). С. 30–36. DOI: 10.17673/IP.2016.1.04.4.
11. Vlasov D., Danilina N. Scientific and methodological basis of development of the park-and-ride facilities in the intermodal transport hubs of Moscow agglomeration // Advanced Materials Research. 2014. V. 869–870. P. 201–204.
12. Громилина Э. А., Самогоров В. А. Элементы архитектурно-планировочной структуры как факторы устойчивого развития города // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 2(43). С. 101–110. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.15.
13. Ptichnikova G., Antufeev A. "Smart city", man and architecture // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Moscow: EDP Sciences, 2020. P. 05027. DOI: 10.1051/e3sconf/202016405027.
14. Юшкова Н. Г., Никифорова Д. Н. Градостроительная специфика взаимодействия региональных систем расселения с производственными территориями, имеющими специальные режимы хозяйственного использования // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 7. С. 845–870. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.7.845-870.
15. Ахмедова Е. А. Индустриальные парки и технопарки в среднем Поволжье. Архитектурно-градостроительные аспекты // Теоретические основы градостроительства: X Владимирские чтения: сб. статей / Самара, СамГТУ, 2020. С. 126–138. DOI: 10.17673/RAACS.2020.1.13.
16. Беккер П. Р., Силка Д. Н. Индустриальные парки как зоны развития промышленности в рамках концепции умных городов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2019. № 3. С. 136–142. DOI: 10.23672/SAE.2019.2019.28047.
17. Лу Г. Особенности планировки и застройки научно-технологических парков в условиях провинций Шаньси и Ганьсу в Китайской Народной Республике // Наука и техника. 2018. Т. 17. № 6. С. 489–496.
18. Юшкова Н. Г., Донцов Д. Г., Никифорова Д. Н., Овчарова Т. П., Донцов Е. Д. Специфика оценки и планирования развития производственных территорий поселений в структуре региональных систем расселения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. № 1(90). С. 298–312.
19. Крашенинников А. В. Перспективные модели поселений // Архитектура и строительство России. 2022. № 4(244). С. 26–31.
20. Сибиряев А. С. Развитие сельских территорий в контексте диверсификации // Вестник НГИЭИ. 2023. № 9(148). С. 110–120. DOI: 10.24412/2227-9407-2023-9-110-120.
21. Каширинтур М. М. Креативные решения для устойчивого развития городской структуры (на примере архитектурно-планировочной структуры малых городов Ирана) // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 193–202. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.26.
22. Dontsov D. G., Yushkova N. G., Gushchina E. G. A New Spatial Strategy Approach in Russian Regions: From the Reflexing Planning Solutions to Territorial Integration Conception // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018, no. 463, 032055.

REFERENCES

1. Mityagin S. D. *Gradostroitel'stvo. Jepoha peremen* [Urban planning. Era of change]. St. Petersburg: LLC "Publishing House Architect", 2016. 280 p.
2. Alekseev Yu. V. An approach to assessing the evolution of scientific problems in the management system of urban planning activities. *Arhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and Construction of Russia], 2019, no. 4(232), pp. 16–21. (in Russian)
3. Moiseev Yu. M. Development challenges and changing horizons of urban planning. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tekhnologii* [Architecture and modern information technologies], 2022, no. 4(61), pp. 280–291. (in Russian) DOI 10.24412/1998-4839-2022-4-280-291
4. Dontsov D. G., Yushkova N. G. Regulation of functional and spatial transformations of the territory on the basis of information management systems. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie* [Real estate: economics, management], 2005, no. 11–12, pp. 37–43. (in Russian)
5. Yushkova N. G. Improvement of tool support of the spatial approach to regional planning: problems, specifics, trends. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2014. N. 6 (36). P. 225–242.
6. Mityagin S. D. Features of modern design urban planning activity in Russia. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2021, no. 3, pp. 54–62. (in Russian) DOI 10.22337/2077-9038-2021-3-54-62
7. Yushkova N. G., Alekseev Yu. V. Improving coordination in the system of territorial planning, urban zoning and territory planning. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: man, region, technologies], 2020, no. 3(31), pp. 36–53. (in Russian) DOI 10.21869/2311-1518-2020-31-3-36-53
8. Leksin V. N., Porfiriev B. N. Megacities and the phenomenon of megacity in Russia. *Region: Ekonomika i Sociologiya*. [Region: Economics and Sociology], 2017, no. 1(93), pp. 42–77. (in Russian) DOI 10.15372/REG20170103
9. Shubenkov M. V., Shubenkova M. Yu. Modern urbanization: prospects for development. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: man, region, technologies], 2021, no. 2(34), pp. 3–15. (in Russian) DOI 10.21869/2311-1518-2021-34-2-3-15
10. Adonina A. V., Akhmedova E. A. Megapolization - utopian vector of development. *Innovative Project*, 2016, vol. 1, no. 4(4), pp. 30–36. (in Russian) DOI 10.17673/IP.2016.1.04.4
11. Vlasov D., Danilina N. Scientific and methodological basis of development of the park-and-ride

facilities in the intermodal transport hubs of Moscow agglomeration. *Advanced Materials Research*. 2014. V. 869–870. P. 201–204.

12. Gramolin E. A., Samogorov V. A. Elements of architectural and planning structure as factors of sustainable development of the city. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2021, vol. 11, no. 2(43), pp. 101–110. (in Russian) DOI 10.17673/Vestnik.2021.02.15

13. Ptichnikova G., Antyufeev A. "Smart city", man and architecture. E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. TPACEE 2019. Moscow: EDP Sciences. 2020. P. 05027. DOI 10.1051/e3sconf/202016405027

14. Yushkova N. G., Nikiforova D. N. Urban planning specifics of interaction of regional settlement systems with industrial territories with special modes of economic use. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2022, vol. 17, no. 7, pp. 845–870. (in Russian) DOI 10.22227/1997-0935.2022.7.845-870

15. Akhmedova E. A. Industrial parks and technoparks in the Middle Volga region. Architectural and urban planning aspects. *Teoreticheskie osnovy gradostroitel'stva: X Vladimirovskie chteniya. Sbornik statej, Samara, 27 fevralya 2020 goda / Rossijskaya akademiya arhitektury i stroitel'nyh nauk, Samarskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. – Samara: Samarskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet* [Theoretical foundations of urban planning: X Vladimirovsky readings. Collection of articles, Samara, February 27, 2020 / Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Samara State Technical University]. Samara, 2020, pp. 126–138. (In Russian). DOI 10.17673/RAACS.2020.1.13

16. Becker P. R., Silka D. N. Industrial parks as industrial development zones within the framework of the concept of smart cities. *Gumanitarnye, social'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki* [Humanities, socio-economic and social sciences], 2019, no. 3, pp. 136–142. (in Russian) DOI 10.23672/SAE.2019.2019.28047

17. Lu G. Peculiarities of Planning and Building of Scientific and Technological Parks in Conditions of the Shanxi and Gansu Provinces in the People's Republic of China. *Nauka i tehnika* [Science & Technique], 2018, no. 17(6), pp. 489–496. (in Russian) DOI: 10. 21122/2227-1031-2018-17-6-489-496

18. Yushkova N. G., Dontsov D. G., Nikiforova D. N., Ovcharova T.P., Dontsov E.D. Specifics of assessment and planning of development of industrial territories of settlements in the structure of regional settlement systems. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2023, no. 1(90), pp. 298–312. (in Russian)

19. Krashenninnikov A.V. Perspective models of settlements. *Arhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and construction of Russia], 2022, no. 4(244), pp. 26–31. (in Russian)

20. Sibiryaev A. S. Rural development in the context of diversification. *Vestnik NGIEI* [Vestnik NGIEI], 2023, no. 9(148), pp. 110–120. (in Russian) DOI 10.24412/2227-9407-2023-9-110-120

21. Kashiripoor M.M. Creative solution concept for urban structure sustainability development (for example: architecture and planning structure of Iranian small cities). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 193–202. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.26

22. Dontsov D. G., Yushkova N. G., Gushchina E. G. A New Spatial Strategy Approach in Russian Regions: From the Reflexing Planning Solutions to Territorial Integration Conception. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. N. 463. P. 032055.

Об авторах:

ЮШКОВА Наталия Геннадиевна

кандидат архитектуры, доцент, советник РААСН,
доцент кафедры городского строительства,
экономики и управления проектами
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: ng_yushkova-v@mail.ru

ДОНЦОВ Дмитрий Георгиевич

доктор архитектуры, профессор,
главный градостроитель
Волгоградское областное архитектурно-
планировочное бюро
400066, Россия, г. Волгоград, ул. Мира, 19а

НИКИФОРОВА Дарья Николаевна

главный специалист мастерской
градостроительного проектирования
Волгоградское областное архитектурно-
планировочное бюро
400066, Россия, г. Волгоград, ул. Мира, 19а
E-mail: nikiforova-dasha-98@mail.ru

ОВЧАРОВА Татьяна Павловна

ведущий архитектор мастерской градостроительного
проектирования
Волгоградское областное архитектурно-
планировочное бюро
400066, Россия, г. Волгоград, ул. Мира, 19а
E-mail: ovcharova.tanya2017@yandex.ru

YUSHKOVA Natalia G.

PhD in Architecture, Associate Professor, RAASN
Advisor, Associate Professor of the Urban Construction,
Eco-Nomics and Project Management Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya str., 1
E-mail: ng_yushkova-v@mail.ru

DONTSOV Dmitry G.

Doctor of Architecture, Professor, Chief Urban Planner
Volgograd Regional Architectural and Planning Bureau
400066, Russia, Volgograd, Mira str., 19a

NIKIFOROVA Daria N.

Chief Specialist of the Urban Planning Workshop
Volgograd Regional Architectural and Planning Bureau
400066, Russia, Volgograd, Mira str., 19a
E-mail: nikiforova-dasha-98@mail.ru

OVCHAROVA Tatiana P.

Leading Architect of the Urban Planning Workshop
Volgograd Regional Architectural and Planning Bureau
400066, Russia, Volgograd, Mira str., 19a
E-mail: ovcharova.tanya2017@yandex.ru

Для цитирования: Юшкова Н.Г., Донцов Д.Г., Никифорова Д.Н., Овчарова Т.П. Диверсификация направлений пространственного развития мегаполисов и формирование региональных систем поселений // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 165–174. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.21.

For citation: Yushkova N.G., Dontsov D.G., Nikiforova D.N., Ovcharova T.P. Diversification as a direction of spatial development megacities and its impact on the regional systems formation. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 165–174. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.21.

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.