

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 2 Т. 13
2023

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Фото проекта «Межвузовский студенческий кампус. Студенческий квартал»

Проект по заданию Совета ректоров Самарской области разработали студенты факультета архитектуры и дизайна СамГТУ. В разработке проекта приняли участие 25 студентов СамГТУ.

Руководители проекта:

- кандидат архитектуры, доцент кафедры градостроительства СамГТУ, руководитель студенческого клуба «Urbanclub» – Анна Жоголева
- кандидат архитектуры, профессор кафедры градостроительства СамГТУ, заместитель заведующего кафедрой – Александра Терягова

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

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

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Т. 13, № 2

САМАРА
2023

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

Заместитель главного редактора по направлению «Строительство» – д.т.н., профессор В.И. КИЧИГИН

Заместитель главного редактора по направлению «Архитектура» – к.арх., профессор В.А. САМОГОРОВ

Ответственный секретарь – к.филол.н. М.С. ДОСКОВСКАЯ

Редакционная коллегия:

С.Ю. АНДРЕЕВ, д.т.н., профессор (Пенза)

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

Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор

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

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

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

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

В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор

А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор

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

В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор

А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор

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

Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент

А.А. ПРОКОПОВИЧ, д.т.н., доцент

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

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

С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., профессор

К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор

Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор

В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор

Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Deputy Editor (Construction) – D. Eng., Prof. V.I. KICHIGIN

Deputy Editor (Architecture) – PhD in Architecture, Prof. V.A. SAMOGOROV

Executive Secretary – PhD in Philology M.S. DOSKOVSKAYA

Editorial Board

S.Yu. ANDREEV, D. Eng., Prof. (Penza)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

D. SAFARIK (Chicago, the USA)

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

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

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

Журнал индексируется в системе РИНЦ

Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина

Корректор М.В. Веселова

Дизайн обложки: М.В. Веселова

Подписано в печать 22.05.2023 г. Выпуск в свет 29.05.2023 г.

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

Печ. л. 23,25. Тираж 300 экз. Заказ № 2064

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

Отпечатано в типографии ООО «Слово»:

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

Содержание

- СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**
- 4 Балабанов М.С., Бутенко С.А., Леоненко А.С. Изменение прочности древесины и деревянных конструкций во времени
- 10 Родионов И.К., Родионов И.И. К вопросу теплового ослабления растянутых стержней стальных ферм покрытий, усиливаемых с применением сварки
- ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**
- 17 Зеленцов Д.В., Крашенинников С.В., Савченко О.В. Профилирование рабочего колеса гидротурбины микроГЭС кривыми Безье
- 22 Кичигин В.И., Юдин А.А. Исследование зависимости удельного сопротивления осадка от его влажности и исходной концентрации бентонитового замутнителя
- 31 Негода Л.Л., Судакова Т.В., Курмаева Т.С. Особенности питьевой воды сельского поселения Рождествено Самарской области
- 40 Стрелков А.К., Степанов С.В., Морозова К.М., Базарова А.О. Результаты применения аэробных термофильных микроорганизмов для очистки сточных вод маслоэкстракционной промышленности
- 48 Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Теплых С.Ю. Изучение качества воды поверхностных сточных вод крупного промышленного центра на примере г. Самары
- 57 Теплых С.Ю. Исследования по определению расхода фильтрационного стока с железнодорожного пути
- ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ**
- 64 Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Хусаинов К.Р. Повышение эффективности парогазовой установки за счет промежуточного охлаждения циклового воздуха турбинным конденсатом
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**
- 73 Галицков К.С., Баранова М.Н., Болховецкий А.С. Исследование влияния структурно-фазового состава ячеистого бетона на внутреннее тепловыделение в процессе его автоклавной обработки
- 79 Жигулина А.Ю., Чикнорьян А.Г. Заполнитель для бетонов общестроительного назначения на основе силикатнатриевой композиции
- 85 Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Попов В.П. Роль шлифовального шлама в процессе кристаллизации стекла
- ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**
- 90 Крестин Е.А., Серебряков Г.В. Определение скорости потока и сил, действующих на плунжер, в уплотнениях гидравлического привода строительных машин
- 98 Попов Д.В. Обоснование применения труб из пластмассы в качестве обсадных при бурении скважин в уплотнённых песчаных основаниях
- 103 Рязанова Г.Н., Козлова Е.С. Анализ типов несъемных опалубок из древесно-цементных композиций
- ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ**
- 110 Вавилонская М.А. Принципиальные схемы интеллектуализации традиционного города
- 118 Вавилонская Т.В., Карпенко А.В. Методические подходы к определению границ территорий малых исторических поселений
- 125 Вайтенс А.Г. Валентин Александрович Каменский (1907–1975): этапы градостроительной деятельности
- 133 Исаков А.С. Особенности архитектуры фабрик-кухонь юга России
- АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**
- 147 Вавилова Т.Я. Актуальные тренды архитектурного проектирования в эпоху устойчивого развития. Часть 1. Учёт экологических факторов
- 156 Кузнецова А.А. Особенности архитектурного проектирования спортивных школ современного пятиборья
- ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**
- 163 Веретенников Д.Б. Технологии планирования и строительства высотных комплексов в рамках концепции развития «вертикального города»
- 172 Жоголева А.В., Терягова А.Н., Франк Е.В. Межвузовский студенческий квартал в Самаре как основа формирования инновационно-исследовательского потенциала региона
- 181 Сугаров Д.А. Градообразующая роль промышленности во Владикавказе в XIX – начале XX века
- 186 ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 666.982+666.97

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.01

М. С. БАЛАБАНОВ
С. А. БУТЕНКО
А. С. ЛЕОНЕНКО

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВО ВРЕМЕНИ

CHANGES IN THE STRENGTH OF WOOD AND WOODEN STRUCTURES IN TIME

Сохранение культурного наследия является одной из важнейших задач в современном мире. Проведение реставрационных работ зданий и сооружений требует всестороннего изучения памятника архитектуры, его внешнего облика, строительных материалов, из которых он изготовлен, а также его конструктивных особенностей. При ремонтно-реставрационных работах необходимо знать физико-механические характеристики материалов, в том числе древесины. Кроме того, требуется знать породу, из которой выполнена конструкция. Это можно сделать используя только комплекс исследований – химических, макрометрических и микрометрических. При помощи химических реакций определяют, к какому виду пород относится та или иная древесина – к хвойным или лиственным. Макрометрическим методом определяют такую особенность лиственных пород древесины, как их рассеянно-сосудистое или кольце-сосудистое строение. Микрометрический анализ позволяет более тонко исследовать полученные образцы и по их структуре однозначно определить конкретную породу, из которой изготовлена конструкция. Кроме того, выявлено изменение прочности древесины, эксплуатируемой более ста лет, по сравнению со справочными данными для этих пород.

Ключевые слова: ремонтно-реставрационные работы, древесина, деревянные конструкции, хвойные породы древесины, лиственные породы, прочность при изгибе, прочность при сжатии, прочность при скалывании, средняя прочность, плотность

The preservation of cultural heritage is one of the most important tasks in the modern world. Carrying out restoration work of buildings and structures requires a comprehensive study of an architectural monument, its appearance, building materials from which it is made, as well as its design features. During repair and restoration work, it is necessary to know the physical and mechanical characteristics of materials, including wood. In addition, you need to know the breed from which the structure is made. This can be done using only a set of studies – chemical, macrometric and micrometric. With the help of chemical reactions, it is determined what type of species this or that wood belongs to – coniferous or deciduous. The macrometric method determines such a feature of hardwood species as their diffuse-vascular or ring-vascular structure. Micrometric analysis makes it possible to study the obtained samples more subtly and, by their structure, unambiguously determine the specific rock from which the structure is made. In addition, a change in the strength of wood that has been used for more than a hundred years has been revealed, compared with reference data for these species.

Keywords: repair and restoration works, wood, wooden structures, coniferous wood, hardwood, bending strength, compressive strength, chipping strength, average strength, density

Реставрация и восстановление исторического облика зданий и сооружений является одной из первоочередных задач сохранения

исторического наследия. Именно старые здания создают неповторимый облик поселений и позволяют увидеть истинное лицо

городов и поселков, имеющих вековую историю [1–3].

На данный момент многие исторические здания и сооружения восстанавливаются, на них проводятся ремонтно-реставрационные работы. Большинство этих зданий были возведены либо из древесины, либо с применением конструкций из древесины. Это ограждающие конструкции, несущие балки покрытий и перекрытий, стропильные конструкции, стойки, а в отдельных случаях встречаются деревянные фундаменты. Естественно, возникают вопросы – возможно ли использовать эти конструкции или необходимо их заменять на новые, как изменились их характеристики по прошествии времени.

Сотрудниками кафедр производства строительных материалов, изделий и конструкций (ПСМИК) и металлических и деревянных конструкций (МДК) Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета (АСА СамГТУ) были проведены исследования основных характеристик образцов древесины, отобранных из элементов деревянных конструкций различных зданий – Доходный дом Шихобалова, г. Самара, ул. Ленинградская, 77 (рис. 1) и ветряная мельница первой половины XIX в. (рис. 2), которые сравнивались со справочными значениями для тех же пород.

При помощи макроскопического, микроскопического и химического анализа опреде-

лялись породы древесины, из которых были выполнены конструкции. Основные отличительные признаки пород и видов древесины определялись на образцах, взятых с указанных выше сооружений.

Химическим методом была установлена принадлежность древесины к хвойным или лиственным породам, для чего применили реакцию Мейле [4]. Суть методики заключается в реакции проб древесины на различные химические реагенты. После обработки химическими растворами марганца, соляной кислоты и аммиака древесина лиственных пород окрашивается в красный цвет, а хвойных – в желтый.

Для определения породы древесины использовался микроструктурный анализ с применением микроскопа Levenhuk 3L NG, оборудованного цифровой камерой Levenhuk M35 BASE Series, подключенной к ноутбуку, с установленным программным обеспечением LevenhukLite.

Использование микроскопического анализа позволяет более точно определить принадлежность древесины конструкции к той или иной породе.

Наличие однорядного расположения окаймленных пор (ОП) трахеид (рис. 3) свидетельствует о том, что исследуемый образец может быть отнесен к хвойным породам древесины – сосна или ель.



Рис. 1. Доходный дом Шихобалова, г. Самара, ул. Ленинградская, 77

Двухрядное расположение окаймленных пор трахеид означает, что образец отобран из изделия, выполненного из лиственницы (рис. 4).

Кроме определения различий хвойных пород, микрометрическое исследование позволяет определить, к какому типу лиственных пород относится исследуемый образец. Так, в качестве примера можно оценить срез березы с ее рассеянно-сосудистой структурой (рис. 5).

Макроструктурный анализ также позволяет определить породу использованной в конструкции древесины, примером может служить проба, отобранная из опорной стойки рамы мельницы (рис. 6). Её изучение свидетельствует о том, что данная конструкция выполнена из древесины дуба, что подтверждается наличием четко выраженных сердцевидных лучей (рис. 7), сосудов, расположенных вдоль годичных колец (кольцесосудистая древесина) (рис. 8), а также характерным кислым запахом при обработке.

Для того чтобы отличить древесину сосны от древесины ели, необходимо определить наличие (сосна) или отсутствие (ель) ядра у имеющейся пробы древесины, для этого необходим полный поперечный срез ствола, что не всегда возможно. Ведь чаще всего для анализа представляется лишь небольшая часть, щепы или

брусков, где отсутствует срединная часть ствола. В этом случае определение проводят исходя из цвета, рассматривается частота и размер ветвей, частота расположения годовых колец.

Физико-механические методы применялись для определения следующих показателей: плотность, кг/м³; водопоглощение, %; влажность, %; предел прочности при статическом изгибе, МПа; предел прочности при сжатии вдоль и поперек волокон, МПа.

Для определения этих показателей отобранные из различных конструкций пробы распиливались на отдельные образцы согласно нормам ГОСТа:

- для определения прочности на сжатие вдоль и поперек волокон выпиливались образцы с размерами 20x20x30 мм согласно ГОСТ 16483.10-73 и ГОСТ 16483.11-72*, соответственно;

- для определения прочности при статическом изгибе выпиливались образцы с размерами 20x20x300 мм по ГОСТ 16483.3-84;

- для определения прочности при скалывании вдоль волокон выпиливались образцы специальной Т-образной формы по ГОСТ 16483.5-73*.

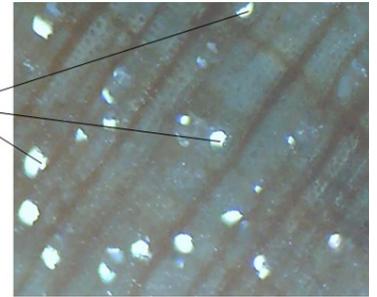
Результаты проведенных испытаний приведены в таблице. В ней же приведены справочные значения [5, 6].

Сводная таблица результатов испытаний

Порода древесины	Физико-механические характеристики древесины								Изменение характеристик, %			
	Средние значения при испытаниях				Средние справочные значения [6]							
	Плотность, кг/м ³	Среднее значение прочности на сжатие вдоль волокон (R ₁₂), МПа	Среднее значение предела прочности при статическом изгибе (R ₁₂), МПа	Среднее значение предела прочности при скалывании вдоль волокон (R ₁₂), МПа	Плотность, кг/м ³	Среднее значение прочности на сжатие вдоль волокон (R ₁₂), МПа	Среднее значение предела прочности при статическом изгибе (R ₁₂), МПа	Среднее значение предела прочности при скалывании вдоль волокон (R ₁₂), МПа	Плотность	Среднее значение прочности на сжатие вдоль волокон (R ₁₂)	Среднее значение предела прочности при статическом изгибе (R ₁₂)	Среднее значение предела прочности при скалывании вдоль волокон (R ₁₂)
Сосна	537	46,7	79,2	6,4	500	48,5	86,0	7,3	+7	-3,7	-7,9	-12,3
Лиственница	657	53,2	81,3	7,76	660	64,5	111,5	9,4	-0,5	-17,5	-27,1	-17,4
Ель быкновенная	446	36,1	46,6	6,38	445	44,5	79,5	6,8	+0,2	-18,9	-41,4	-6,2
Дуб	650	52,5	89,3	9,37	690	57,5	107,5	10,2	-5,8	-8,7	-16,9	-8,1



Рис. 2. Ветряная мельница первой половины XIX в., Самарская область, с. Бариновка



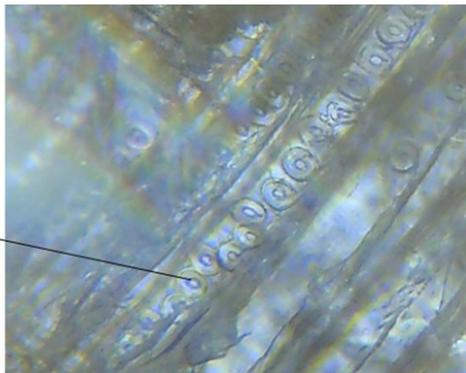
Хаотичное расположение сосудов

Рис. 5. Рассеянно-сосудистая структура березы



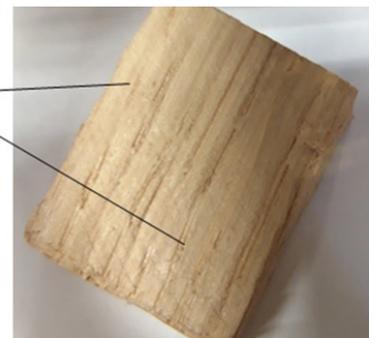
Место отбора пробы

Рис. 6. Место отбора пробы (Опорная стойка рамы мельницы в селе Бариновка)



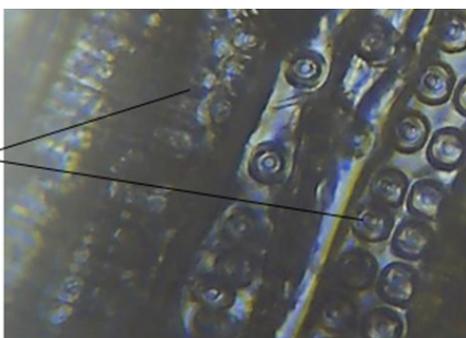
ОП

Рис. 3. Окаймленные поры (ОП) трахеиды (сосна, ель)



Сердцевинные лучи

Рис. 7. Сердцевидные лучи древесины дуба



ОП

Рис. 4. Двухрядное расположение окаймленных пор (ОП) трахеид лиственницы



Сосуды, расположенные вдоль годовых колец

Рис. 8. Макроструктура кольцесосудистой древесины

Из полученных значений следует, что при нахождении в равных условиях древесина сосны сохранила свои эксплуатационные свойства и изменение её физико-механических характеристик составило 5–10 %, изменение прочностных характеристик дуба колеблется в пределах 6–17 %, лиственницы – 17–27 %. Наибольшие изменения показателей прочности наблюдаются у ели обыкновенной и характеризуются значениями от 6 до 42 %. Необходимо отметить, что результаты испытаний образцов, приведенные в таблице, указаны с учетом пересчета испытаний древесины с влажностью древесины в конструкции на влажность, требуемую по ГОСТу, равную 12 %.

Выводы. 1. При проведении ремонтно-реставрационных работ необходимо проводить комплексное исследование деревянных конструкций, которое позволит реально оценить их способность выполнять свои функции.

2. Эксплуатация зданий и сооружений, а также использование древесины с возрастом более ста лет возможна и в наше время, но при проведении обследовательских и реставрационных работ, так как происходит снижение их прочностных показателей, что необходимо учитывать при расчетах.

3. Сравнительный анализ прочностных характеристик образцов древесины сосны, отобранных из конструкций, находящихся на улице (среднее значение прочности нескольких конструкций «Мельница с. Бариновка») и в помещении (балка перекрытия «Дом Шихобалова»), говорит о том, что результаты различаются в среднем на 3 %.

4. Для возможности точного прогнозирования изменения прочностных характеристик деревянных конструкций необходимо провести масштабные исследования в этой области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутенко С.А. Реставрация зданий старой Самары // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. №2. С. 94–100. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.14.
2. Культурное наследие Самарской области. Том 1. Объекты архитектурного наследия. Самара, 2020. 704 с.
3. Синельник А.К. Градостроительная история Самарского края / СамГАСА. Самара, 2000. 192 с.
4. Микроскопические и оптические методы определения качества древесины / А.В. Быков, Л.В. Межуева, Л.А. Быкова. Оренбург: ОГУ, 2012. 34 с.
5. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине / под ред. Б.Н. Уголева. М.: Лесная промышленность, 1989. 296 с.

6. Диагностические признаки древесины и целлюлозных волокон (атлас) / под ред. Г.М. Козубова, Н.П. Зотовой-Спановской. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1976. 152 с.

REFERENCES

1. Butenko S.A. Restoration of Buildings of Old Part of the Samara City. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 94–100. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.14
2. *Kul'turnoe nasledie Samarskoj oblasti. Tom 1. Obekty arhitekturnogo nasledija* [Cultural heritage of the Samara region. Volume 1. Architectural Heritage Sites]. Samara, 2020. 704 p.
3. Sinel'nik A.K. *Gradostroitel'naja istorija Samarskogo kraja* [Urban Planning History of Samara Territory], Samara, SAMGASA, 2000. 192 p.
4. Bykov A.V., Mezhueva L.V., Bykova L.A. *Mikroskopicheskie i opticheskie metody opredelenija kachestva drevesiny* [Microscopic and optical methods for determining wood quality]. Orenburg, 2012. 34 p.
5. Borovikov A. M., Ugolev B. N. *Spravochnik po drevesine* [Wood Reference Book]. Moscow, Forest Industry, 1989. 296 p.
6. Kozubova G.M., Zotova-Spanovskaja N.P. *Diagnosticheskie priznaki drevesiny i celljuloznych volokon (atlas)* [Diagnostic Features of Wood and Cellulose Fibers (Atlas)]. Petrozavodsk, Karelian branch of the USSR Academy of Sciences, 1976. 152 p.

Об авторах:

БАЛАБАНОВ Михаил Сергеевич

старший преподаватель кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: bms-796@rambler.ru

BALABANOV Mikhail S.

Senior Lecturer of the Construction Materials, Products and Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: bms-796@rambler.ru

БУТЕНКО Сергей Александрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: butenko.s.2020@mail.ru

BUTENKO Sergey A.

PhD in Engineering Science, Senior Researcher of the Production of Building Materials, Product and Structures Chair, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: butenko.s.2020@mail.ru

ЛЕОНЕНКО Александра Сергеевна

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

LEONENKO Alexandra S.

Associate professor of the Metal and Wooden Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: leonenko_as@mail.ru

Для цитирования: Балабанов М.С., Бутенко С.А., Леоненко А.С. Изменение прочности древесины и деревянных конструкций во времени // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.

For citation: Balabanov M.S., Butenko S.A., Leonenko A.S. Changes in the Strength of Wood and Wooden Structures in Time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.

И. К. РОДИОНОВ
И. И. РОДИОНОВ

К ВОПРОСУ ТЕПЛОВОГО ОСЛАБЛЕНИЯ РАСТЯНУТЫХ СТЕРЖНЕЙ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ПОКРЫТИЙ, УСИЛИВАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРКИ

TO THE QUESTION OF THERMAL WEAKENING OF STRETCHED RODS
OF STEEL TRUSSES OF COATINGS REINFORCED BY WELDING

Рассмотрены вопросы теплового ослабления, развивающегося в процессе усиления методом увеличения сечения с применением сварки растянутых стержней стальных ферм покрытия. Решая вопрос о порядке наплавки швов, указано, что все возможные предлагаемые в разных источниках технологии присоединения элементов усиления можно свести к двум основным, принципиально разным сварочным технологиям. Приведено теоретическое обоснование рациональной сварочной технологии усиления растянутых элементов, позволяющей сваривать усиливаемые и усиливающие стержни при полной расчётной нагрузке. Даны критерии безопасного проведения сварочных работ при усилении растянутых стержней методом увеличения сечений.

Ключевые слова: стальные фермы, растянутые стержни, усиление, сварка, критерии безопасного проведения усиления

Российская Федерация обладает огромным количеством промышленных предприятий, требующих реконструкции. В значительном большинстве это здания каркасного типа с несущими конструкциями из стали. Многие претерпели к настоящему времени определённый износ. Факторы износа и вероятного увеличения нагрузок на каркасы неизбежно потребуют усиления основных несущих конструкций, в том числе и стальных ферм покрытия.

Часто и эффективно усиление таких ферм достигается увеличением сечений отдельных, наиболее напряженных, в том числе и растянутых, стержней путём присоединения к ним на сварке дополнительных стержневых элементов.

Сварка – это, с одной стороны, все её технологические моменты, с другой – все её последствия (разогрев, деформации), т. е. всё то, что негативным образом влияет на работу как свариваемых, так и сваренных стержней.

Влияние сварки на работу растянутых стержней комплексно не исследовалось ни в одной из известных работ в области усиления [1, 2]. Этим объясняется разноречивость различ-

The issues of thermal weakening, which develops in the process of strengthening by the method of increasing the section with the use of welding of tensioned rods of steel roof trusses, are considered. Solving the issue of the order of surfacing of seams, it is indicated that all possible technologies for attaching reinforcement elements proposed in different sources can be reduced to two main, fundamentally different welding technologies. The theoretical substantiation of a rational welding technology for strengthening stretched elements is given: it allows welding reinforced and reinforcing rods at full design load. Criteria are given for the safe conduct of welding operations when strengthening stretched rods by the method of increasing sections.

Keywords: steel trusses, tension rods, reinforcement, welding, criteria for safe reinforcement

ных рекомендаций по технологиям усиления [1–7], создающая серьёзные проблемы для эксплуатационников. Особо следует отметить, что без привязки к технологиям сварки предлагаются разные величины предельно допускаемых при усилении нагрузок: 0,4–0,8 от предельных расчётных для усиливаемых элементов.

Анализ результатов многочисленных исследований показывает, что при эксплуатации промышленных зданий довольно часто имеет место скопление пыли на покрытиях, образование плотных, тяжёлых корок, увеличивающих постоянную составляющую нагрузок. При этом фермы могут работать под нагрузками, близкими к предельным расчётным. Учитывая ещё и проблему коррозии, выполнение существующих рекомендаций по ограничению уровня нагрузок при усилении, в большинстве случаев требует разгрузку ферм от части покрытия, что влечёт за собой не только расходы, но и потери от остановки производственных процессов внутри реконструируемых зданий.

В данной статье приводятся некоторые результаты исследований напряженно-

деформированного состояния растянутых стержней в процессе их усиления методом увеличения сечения. Целью их являлась разработка рациональной сварочной технологии усиления высоконапряженных растянутых стержней из парных уголков стальных стропильных ферм, а также выявление критериев определения предельно допустимой при усилении нагрузки.

Задачу определения тепловых ослаблений можно рассмотреть на простейшем примере наплавки шва на полосовой элемент (рис. 1), учитывая то, что уголкового стержня фермы фактически представляет собой полосовые пластины, жёстко соединенные друг с другом в единое целое.

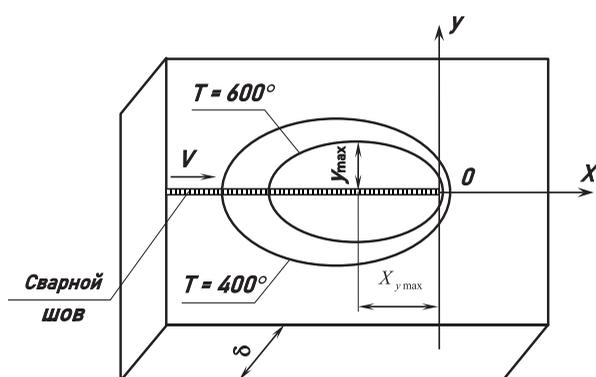


Рис. 1. К вопросу определения разогрева полосы

В процессе перемещения сварочной дуги будет иметь место разогрев полосы и в продольном, и в поперечном направлении. Температуру каждой точки в данном случае можно определить с достаточной для инженерных расчётов точностью по схеме подвижного линейного источника постоянной погонной мощности $q_{\text{п}}$ [8]:

$$T(y, t) = \frac{q_{\text{п}}}{\delta \sqrt{4\pi\lambda c\eta}} \cdot e^{-\frac{y^2}{4at}}, \quad (1)$$

где δ – толщина полосы; a – коэффициент теплоотдачи; c – удельная массовая теплоёмкость; γ – объёмная плотность материала; λ – коэффициент теплопроводности.

Величина погонной тепловой мощности сварки $q_{\text{п}}$ может быть определена как

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24\eta UJ}{V}, \quad (2)$$

где η – эффективный КПД процесса нагрева (при сварке металлическими электродами $\eta = 0,7-0,85$ [9]; U – падение напряжения на дуге; J – сварочный ток; V – скорость сварки.

Таким образом, в конкретный момент времени t разогрев элемента будет определяться соответствующим распределением изотерм (см. рис. 1).

Величина теплового ослабления полосы может быть определена площадью сечения, которая выключается в процессе сварки из работы, т. е. потеряет способность сопротивляться развитию деформаций. Температура, при которой материал становится неспособным к сопротивлению, называется расчётной. Для низкоуглеродистой стали такой расчётной температурой считается $T_p = 600$ °C [8].

Исходя из вышеизложенного, величина площади ослабления сечения будет определяться как

$$A = 2Y_{\text{max}} \delta, \quad (3)$$

где $2Y_{\text{max}}$ – искомая максимальная ширина развития «пятна» ослабления, т. е. площади, ограниченной изотермой $T = 600$ °C (см. рис. 1).

Примем в выражении (1) $T(y, t) = 600$ °C, $t = x/V$, подставим численные значения $c = 0,16$ кал/г·°C, $\gamma = 7,87$ г/см³, $\lambda = 0,107$ кал/см·с·°C, $a = 0,0845$ см²/с и из полученного уравнения найдём y :

$$y = \pm \sqrt{\frac{x \ln(q_{\text{п}}/774\delta\sqrt{x/V})}{\pi V}}. \quad (4)$$

Продифференцируем функцию (4) по x , приравняем полученное выражение нулю, т. е. $dy/dx = 0$, и определим x , при котором Y имеет экстремальное значение:

$$X_{y \text{ max}} = \frac{q_{\text{п}}^2 V}{774^2 \delta^2 e}. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4), получим выражение для определения Y_{max} , т. е. максимальной ординаты «пятна» ослабления, заключённого внутри изотермы 600 °C (см. рис. 1):

$$Y_{\text{max}} = \pm \frac{q_{\text{п}}}{3200\delta}. \quad (6)$$

Как видно из выражения (6), величина Y_{max} зависит от погонной энергии сварки и толщины элемента, что позволяет сделать вывод о принципиальной возможности регулирования «пятна» ослабления путём варьирования технологическими параметрами сварочного процесса.

В случае усиления при наплавке связующих сварных швов, тепловая энергия дуги распределяется на основной (усиливаемый) и дополнительный (усиливающий) элементы. При

сварке угловых сварных соединений части погонной энергии, вводимой в свариваемые элементы, могут быть определены в зависимости от соотношения толщин. В частности, в случае таврового соединения (рис. 2) погонные энергии, вводимые в основной и усиливающий элементы, могут быть вычислены в соответствии с [9] по формулам:

$$q_{\Pi}^0 = q_{\Pi} \frac{2\delta_0}{2\delta_0 + \delta_y}; \tag{7}$$

$$q_{\Pi}^y = q_{\Pi} \frac{\delta_y}{2\delta_0 + \delta_y}, \tag{8}$$

где q_{Π} – полная погонная энергия сварки; δ_0 , δ_y – толщина соответственно полос или полок уголков основного стержня и элемента усиления (см. рис. 2).

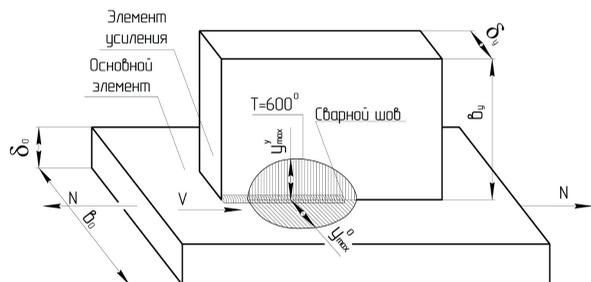


Рис. 2. К расчёту тепловых ослаблений в соединении

Приведённые формулы справедливы и для низколегированных, и для низкоуглеродистых сталей и дают достаточно точные результаты при соотношении толщин $\delta_0/\delta_y \leq 1,7$. Учитывая (6) – (8), максимальная ширина «пятен» теплового ослабления сваркой основного и усиливающего элементов (см. рис. 2) может быть определена как

$$Y_{\max}^0 = \pm \frac{q_{\Pi}^0}{3200\delta_0}; \tag{9}$$

$$Y_{\max}^y = \frac{q_{\Pi}^y}{3200\delta_y}. \tag{10}$$

Общий подход к решению проиллюстрируем на конкретном примере усиления. Основной стержень примем в виде полосы с пластинами по концам, имитирующими фасонки ферм. Элемент усиления примем также полосовой, с присоединением к основному на сварке втавр (рис. 3).

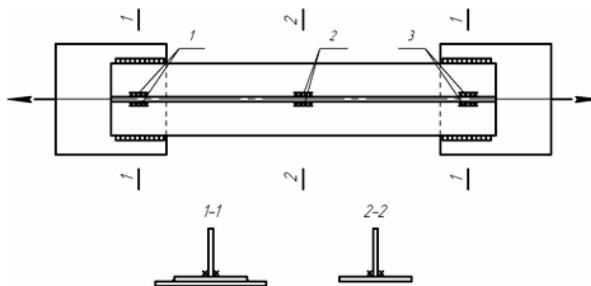


Рис. 3. К вопросу о порядке наплавки сварных швов

Несущая способность растянутых стержней определяется прочностью в пределах упругой работы. В процессе усиления важнейшим моментом являются их тепловые ослабления: выпадение из работы частей сечений, разогретых выше температуры, при которой сталь перестает сопротивляться деформациям.

Решая вопрос о порядке наплавки швов, можно заметить, что все возможные (предлагаемые в разных источниках) технологии присоединения элементов усиления можно свести к двум основным, принципиально разным сварочным технологиям (см. рис. 3):

- первая – с наплавкой первоначально сварных швов поз. 2, а затем швов поз. 1 и 3 по концам усиливаемого элемента;
- вторая, наоборот, – с первоначальной наплавкой швов поз. 1 и 3 по концам основного стержня (в пределах фасонки) и последующим нанесением швов поз. 2.

Рассмотрим влияние каждой технологии на напряженное состояние усиливаемого стержня.

При усилении по первой технологической схеме первоначальная наплавка швов поз. 2 приводит к появлению теплового ослабления основного стержня («пятно» внутри изотермы 600 °С) и, таким образом, уменьшению его несущей способности. Элемент усиления ещё не работает: совместная работа обоих стержней достигается лишь наплавкой швов по концам.

Отсюда, условие обеспечения несущей способности стержня в процессе усиления (сварки) следует рассматривать по сечению 2–2; оно будет иметь вид:

$$(A_0 - A_0^{CB})\sigma_T^0 \geq N, \tag{11}$$

где N – усилие, действующее в основном стержне; σ_T^0 – предел текучести материала основного стержня; A_0 – площадь сечения основного стержня; A_0^{CB} – площадь теплового ослабления сечения основного стержня; определяется в зависимости от погонного тепловложения, типа соединения, толщин свариваемых элементов.

При усилении по второй технологической схеме наплавка швов поз. 1 и 3 приводит к тепловому ослаблению основного стержня, но оно может быть компенсировано сечениями фасонки; при последующей наплавке швов поз. 2 (после остывания швов поз. 1 и 3) основной и усиливающий элементы получают ослабление, но работают совместно.

В этой связи несущую способность усиливаемого стержня в данном случае необходимо рассматривать по сечениям 1–1 и 2–2 (см. рис. 3). Условие обеспечения несущей способности усиливаемого стержня по сечению 1–1 будет выражаться следующей формулой:

$$(A_0 - A_0^{CB})\sigma_T^o + A_\phi\sigma_T^\phi \geq N, \quad (12)$$

где σ_T^ϕ – предел текучести материала фасонки; A_ϕ – минимальная площадь сечения фасонки (сечение 1–1).

Условие обеспечения несущей способности усиливаемого стержня по сечению 2–2 будет иметь вид:

$$(A_0 - A_0^{CB})\sigma_T^o + (A_y - A_y^{CB})\sigma_T^y \geq N, \quad (13)$$

где σ_T^y – предел текучести материала элемента усиления; A_y – площадь сечения элемента усиления; A_y^{CB} – площадь ослабления сваркой сечения элемента усиления; определяется в зависимости от погонного тепловложения, типа соединения, толщин свариваемых элементов.

Рассмотрим теперь неравенства (11)–(13) с позиции назначения предельно допустимой при усилении нагрузки. Для этого произведём преобразование, введя в неравенства выражение несущей способности основного стержня до усиления $[N] = \sigma_T^o A_0$.

Неравенство (11) в этом случае примет вид:

$$[N] (1 - A_0^{CB}/A_0) \geq N. \quad (14)$$

Таким образом, рассматривая неравенство (14), можно сделать вывод, что усиление растянутого стержня в случае наплавки соединительных швов сначала между фасонками с последующим соединением концов основного и усиливающего стержней возможно лишь при усилении в нём N , находящемся в пределах определенной доли несущей способности, т. е. $N \leq K[N]$, где коэффициент ослабления $K = 1 - A_0^{CB}/A_0$, $0 \leq K < 1$ зависит от погонного тепловложения при сварке, геометрических размеров сечений элементов, схем их соединения.

Неравенства (2) и (3) в результате преобразований примут следующий вид:

$$N \leq [N] + (A_\phi\sigma_T^\phi - A_0^{CB}\sigma_T^o), \rightarrow \quad (15)$$

$$N \leq [N] + (A_y\sigma_T^y - A_y^{CB}\sigma_T^y - A_0^{CB}\sigma_T^o). \quad (16)$$

Выражения (15) и (16) определяют критерии возможности проведения усиления растянутых стержней по 2-й технологической схеме, т. е. с соединением сначала концов основного и усиливающего стержней наплавкой швов в пределах фасонки с последующим нанесением остальных соединительных швов.

В данном случае возможно проведение усиления практически при усилении в стержне, равном его несущей способности. Для этого необходимо выполнение двух условий:

$$A_0^{CB}\sigma_T^o \leq A_\phi\sigma_T^\phi, \quad (17)$$

$$A_0^{CB}\sigma_T^o \leq (A_y - A_y^{CB})\sigma_T^y, \quad (18)$$

то есть ослабление сваркой основного стержня должно быть компенсировано, во-первых, сечениями фасонки и, во-вторых, неразогретой (выше 600 °C) частью сечения элемента усиления.

Приведенные выше теоретические выкладки были проверены экспериментально, на натуральных стержнях (см. рис. 3). Усиление стержней проводилось по 2-й технологической схеме при нагрузках, вызывающих усилия, абсолютно близкие к нормативным (определенным по σ_T) значениям несущей способности. Стержни были поделены на две группы. При испытании стержней 1-й группы сварка выполнялась на режимах, при которых по теории (формулы (17), (18)) должна была обеспечиваться (на пределе) их несущая способность. Образцы 2-й группы усиливались при более высоких значениях величин погонного тепловложения. По теории они должны были «потечь» при наплавке промежуточных швов (см. рис. 3, поз. 2).

На рис. 4 и 5 представлены графики продольных деформаций двух образцов (1-й и 2-й групп) в процессе их испытаний до потери несущей способности. Оба образца нагружались до текучести (0–1). Далее нагрузка немного сбрасывалась до стабилизации стержней (1–2) и производилась наплавка соединительных швов: сначала по концам в пределах фасонки, затем промежуточных.

Как видно из графиков, при наплавке всех швов на стержень 1-й группы удлинения не отмечались (точка 2). При наплавке же промежуточных швов на стержень 2-й группы имели место удлинения (площадка 2–3).

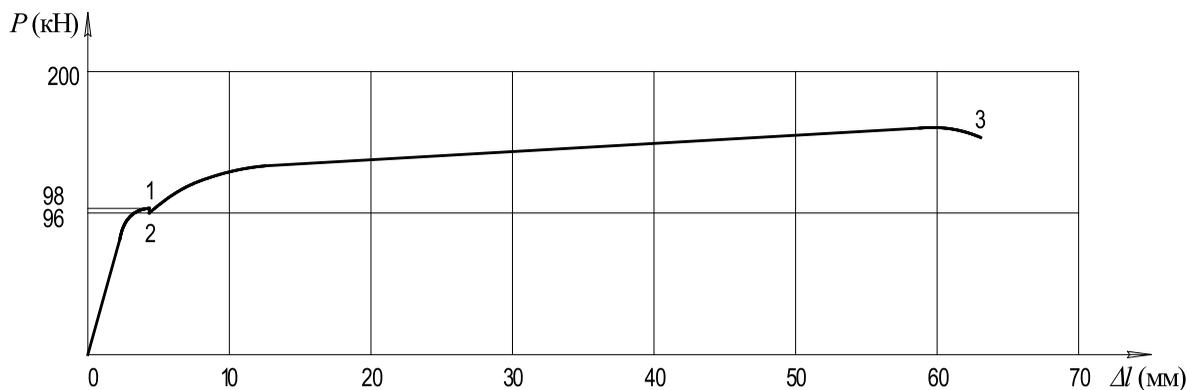


Рис. 4. Работа одного из стержней 1-й группы

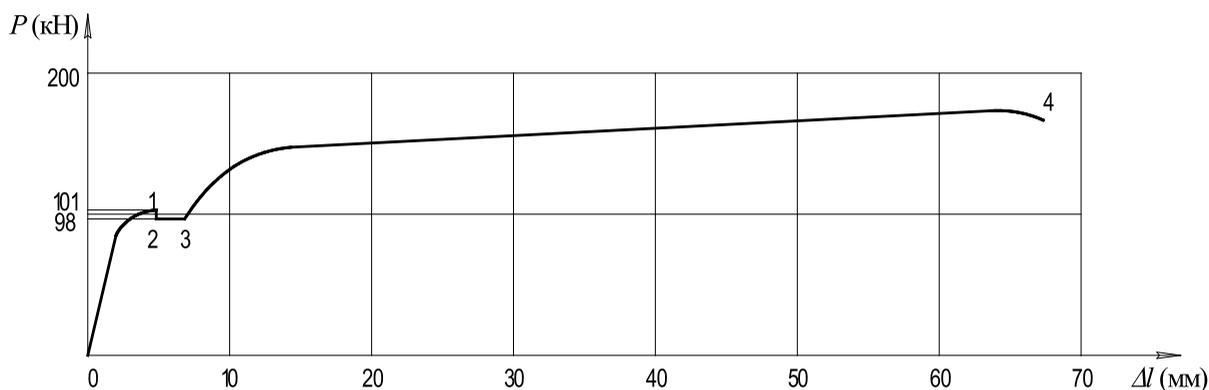


Рис. 5. Работа одного из стержней 2-й группы

Таким образом, полученные экспериментально результаты подтвердили теоретические обоснования, что дало возможность сделать следующие **выводы**:

1. Величины усилий, при которых возможно безопасное проведение усиления растянутых стержней, зависят от их сечений, сечений элементов усиления, прочностных характеристик основных и усиливающих элементов, а также технологических параметров сварки.

2. Усиление растянутых стержней стальных уголкового сварных ферм возможно при полной для них расчётной нагрузке. Для этого необходимо применение порядка сварки с наплавкой связующих швов сначала по концам (в пределах фасонки) и только затем, после их остывания, в промежуточных сечениях, а также применение режимов сварки, при которых величина теплового ослабления сечений усиливаемых стержней компенсируется сечениями фасонки и неразогретыми (выше 600 °С) частями сечений элементов усиления.

3. В случае применения порядка сварки с первоначальной наплавкой связующих швов по концам стержней и при известных сечениях

элементов усиления, безопасные режимы сварки при усилении растянутых уголкового стержней ферм вполне могут быть определены по предлагаемой методике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Десятков Б.И. Исследование работы усиливаемых под нагрузкой элементов сварных стальных ферм: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МИСИ, 1968. 26 с.
2. Кизингер Р. Исследование напряжённого состояния растянутых стержней металлических ферм при их усилении под нагрузкой: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МИСИ, 1973. 26 с.
3. Бельский М.Р., Лебедев А.И. Усиление стальных конструкций. Киев: Будівельник, 1981. 100 с.
4. Валь В.Н., Горохов Е.В., Уваров Б.Ю. Усиление стальных конструкций одноэтажных производственных зданий при их реконструкции. М.: Стройиздат, 1987. 100 с.
5. Металлические конструкции: в 2 т. Т 2. Конструкции зданий / под ред. В.В. Горева. М.: Высшая школа, 1999. 100 с.
6. Металлические конструкции: в 3 т. Т 3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых

сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений: (справочник проектировщика) / под общ. ред. В.В. Кузнецова. М.: изд-во АСВ, 1999.

7. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций. (Методы расчета, анализ работы конструкций, проектирование усиления): автореф. дис. ... докт. техн. наук. Л.: ЛИСИ, 1988. 28 с.

8. Рыкалин Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке. М.: Mashgiz, 1951. 100 с.

9. Сварка. Резка. Контроль: в 2 т. / Н.П. Алёшин, Г.Г. Чернышёв, А.И. Акулов и др. ; под ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышёва. М.: Машиностроение, 2004. 200 с.

10. Родионов И.К. Усиление сжатых стержней стальных ферм производственных зданий // Сварочное производство. 2009. №4. С. 25–29.

11. Родионов И.К. Об экспериментальном исследовании стальной фермы, усиливаемой под нагрузкой с применением сварки // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. №2–1 (32–1). С. 47–51.

12. Родионов И.К., Прошин И.В., Грак М.В. К вопросу усиления растянутых стержней стальных ферм покрытий промышленных зданий // Вестник НГИЭИ. 2014. №12(43). С. 69–74.

REFERENCES

1. Desjatov B.I. *Issledovanie raboty usiljaemyh pod nagruzkoy jelementov svar-nyh stal'nyh ferm*. Kand, Diss. [Study of operation of load-reinforced elements of welded steel trusses. Kand, Diss.]. Moscow, 1968. 26 p.

2. Kizinger R. *Issledovanie naprjazhjonogo sostojaniya rastjanutyh sterzhnej metal'licheskih ferm pri ih usilenii pod nagruzkoy*. Kand, Diss. [Stress study of stretched rods metal-licheskih trusses at their strengthening under load. Kand, Diss.]. Moscow, 1973. 26 p.

3. Belskij M.R. Lebedev A.I. *Usilenie stalnyx konstrukcij* [Reinforcement of steel structures]. Kiev, Budivelnik, 1981.

4. Val V.N., Goroxov E.V., Uvarov B.Yu. *Usilenie stalnyx konstrukcij odno-etaznyx proizvodstvennyx zdaniy pri ix rekonstrukcii* [Reinforcement of steel structures of single-storey industrial buildings during their reconstruction]. Moscow, Strojizdat, 1987.

5. *Metallicheskie konstrukcii. v 2t. T 2. Konstrukcii zdaniy. Pod red. zasl. deyat. nauki RF d.t.n. prof. V.V. Goreva* [Metal structures. In 2 v. V. 2. Constructions of buildings. Under the editorship of the Merit of the Deed of Science of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, prof. V.V. Goreva]. Moscow, Vysshaya shkola, 1999.

6. *Metallicheskie konstrukcii. v 3t. T 3. Stalnye sooruzheniya konstrukcii iz alyuminievyx splavov. Rekonstrukciya obsledovanie usilenie i ispytanie konstrukcij zdaniy i sooruzhenij. (Spravochnik projektirovshhika). Pod obshh. red. V.V. Kuznecova (CNII proektstalkonstrukciya im. N.P. Melnikova)* [Metal structures. In 3 v. V. 3. Steel structures, constructions made of aluminum alloys. Reconstruction, inspec-

tion, reinforcement and testing of structures of buildings and structures. (Designer's Handbook). Under the general editorship of V.V. Kuznetsov (Central Research Institute of Projectstalconstruction named after N.P. Melnikov)]. Moscow, Izd-vo ASV, 1999.

7. Rebrov I.S. *Usilenie sterzhnevyykh metallicheskih konstrukcij (Metody rascheta analiz raboty konstrukcij proektirovanie usileniya) Avtoref. diss. ... doct. texn. nauk* [Reinforcement of rod metal structures (Calculation methods, analysis of the work of structures, reinforcement design). Autoref. diss. ... Doctor of Technical Sciences]. Leningrad, LISI, 1988.

8. Rykalin N.N. *Raschyoty teplovyx processov pri svarke* [Calculations of thermal processes during welding]. Moscow, Mashgiz, 1951.

9. *Svarka. Rezka. Kontrol. v 2 t. Sprav. T 1 N.P. Alyoshin G.G. Chernyshyov A.I. Aku-lov i dr. pod red. N.P. Alyoshina G.G Chernyshyova* [Welding. Cutting. Control. In 2 v.: Reference. V. 1 / N.P. Aleshin, G.G. Chernyshev, A.I. Akulov, etc.; edited by N.P. Aleshin, G.G. Chernyshev]. Moscow, Mashinostroenie, 2004.

10. Rodionov I.K. Reinforcement of compressed rods of steel trusses of industrial buildings. *Svarochnoe proizvodstvo* [Welding fabrication], 2009, no. 4, pp. 25–29. (in Russian)

11. Rodionov I.K. On the experimental study of a steel truss reinforced under load using welding. *Vektor nauki Tol'jattinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Science vector of Togliatti State University], 2015, no. 2–1 (32–1), pp. 47–51. (in Russian)

12. Rodionov I.K., Proshin I.V., Grak M.V. On the issue of strengthening the stretched rods of steel trusses of coatings of industrial buildings. *Vestnik NGIIEI* [Bulletin NGIIEI], 2014, no. 12(43), pp. 69–74. (in Russian)

Об авторах:

РОДИОНОВ Игорь Константинович

кандидат технических наук, доцент Центра архитектурных, конструктивных решений и организации строительства
Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Ушакова, 59
E-mail: riklt@mail.ru

РОДИОНОВ Игорь Игоревич

специалист
ПАО «РОСБАНК»
443080, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 23
E-mail: inmylave@mail.ru

RODIONOV Igor K.

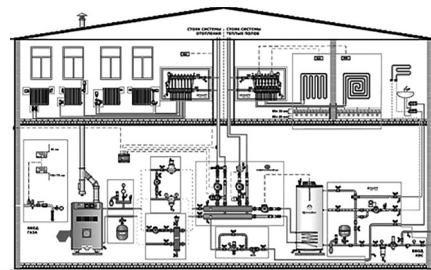
PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Industrial and Civil Engineering and Urban Management Chair
Togliatti State Technical University
Institute of Architecture and Civil Engineering
445020, Russia, Togliatti, Ushakova str., 59
E-mail: riklt@mail.ru

RODIONOV Igor I.

Specialist
PJSC ROSBANK
443013, Russia, Samara, Moskovskoye hw, 23
E-mail: inmylave@mail.ru

Для цитирования: Родионов И.К., Родионов И.И. К вопросу теплового ослабления растянутых стержней стальных ферм покрытий, усиливаемых с применением сварки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 10–16. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.2.

For citation: Rodionov I.K., Rodionov I.I. To the Question of Thermal Weakening of Stretched Rods of Steel Trusses of Coatings Reinforced by Welding. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 10–16. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.2.



Д. В. ЗЕЛЕНЦОВ
С. В. КРАШЕНИННИКОВ
О. В. САВЧЕНКО

ПРОФИЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ГИДРОТУРБИНЫ МИКРОГЭС КРИВЫМИ БЕЗЬЕ

PROFILING OF THE BLADE OF A HYDROTURBINE OF A MICRO HYDROELECTRIC POWER PLANT BY BEZIER CURVES

В системе водоснабжения зданий и сооружений в большинстве случаев давление воды избыточно. Это приводит к потере затраченной на создание давления воды энергии и вызывает перерасход энергоресурсов. Один из способов утилизации теряемой энергии состоит в применении в системах водоснабжения микроГЭС. В то же время отсутствует подробная методика проектирования таких устройств, что является препятствием к их разработке и массовому внедрению. В частности, отсутствует методика проектирования основного узла микроГЭС – гидротурбины, которая во многом определяет эффективность работы устройства. В работе показан один из способов профилирования рабочего колеса радиально-осевой гидротурбины микроГЭС при помощи кривых Безье для достижения наибольшего КПД устройства.

Ключевые слова: система водоснабжения, микроГЭС, гидротурбина, рабочее колесо, лопатка, кривая Безье, профилирование, цилиндрические координаты, модель

В настоящее время одним из перспективных направлений энергосбережения является получение электрической энергии путем использования избыточного магистрального давления при транспортировании по трубопроводам жидких рабочих и технологических сред. В частности, одним из вариантов утилизации энергии давления может быть применение микроГЭС в системе водоснабжения отдельно расположенных зданий и сооруже-

In the water supply system of buildings and structures, in most cases, water pressure is excessive. This leads to the loss of energy spent on creating water pressure and causes an overexpenditure of energy resources. One of the ways to utilize the lost energy is to use it in the water supply systems of micro hydroelectric power plants. At the same time, there is no detailed methodology for designing such devices, which is an obstacle to their development and mass implementation. In particular, there is no methodology for designing the main unit of a microhydroelectric power station – a hydroturbine, which largely determines the efficiency of the device. The paper shows one of the methods for profiling the impeller of a radial-axial hydraulic turbine of a microhydroelectric power station using Bezier curves to achieve the highest efficiency of the device.

Keywords: water supply system, micro HPP, hydro turbine, impeller, blade, Bezier curve, profiling, cylindrical coordinates, model

ний. Вырабатываемая микроГЭС электроэнергия передается непосредственно потребителю или аккумулируется. Режим работы таких устройств обычно характеризуется расходами воды в диапазоне 1–10 дм³/с при перепаде давления в 100–200 кПа. Обзор литературы по данному вопросу показывает, что такие режимы работы не характерны для существующих гидротурбин. Поэтому детально проработанные конструкции микроГЭС отсутствуют,

а также вопросы расчета таких устройств недостаточно изучены [1, 2].

В данной статье приводится возможный вариант профилирования рабочего колеса (РК) радиально-осевой гидротурбины как основного узла микроГЭС на конкретном численном примере.

КПД гидротурбины обеспечивается на этапе профилирования ее РК, так как зависит от потерь в проточной части. Уровень потерь определяется гидродинамическим совершенством межлопаточного канала. Задача проектирования заключается в том, чтобы найти такую форму лопаток, которая обеспечивает требуемый поворот потока с минимальными потерями при сохранении приемлемой прочности и технологичности изготовления.

Процесс профилирования РК выполняется в три этапа:

- 1) построение меридионального обвода проточной части;
- 2) построение средних линий профилей в контрольных сечениях;
- 3) построение профилей лопаток в контрольных сечениях.

Профилирование лопаток РК проведено в цилиндрической системе координат, центр которой находится на оси вращения, осевое направление совпадает с осью вращения РК, а радиальная ось проходит через точку на внутреннем обводе проточной части с максимальным значением радиуса.

На первом этапе проектирования РК формируются меридиональные обводы проточной части – обводы в плоскости, проходящей через ось вращения ротора. Меридиональное сечение состоит из внутреннего (втулка) и внешнего (корпус) обводов, ограничивающих лопатку со стороны диска и сверху, а также промежуточных сечений. Обводы меридионального сечения должны быть плавными, без резкого изменения кривизны. Радиусы кривизны должны быть максимальными, а на границах обводов (входе и выходе РК) – стремиться к бесконечности.

Для построения элементов РК использованы кривые Безье [3]. Имеется опыт использования кривых Безье для газовых турбин [4–6], для гидравлических турбин данный подход также представляет интерес в части обеспечения безотрывного течения рабочего тела. У кривой Безье кривизна меняется плавно и непрерывно на всем протяжении. Кривая Безье строится на основе опорных точек. Для профилирования элементов проточной части использованы кривые с тремя опорными точками. Двумя из них являются концы кривой, третья определена с использованием входного и выходного углов профилей меридионального сечения (рис. 1).

Исходными данными для построения меридионального профиля являются: расход воды в микроГЭС $Q = 5 \text{ дм}^3/\text{с}$, меридиональная составляющая скорости $C_M = 0,04 \text{ м/с}$, наружный диаметр РК на входе $D_1 = 0,1 \text{ м}$, втулочный (внутренний), средний и наружный диаметры на выходе из РК $D_{2вт}$, $D_{2ср}$, $D_{2к}$, его ширина $B = 0,025 \text{ м}$ и высота лопатки на входе $b_1 = 0,004 \text{ м}$, а также углы θ_{11} касательных к обводам меридионального сечения.

Предварительно определяются величины внутреннего и внешнего диаметров на выходе из РК.

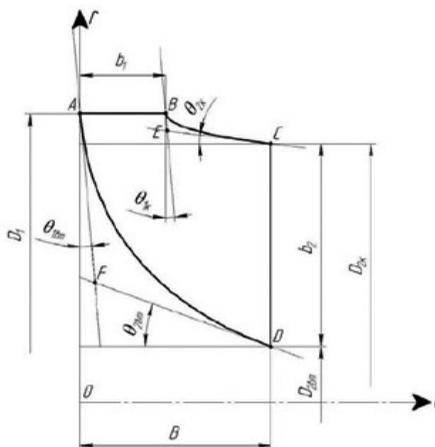


Рис. 1. Построение меридиональных обводов с помощью кривых Безье с тремя опорными точками

Выходная площадь, нормальная средней линии потока (при условии $C_M = const$):

$$F_2 = \frac{Q}{C_M}$$

Угол выхода $\theta_{2ср}$ принят равным $12,5^\circ$. Тогда наружный диаметр на выходе РК:

$$D_{2к} = \frac{\sqrt{\frac{F_2 \cdot 4}{\pi} + D_{2ср}^2}}{\cos \theta_{2ср}}$$

Внутренний диаметр на выходе РК:

$$D_{2вт} = \frac{\sqrt{D_{2ср}^2 - \frac{F_2 \cdot 4}{\pi}}}{\cos \theta_{2ср}}$$

Величины углов θ_i на входе РК приняты $\theta_{1вт} = 1^\circ$, $\theta_{1к} = 2^\circ$, величина угла у втулки РК $\theta_{2вт} = 15^\circ$, внешний угол образующей меридионального сечения $\theta_{2к} = 10^\circ$.

Для получения координат дополнительной, третьей опорной точки кривой Безье использованы следующие соотношения, полученные совместным решением уравнений прямых AF, FD и прямых BE, EC (см. рис. 1).

Значение осевой координаты для опорных точек меридиональных сечений корпуса над лопатками, втулки РК, и промежуточных сечений лопатки по высоте проточной части:

$$a_i = \frac{a_{1i} \cdot tg(\theta_{2i}) + r_{2i}}{tg(\theta_{2i}) - ctg(\theta_{1i})}.$$

Соответствующие радиальные координаты этих точек:

$$r_i = r_{1i} - a_i \cdot ctg(\theta_{1i}).$$

Здесь индекс *i* относится к кривым внутреннего обвода «вт» или внешнего «к».

Когда получены радиальные r_i и осевые a_i координаты всех трех опорных точек внешнего и внутреннего обводов, можно записать уравнения кривых Безье.

Уравнение горизонтальной координаты кривой Безье для меридиональных профилей турбины [3]:

$$a_{ij} = (1 - x_j)^2 a_{1i} + 2x_j(1 - x_j)a_i + x_j^2 a_{2i}.$$

Уравнение радиальной координаты кривой Безье для меридиональных профилей турбины [3]:

$$r_{ij} = (1 - x_j)^2 r_{1i} + 2x_j(1 - x_j)r_i + x_j^2 r_{2i}.$$

Здесь индекс *j* относится к осевой координате профиля.

В этих уравнениях переменная задается с некоторым шагом в интервале 0...1.

Необходимость профилирования входного участка лопастей связана с требованием безударного входа рабочего тела в межлопаточный канал. Обеспечение безударного входа позволяет снизить потери в отрывных течениях в межлопаточном канале.

Для обеспечения безударного входа следует соблюдать соотношение [7]:

$$\frac{U_1}{\sin(\beta_1 - \alpha_1)} = \frac{C_1}{\sin(\beta_1)}.$$

Здесь U_1 – скорость переносного движения на входе турбины; C_1 – абсолютная скорость на входе турбины; α_1 – угол входа потока перед РК; β_1 – угол входа лопатки РК турбины.

Для обеспечения безударного входа на максимальных режимах выбран угол входа лопаток турбины $\beta_1 = 60^\circ$.

На рис. 2 приводится результат профилирования РК в меридиональном сечении. Здесь показано положение внутреннего обвода, внешнего обвода (корпус РК) и положение среднего сечения потока.

Вторым этапом профилирования рабочих лопаток радиально-осевой турбины является определение формы их средних линий в контрольных сечениях.

Средняя линия лопатки турбины задается в виде набора точек в цилиндрической системе координат (a, r, φ) . Меридиональная проекция средних линий была построена на рис. 2, и координаты a, r точек, лежащих на контрольных сечениях, уже известны. То есть задача построения средней линии в любом сечении сводится к отысканию ее угловой координаты.

Для нахождения угловой координаты φ построена проекция средней линии на окружное направление (рис. 3). Ее протяженность равна шагу между лопатками в контрольном сечении D_{2cp} , а осевое расстояние равно ширине рабочего колеса B .

Для определения числа лопаток z в РК использована зависимость [2]:

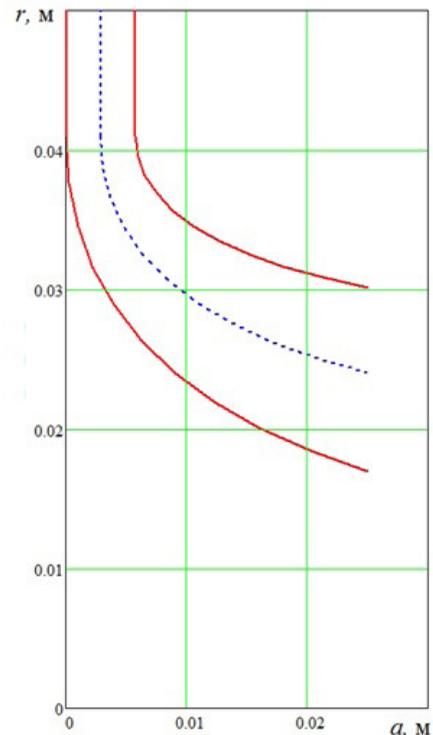


Рис. 2. Результат профилирования меридионального сечения проточной части РК

$$z = 6,5 \frac{D_1 + D_{2\text{cp}}}{D_1 - D_{2\text{cp}}} \sin\left(\frac{\beta_1 + \beta_2}{2}\right) \cdot k_{\text{min}}.$$

Здесь $k_{\text{min}} = 0,9$ – коэффициент, учитывающий увеличенную относительную толщину лопаток микротурбины; β_2 – угол выхода лопатки РК турбины.

Из приведенной зависимости имеем параметр $z = 9$.

По среднему выходному диаметру определяем шаг лопаток:

$$t = \frac{\pi \cdot D_{2\text{cp}}}{z}.$$

Для обеспечения высокого гидродинамического качества лопатки окружная проекция средней линии также строится с помощью кривой Безье.

Как и при построении меридиональных обводов РК для формирования кривой Безье использовались три опорные точки (см. рис. 3): точка начала кривой К, лежащая на осевой линии, точка N и точка M пересечения осевой линии и прямой, проведенной через точку N под углом β_2 от окружной координаты u . Алгоритм построения кривой аналогичен приведенному выше. Положение средней линии профиля лопатки РК в u - r координатах приведено на рис. 4. Здесь u – окружная координата, в пределе равная шагу между лопатками в контрольном сечении $D_{2\text{cp}}$, r – координата радиуса турбины.

При помощи полученной кривой рассчитывается угловая координата средней линии лопатки. Определяются текущие значения координат u , которые, опираясь на значение радиуса контрольного сечения $r_{2\text{cp}}$, пересчитываются в значение угловой координаты:

$$\varphi_k = \frac{180 \cdot u_k}{\pi \cdot r_{\text{cp}}}, \text{ град.}$$

Аналогично рассчитываются координаты точек, лежащих на внутреннем и внешнем обводах РК в контрольных сечениях.

На третьем этапе профилирования вычисляются габариты лопастей, определяющих положение спинки и корытца лопатки в контрольных сечениях. Из соображений прочности максимальная толщина лопатки турбины принимается равной $\delta_{\text{max}} = 3$ мм. Размеры кромок лопаток на входе $d_{\text{вх}} = 1,3$ мм, на выходе – $d_{\text{вых}} = 0,5$ мм при линейном изменении толщины лопатки от максимального значения.

По результатам профилирования строится объемная модель РК. Данная модель может быть использована для изображения течения в радиально-осевой турбине микроГЭС.

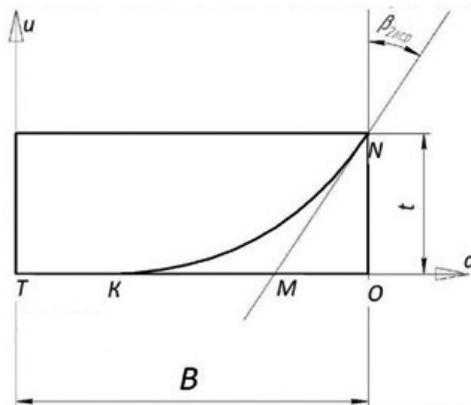


Рис. 3. Построение средних линий профиля лопастей в контрольном сечении

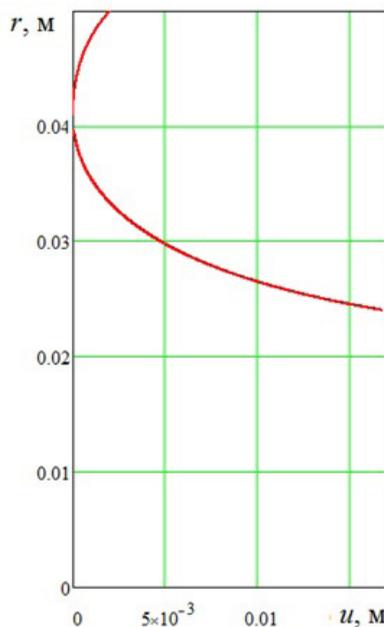


Рис. 4. Положение средней линии профиля лопатки РК в u - r координатах (вид со стороны входа в турбину)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митрохин В.Т. Выбор параметров и расчет центробежной турбины на стационарных и переходных режимах. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1974. 227 с.
2. Топаж Г.И. Лопастные гидромашинные и гидродинамические передачи. Основы рабочего процесса и расчета гидротурбин: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 154 с.
3. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001. 604 с.
4. Виноградов Л.В. Профилирование лопаток турбин кривыми Безье // Инженерные системы – 2015:

труды VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 20–22 апреля 2015 / под общ. ред. Н.К. Пономарева. 2015. С. 564–571.

5. *Виноградов Л.В., Алексеев А.П., Костюков А.В.* Профиль лопатки турбины из Bezier // Вестник РУДН, Серия «Инженерные исследования». 2013. №3. С.10–16.

6. *Батулин О. В.* Профилирование рабочих колес радиально-осевых турбин с помощью кривых Безье // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, Серия «Авиационная и ракетно-космическая техника». 2011. №3(27). С.125–130.

7. *Степанов Н.Н.* Гидравлические машины. Киев: Высшая школа, 1978. 152 с.

REFERENCES

1. *Mitrohin V.T.* *Vybor parametrov i raschet centrostremitel'noj turbiny na stacionarnykh i perehodnykh rezhimakh. 2-e izd., pererab. i dop.* [Selection of parameters and calculation of centripetal turbine in stationary and transient modes. 2nd ed., Rev. and add]. Moscow, Mechanical Engineering, 1974. 227 p.

2. *Topazh G.I.* *Lopastnye gidromashiny i gidrodinamicheskieperedachi. Osnovy rabochego processa*

i rascheta gidroturbin [Blade hydraulic machines and hydrodynamic transmissions. Basics of the working process and calculation of hydraulic turbines]. St. Petersburg, Polytechnic University Press, 2011. 154 p.

3. *Rodzhers D., Adams Dzh.* *Matematicheskie osnovy mashinnoj grafiki* [Mathematical fundamentals of machine graphics]. Moscow, Mir, 2001. 604 p.

4. *Vinogradov L.V.* Profiling of turbine blades with Bezier curves. *Inzhenernye sistemy – 2015: trudy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Engineering Systems – 2015: proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2015, pp. 564–571. (In Russian)

5. *Vinogradov L.V., Alekseev A.P., Kostyukov A.V.* Profile of the turbine blade from Bezier. *Vestnik RUDN, Seriya «Inzhenernye issledovaniya»* [RUDN Bulletin, Engineering Research Series], 2013, no. 3, pp. 10–16. (in Russian)

6. *Baturin O.V.* Profiling of impellers of radial-axial turbines using Bezier curves. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo azerokosmicheskogo universiteta, Seriya «Aviacionnaja i raketno-kosmicheskaja tehnika»* [Bulletin of Samara State Aerospace University, Series “Aviation and Rocket and Space Technology”], 2011. no. 3(27), pp. 125–130. (in Russian)

7. *Stepanov N.N.* *Gidravlicheskie mashiny* [Hydraulic machines]. Kyiv, Higher School, 1978. 152 p.

Об авторах:

ЗЕЛЕНЦОВ Данила Владимирович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой теплогазоснабжения
и вентиляции

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: tgv@samgtu.ru

ZELENTSOV Danila V.

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

КРАШЕНИННИКОВ Сергей Всеволодович

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

KRASHENINNIKOV Sergey V.

PhD of Engineering Science, Associate Professor, Head
of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: tgv@samgtu.ru

САВЧЕНКО Олег Владимирович

инженер-конструктор 1-й категории
ПАО «ОДК-Кузнецов»
443009, Россия, г. Самара, Заводское шоссе, 29
E-mail: olegsav4nko@yandex.ru

SAVCHENKO Oleg V.

Design Engineer of the 1st Category
PAO «ODK-Kuznetsov»
443009, Russia, Samara, Zavodskoe str., 29
E-mail: olegsav4nko@yandex.ru

Для цитирования: *Зеленцов Д.В., Крашенинников С.В., Савченко О.В.* Профилирование рабочего колеса гидротурбины микроГЭС кривыми Безье // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 17–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.3.

For citation: *Zelentsov D.V., Krasheninnikov S.V., Savchenko O.V.* Profiling of the Blade of a Hydroturbine of a Micro Hydroelectricpower Plant by Bezier Curves. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 17–21. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.3.

В. И. КИЧИГИН
А. А. ЮДИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСАДКА ОТ ЕГО ВЛАЖНОСТИ И ИСХОДНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНТОНИТОВОГО ЗАМУТНИТЕЛЯ

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF SEDIMENT SPECIFIC RESISTANCE
ON ITS HUMIDITY AND INITIAL CONCENTRATION BENTONITE HADDENER

Установлено, что интенсивность роста значения рН в растворах дистиллята оказалась несколько выше, чем в растворах с водой городской водопроводной станции (ГВС). Показано, что в растворах с дистиллированной водой величина окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) уменьшалась интенсивнее, чем в фильтрах тех же растворов. Абсолютные значения ОВП были несколько больше в растворе бентонитовой глины с дистиллятом, чем в растворе с водой ГВС. Доказано, что скорость водоотдачи осадка увеличивалась с ростом начальной влажности осадка W_n и концентрации замутнителя C_n в исследуемом растворе, причем темп водоотдачи был выше в пробах, где использовалась вода с ГВС в качестве растворителя. Получены математические модели зависимости удельного сопротивления осадка от его исходной влажности, начальной концентрации замутнителя и солевого состава растворителя.

Ключевые слова: удельное сопротивление осадка, водоотдача, вид растворителя, изменение рН и ОВП

Необработанные и неутилизированные осадки, заполонившие огромные земельные пространства, являются насущной проблемой настоящего времени [1, 2]. Отмечается [3, с. 3], что «...количественное накопление промوتходов на одного человека в год в 18-20 раз превышает нормы накопления бытовых отходов». В настоящее время существует два направления борьбы за окружающую среду. Первый заключается в создании малоотходных и безотходных технологий основных производств, утилизации образующихся отходов и ужесточении нормативов на их выбросы в окружающую среду. Второй – в разработке более мягких нормативов на выброс. К сожалению, (особенно в 90-х гг. XX в. и в нулевых XXI в.), многие ведомства отдавали предпочтение второму направлению, ведущему к экологической катастрофе. Между тем еще в 80–90-х гг. прошлого века на кафедре строительных материалов Самарского государственного

It was found that the intensity of the growth of the pH value in distillate solutions turned out to be somewhat higher than in solutions with water from the city waterworks (DHW). The absolute values of ORP were somewhat higher in a solution of bentonite clay with distillate than in a solution with DHW water. It has been proven that the rate of water loss of sediment r increased with an increase in the initial moisture content of the sediment W_n and the concentration of the turbidity C_n in the test solution, and the rate of water loss was higher in samples where water with hot water was used as a solvent. Mathematical models of the dependence of the sediment resistivity on its initial moisture content, the initial concentration of the opacifying agent, and the salt composition of the solvent are obtained.

Keywords: sediment resistivity, moisture loss, type of solvent, change in pH and ORP

архитектурно-строительного университета были не только разработаны, но и внедрены в производство технологии получения различных строительных материалов из промышленных отходов [3] и осадков промстоков [4, 5].

Обработка и утилизация выделенных из воды осадков – весьма сложный технологический процесс. На пути решения этой проблемы задача обезвоживания осадка относится к категории наиболее трудной. Коэффициент удельного сопротивления осадка r – это основной показатель его водоотдачи. Он позволяет определить необходимую степень обработки осадков перед их обезвоживанием, а также выбрать метод обработки осадков и подобрать необходимые для этого сооружения.

Целью данной работы являлась разработка технологии определения величины и метода анализа результатов удельного сопротивления осадка.

Методика проведения исследований. Исследования проводились на установке, представленной на рис. 1. Учитывая, что величина коэффициента удельного сопротивления осадка r зависит от большого числа исходных параметров (прежде всего физико-химических показателей качества растворителя осадка и самого осадка, его влажности, наличия реагентов и т. п.), было принято решение о проведении начальных исследований на модельном растворе. Опыты ставили на искусственно приготовленной жидкости, состоящей из дистиллированной воды или воды с городской водопроводной станции (ГВС) г. Самары (табл. 1), в которую (в качестве замутнителя) вводилось определенное количество природного глинистого гидроалюмосиликатного минерала (бентонита), разбухающего при гидратации в 14-16 раз. Это сложный по структуре минерал, состав которого определяется содержанием в глине монтмориллонита, имеющего формулу $\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где кремний может замещаться различными катионами (Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ и др.). В нашем случае использовалась кальциевая бентонитовая глина.

В качестве имитации осадка с очистных сооружений использовалась бентонитовая глина с концентрациями: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 г/дм³. Было проведено по четыре серии опытов на растворах с водопроводной и с дистиллированной водой. Величины рН и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) определялись на рН-метре Orville ML-51.

Приготовленный раствор бентонитовой глины профильтровывался через двойной бумажный фильтр с синей лентой под давлением 500 мм рт. ст. Параметры водоотдачи исследуемого осадка записывались каждые 30 с в течение

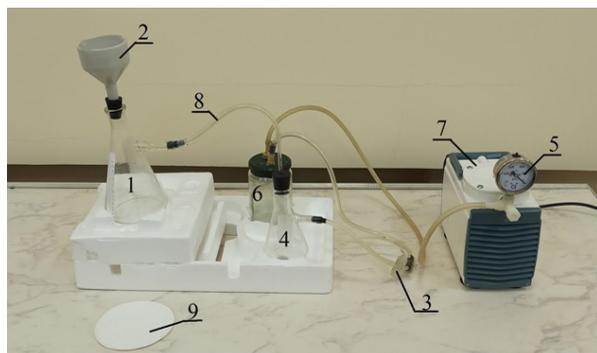


Рис. 1. Лабораторный стенд для определения удельного сопротивления осадка: 1 – колба Бунзена; 2 – воронка Бюхнера; 3 – запорный кран; 4 – колба Бунзена (ёмкость для сбора фильтрата); 5 – вакуумметр; 6 – ресивер; 7 – вакуумный насос; 8 – вакуумный шланг; 9 – бумажный фильтр

15 мин. Значения рН и ОВП измерялись в чистой воде, растворе и фильтрате.

Таблица 1

Качественный состав воды с ГВС [4]

Показатель	Норматив	ГВС (РЧВ №1)
Цветность, град	20	10,6
Мутность, мг/дм ³	1,5	< 0,58
Температура, °С	-	24,0
рН	6-9	7,8
Жесткость, град	7	3,3

Порядок проведения опытов рандомизировался с помощью генератора случайных чисел. Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики при уровне значимости $q = 0,05$ по методике, изложенной в работе [5, с. 136]. Доверительную оценку искомых величин определяли по формуле

$$|X - \bar{x}| < t(q; k) \cdot S_x / (n - 1)^{1/2}, \quad (1)$$

где X – доверительная граница для истинного значения искомой (измеренной) величины; \bar{x} – среднее арифметическое значение измеряемой величины, рассчитанное по n измеренным величинам; t – критическая точка распределения Стьюдента, определяемая по [5, прил. 5.5] при принятом в расчетах уровне значимости $q = 0,05$ и числе степеней свободы; k , S_x – эмпирический стандарт, определяемый при числе степеней свободы $k = n - 1$.

Расчетная величина удельного сопротивления осадка определялась по методике, изложенной в работе [6, с. 15–19] и по формуле

$$r = 2 \cdot P \cdot F^2 \cdot b / C \cdot \eta, \text{ см/г}, \quad (2)$$

где P – вакуум, при котором происходит фильтрование; F – площадь фильтрующей поверхности воронки Бюхнера; η – динамический коэффициент вязкости фильтрата; C – концентрация твердой фазы осадка; b – параметр, получаемый опытным путем; τ – продолжительность фильтрования; V – объем выделяемого фильтрата.

В системе СИ размерность r – в м/кг. При измерении в с/см^6 , а концентрации осадка C в г/см^3 величина r измеряется в см/г . Концентрация твердой фазы осадка определялась по формуле

$$C = (100 - W_{\text{н}}) \cdot \rho / 100, \quad (3)$$

где $W_{\text{н}}$ – влажность исходного осадка, %; ρ – плотность осадка, кг/м^3 .

В нашем случае значение параметра находилось как среднее вероятное значение из 5–10 величин опытных данных τ / V^2 . Удельное сопротивление осадка определялось при постоянных значениях F , η и P . В наших опытах: $F = \pi d^2 / 4 = 78,5 \text{ см}^2$; $\eta = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$; $P = 500 \text{ мм рт. ст.} = 66,65 \text{ кПа} = 0,68 \text{ кгс/см}^2$.

Если обозначить в формуле (2) $(2 \cdot P \cdot F^2 / \eta) = k$, получим:

$$r = k \cdot b / C, \text{ см/г.} \quad (4)$$

Для наших опытов значение будет равно:

$$k = (2 \cdot 66,65 \cdot 10^3 \cdot 61,62 \cdot 10^2) / (1 \cdot 10^{-3}) \approx 82,1 \cdot 10^{10} \text{ см}^4/\text{с}.$$

Все дальнейшие расчеты были проведены при значениях: $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ и влажности осадка $W_{\text{н}}$ %: 97,0; 98,0; 99,0.

Полученные результаты лабораторных исследований приведены в табл. 2, 4–6, а их графическое изображение представлено на рис. 2–8.

Обсуждение полученных результатов. Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что осредненные значения рН *растворителя* в виде дистиллированной воды изменялись от 5,42 до 5,99, а в виде воды ГВС – от 6,92 до 7,07. С ростом концентрации замутнителя $C_{\text{н}}$ осредненные величины рН *раствора бентонита* в дистиллированной воде изменялись от 7,42 до 8,25, а в воде ГВС – от 7,06 до 7,22. Осредненные значения рН фильтрата изменялись от 6,33 до 7,70 в дистилляте и от 7,24 до 7,43 в воде ГВС.

Графическое представление зависимостей $\text{рН} = f(C_{\text{н}})$ указывает (коэффициентами парной корреляции R^2) на *очень сильную* связь по шкале Чеккода (табл. 3) между значениями рН и $C_{\text{н}}$ в *растворе и фильтрате*, где в качестве растворителя

Таблица 2

Опытные значения величин рН и ОВП

Концентрация замутнителя, г/дм ³	Значения показателей при $q = 0,05$					
	в растворителе без замутнителя		в растворе		в фильтрате	
	рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ
Растворитель замутнителя – дистиллированная вода						
0,05	5,77±0,92	172,5±43,2	6,28±1,58	150,5±29,3	6,33±1,23	147,8±21,0
0,1	5,95±1,21	170,7±73,8	6,44±1,63	160,3±30,1	6,52±1,42	153,0±16,1
0,2	5,88±0,91	185,8±65,0	6,42±1,24	153,0±44,0	6,59±1,41	169,2±65,6
0,3	5,88±0,94	170,7±107,9	6,86±1,30	135,3±83,0	6,81±1,26	157,7±137,2
0,4	5,78±0,79	190,0±131,2	6,90±1,19	147,7±108,7	6,79±1,40	158,7±76,0
0,5	5,77±0,87	186,3±143,7	7,31±1,62	120,7±125,2	6,85±1,29	162,7±118,1
0,6	5,68±1,05	196,2±72,7	7,42±2,17	121,5±67,2	7,01±1,79	153,8±70,1
0,7	5,99±1,12	204,0±137,0	7,88±1,91	113,0±100,8	7,25±1,22	147,7±57,4
0,8	5,78±0,95	182,3±60,6	8,25±1,35	94,0±58,2	7,17±1,05	158,0±95,5
0,9	5,42±0,76	190,7±189,6	8,22±2,04	80,0±92,8	7,70±1,07	113,0±116,5
Растворитель замутнителя – питьевая вода с ГВС						
0,05	7,07±1,03	156,2±69,4	7,13±0,95	155,2±54,3	7,34±0,99	140,6±91,9
0,1	7,06±1,06	141,2±72,0	7,06±1,11	142,2±65,7	7,24±1,15	133,8±75,2
0,2	7,06±1,09	153,8±95,8	7,12±1,19	145,2±96,4	7,42±1,07	144,2±81,0
0,3	6,98±1,09	141,5±79,3	7,11±1,11	140,5±77,3	7,30±1,15	132,2±100,0
0,4	7,02±1,13	155,2±125,0	7,15±1,13	150,8±71,9	7,32±1,19	136,5±83,2
0,5	7,07±1,13	155,2±125,0	7,13±1,21	143,2±95,8	7,43±1,01	134,2±103,5
0,6	7,02±0,97	146,6±91,3	7,09±1,20	140,0±126,2	7,36±1,15	128,7±148,5
0,7	7,02±1,06	141,8±84,2	7,10±1,26	138,2±83,8	7,36±1,16	126,9±92,5
0,8	7,04±1,03	144,2±59,6	7,15±1,08	137,2±62,2	7,43±1,00	123,8±88,6
0,9	7,03±1,06	155,8±79,3	7,22±1,12	150,8±57,4	7,36±0,94	128,2±79,2

использовался дистиллят (рис. 2) и практическое отсутствие или слабую связь между этими величинами в аналогичных опытах с водой ГВС (рис. 3).

Было установлено (см. рис. 2 и 3), что в исследуемом диапазоне изменения параметров значения рН находились в прямо пропорциональной зависимости от увеличения концентрации замутнителя C_n . Причем интенсивность роста значения рН (J_{pH}) на единицу увеличения концентрации замутнителя C_n составляла, ед. рН/(г/дм³):

- в растворе дистиллята $J_{pH} = \Delta pH / \Delta C_n \approx (8,25 - 6,5) / (0,9 - 0,1) \approx 2,19$;

- в растворе воды с ГВС –

$$J_{pH} = (7,16 - 7,1) / 0,8 \approx 0,08;$$

- в фильтрате раствора с дистиллятом –

$$J_{pH} = (7,5 - 6,4) / 0,8 \approx 1,38;$$

- в фильтрате раствора с водой ГВС –

$$J_{pH} = (7,4 - 7,32) / 0,8 \approx 0,10.$$

Таким образом, интенсивность роста значения рН в растворах дистиллята оказалась несколько выше, чем в растворах с водой ГВС.

Характер изменения зависимости $ОВП = f(C_n)$ существенно отличался от зависимости $pH = f(C_n)$. Например, при использовании в качестве растворителя исследуемой жидкости дистиллированной воды величина ОВП уменьшалась в растворе интенсивнее, чем в фильтрате (рис. 4). Причем, если в растворе бентонита коэффициент парной корреляции $R^2 \approx 0,90$ имел очень сильную (практически функциональную) силу связи, то в фильтрате этого же раствора зависимость между величинами $ОВП = f(C_n)$ практически отсутствовала ($R^2 \approx 0,24$).

Если в качестве растворителя бентонитовой глины использовали воду ГВС (рис. 5), то ОВП раствора имел величину $R^2 \approx 0,11$, т. е. по шкале Чеддока (табл. 3), связь между величинами

Таблица 3

Шкала Чеддока [7, табл. 19]

Коэффициент парной корреляции R^2	До 0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-0,99
Характеристика силы связи	Практически отсутствует	Слабая	Заметная	Сильная	Очень сильная

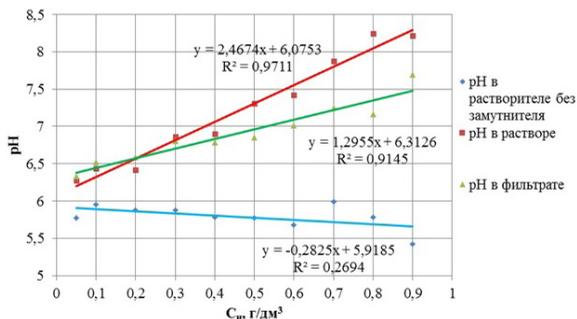


Рис. 2. Осредненная зависимость изменения величины рН от C_n в сериях опытов с дистиллированной водой

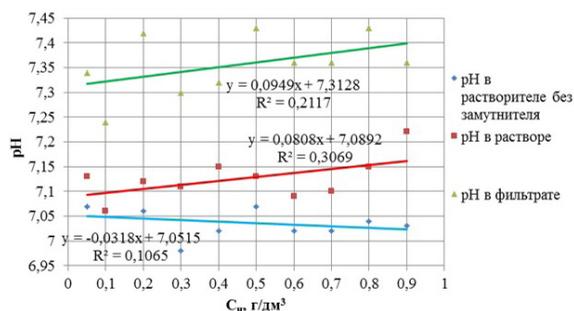


Рис. 3. Осредненная зависимость изменения величины рН от C_n в сериях опытов с водой из ГВС

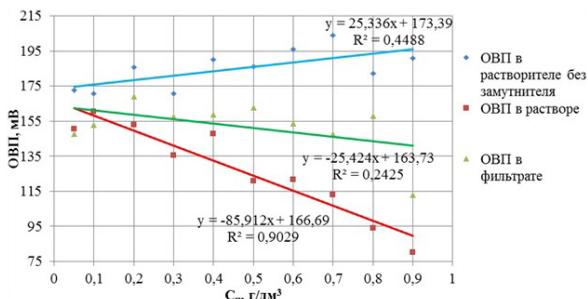


Рис. 4. Осредненная зависимость изменения величины ОВП от C_n в серии опытов с дистиллированной водой

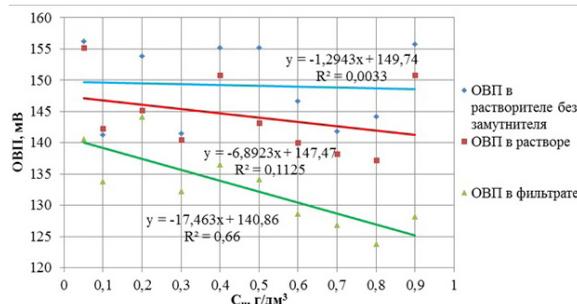


Рис. 5. Осредненная зависимость изменения величины ОВП от C_n в серии опытов с водой из ГВС

ОВП = $f(C_n)$ практически отсутствовала, а в фильтрате этого же раствора становилась уже заметной ($R^2 \approx 0,66$). Абсолютное значение ОВП было несколько больше в растворе бентонитовой глины с дистиллятом, чем в растворе с водой ГВС.

Из анализа данных, приведенных на рис. 4 и 5, было установлено, что в исследуемом диапазоне изменения параметров значения ОВП находились в обратно пропорциональной зависимости от увеличения концентрации замутнителя C_n . Причем интенсивность снижения значения ОВП ($J_{ОВП}$) на единицу увеличения концентрации замутнителя C_n составляла, мВ/(г/дм³):

- в растворе дистиллята – $J_{ОВП} = \Delta ОВП / \Delta C_n \approx (90 - 158) / (0,9 - 0,1) \approx - 85,0$;
- в растворе воды с ГВС – $J_{ОВП} = (141 - 147) / 0,8 \approx - 7,5$;
- в фильтрате раствора с дистиллятом – $J_{ОВП} = (140 - 160) / 0,8 \approx - 25,0$;
- в фильтрате раствора с водой ГВС – $J_{ОВП} = (125 - 139) / 0,8 \approx - 17,5$.

Таким образом, интенсивность снижения ОВП в растворах дистиллята оказалась выше, чем в растворах с водой ГВС.

В табл. 4 и 5 представлены опытно-расчетные данные параметра $b \cdot 10^{-2}$, с/см⁶, в формуле (4), по которым были сначала рассчитаны значения удельного сопротивления осадка $r \cdot 10^{10}$, см/г, по всем четырем сериям опытов с растворителем в виде дистиллята и воды ГВС (в статье не показано). Осредненные значения удельного сопротивления исследуемых осадков $r \cdot 10^{10}$, см/г, в зависимости от концентрации замутнителя C_n , г/дм³, и начальной влажности осадка W_n , %, приведены в табл. 7. Осредненные при уровне значимости $q = 0,05$ значения из табл. 4 и 5 представлены в табл. 6 и на рис. 6.

Анализ данных, приведенных в табл. 4–6 и на рис. 6, показал, что значения параметра b в формуле (4) росли прямо пропорционально увеличению начальной концентрации бенто-

Таблица 4

Опытно-расчётные данные параметра $b \cdot 10^{-2}$, с/см⁶, исследуемого осадка в формуле (4) для раствора с использованием дистиллированной воды

Концентрация замутнителя C_n , г/дм ³	Параметр b , с/см ⁶	Концентрация замутнителя C_n , г/дм ³	Параметр b , с/см ⁶
Первый опыт		Второй опыт	
0,05	0,0066	0,05	0,006
0,1	0,0032	0,1	0,0022
0,2	0,0146	0,2	0,0024
0,3	0,0064	0,3	0,0109
0,4	0,0301	0,4	0,019
0,5	0,0476	0,5	0,0256
0,6	0,0392	0,6	0,0427
0,7	0,0978	0,7	0,0195
0,8	0,0174	0,8	0,0933
0,9	0,0175	0,9	0,0233
Третий опыт		Четвертый опыт	
0,05	0,0012	0,05	0,002
0,1	0,0066	0,1	0,0104
0,2	0,0054	0,2	0,0141
0,3	0,0203	0,3	0,0174
0,4	0,0294	0,4	0,0281
0,5	0,0391	0,5	0,0209
0,6	0,053	0,6	0,0492
0,7	0,0472	0,7	0,0743
0,8	0,1503	0,8	0,0885
0,9	0,0522	0,9	0,1225

нитовой глины в растворе C_H . Причем прирост параметра b был существенно выше в растворе с использованием в качестве растворителя дистиллированной воды (см. рис. 6). Процесс

$b = f(C_H)$ хорошо аппроксимировался приведенными на рис. 6 уравнениями регрессии и характеризовался *сильной связью* между параметрами b и C_H по шкале Чеддока (см. табл. 3).

Таблица 5

Опытно-расчётные данные параметра $b \cdot 10^{-2}$, с/см⁶, исследуемого осадка в формуле (4) для раствора с использованием воды с ГВС

Концентрация замутнителя C_H , г/дм ³	Параметр b , с/см ⁶	Концентрация замутнителя C_H , г/дм ³	Параметр b , с/см ⁶
Первый опыт		Второй опыт	
0,05	0,0069	0,05	0,0031
0,1	0,0061	0,1	0,0051
0,2	0,0122	0,2	0,0105
0,3	0,0085	0,3	0,0087
0,4	0,0158	0,4	0,0052
0,5	0,0263	0,5	0,0073
0,6	0,028	0,6	0,0077
0,7	0,0161	0,7	0,009
0,8	0,0328	0,8	0,0181
0,9	0,0242	0,9	0,0145
Третий опыт		Четвертый опыт	
0,05	0,05	0,05	0,0032
0,1	0,1	0,1	0,0019
0,2	0,2	0,2	0,003
0,3	0,3	0,3	0,0088
0,4	0,4	0,4	0,0057
0,5	0,5	0,5	0,0063
0,6	0,6	0,6	0,0061
0,7	0,7	0,7	0,0073
0,8	0,8	0,8	0,0092
0,9	0,9	0,9	0,0086

Таблица 6

Осредненные опытнo-расчётные значения параметра $b \cdot 10^{-2}$, с/см⁶, в формуле (4) (при уровне значимости $q = 0,05$)

Концентрация замутнителя, г/дм ³	Значения параметра b в растворителе		Концентрация замутнителя, г/дм ³	Значения параметра b в растворителе	
	дистиллят	H ₂ O с ГВС		дистиллят	H ₂ O с ГВС
0,05	0,40 ± 0,50	0,40 ± 0,35	0,5	3,33 ± 2,26	1,19 ± 1,77
0,1	0,56 ± 0,68	0,42 ± 0,34	0,6	4,60 ± 1,14	1,29 ± 1,87
0,2	0,91 ± 1,13	0,71 ± 0,92	0,7	5,97 ± 0,623	1,06 ± 0,71
0,3	1,38 ± 1,15	0,92 ± 0,18	0,8	8,74 ± 10,02	1,76 ± 2,01
0,4	2,66 ± 0,95	0,95 ± 0,93	0,9	5,39 ± 8,87	1,50 ± 1,22

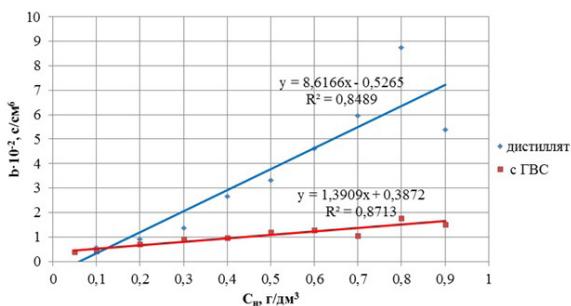


Рис. 6. Зависимости изменения осредненных значений параметра $b \cdot 10^2$ c/cm⁶, в формуле (4) от концентрации замутнителя и вида растворителя

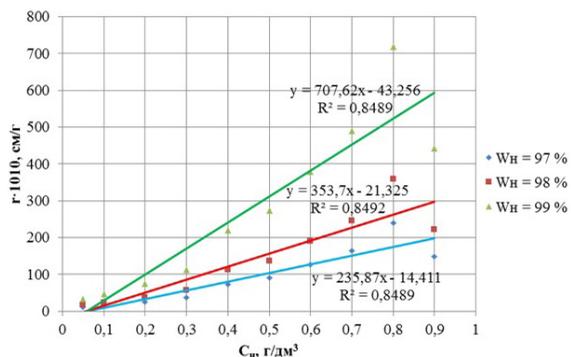


Рис. 7. Осредненная зависимость $\bar{r} = f(\bar{C}_n)$ в сериях опытов дистиллятом

Сравнительный анализ данных, представленных в табл. 7 и на рис. 7, 8, указывает на прямо пропорциональную линейную зависимость удельного сопротивления исследуемого осадка r как от концентрации замутнителя C_n , г/дм³, так и от начальной влажности осадка W_n , %, в обоих растворителях. Причем *интенсивность прироста* значения r (J) на единицу увеличения концентрации замутнителя C_n составляла, дм⁴/г²:

- растворитель – дистиллированная вода:
при $W = 97$ %: $J_{r97} = \Delta r / \Delta C_n \approx (200 - 32,5) / (0,9 - 0,1) \approx 209,4 \cdot 10^9$;
при $W = 98$ %: $J_{r98} = \Delta r / \Delta C_n \approx (300 - 16,2) / 0,8 \approx 354,8 \cdot 10^9$;

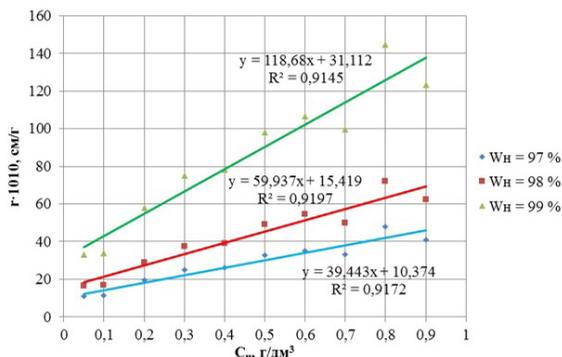


Рис. 8. Осредненная зависимость $\bar{r} = f(\bar{C}_n)$ в сериях опытов с водой из ГВС

Таблица 7

Значения удельного сопротивления исследуемых осадков $r \cdot 10^{10}$, см/г, в зависимости от концентрации замутнителя C_n , г/дм³, и начальной влажности осадка W_n , %, при уровне значимости $q = 0,05$

Концентрация замутнителя C_n , г/дм ³	Значения показателей $r \cdot 10^{10}$, см/г, для растворителей					
	дистиллят	H ₂ O с ГВС	дистиллят	H ₂ O с ГВС	дистиллят	H ₂ O с ГВС
	$W_n = 97$ %		$W_n = 98$ %		$W_n = 99$ %	
0,05	10,8±13,8	11,0±9,7	16,2±20,7	16,5±14,5	32,5±41,7	33,1±29,0
0,1	15,4±18,7	11,4±9,3	23,0±28,1	17,0±13,9	46,0±56,1	34,1±27,9
0,2	25,0±31,0	19,4±25,1	37,5±46,5	29,0±37,7	75,0±91,1	58,1±75,4
0,3	37,6±31,7	25,0±4,9	56,5±47,5	37,5±7,4	112,9±94,9	75,2±14,8
0,4	73,0±26,0	26,1±25,4	111,9±20,0	39,1±38,1	218,9±78,0	78,2±76,2
0,5	91,2±61,8	32,6±48,3	136,8±92,7	49,0±72,6	273,6±185,3	98,0±145,1
0,6	126,0±31,4	35,2±50,6	189,0±47,1	54,4±75,4	378,0±92,2	106,5±153,7
0,7	163,4±170,5	33,3±23,6	245,0±255,3	49,9±35,2	490,0±511,6	99,8±70,6
0,8	239,2±274,3	48,1±55,0	358,9±414,4	72,1±82,5	717,7±822,9	144,9±163,8
0,9	147,5±242,8	41,1±33,4	221,3±364,2	62,4±48,2	442,5±728,5	123,2±100,0

при $W = 99\%$: $J_{,99} = \Delta r / \Delta C_{\text{н}} \approx (600 - 13,8) / 0,8 \approx 732,8 \cdot 10^9$;

• растворитель – вода ГВС:

при $W = 97\%$: $J_{,97} = \Delta r / \Delta C_{\text{н}} \approx (45 - 11) / 0,8 \approx 42,5 \cdot 10^9$;

при $W = 98\%$: $J_{,98} = \Delta r / \Delta C_{\text{н}} \approx (68 - 16,5) / 0,8 \approx 64,0 \cdot 10^9$;

при $W = 99\%$: $J_{,99} = \Delta r / \Delta C_{\text{н}} \approx (140 - 33,1) / 0,8 \approx 133,6 \cdot 10^9$.

Было установлено, что интенсивность прироста удельного сопротивления осадка увеличивалась с ростом начальной влажности осадка как при использовании в качестве растворителя дистиллята (см. рис. 7), так и воды ГВС (см. рис. 8). Причем бльшие абсолютные значения величины наблюдались в растворах с дистиллированной водой.

Полученные коэффициенты парной корреляции R^2 указывают на *сильную* (для растворителя из дистиллята – см. рис. 7) и *очень сильную* силу связи по шкале Чеккода (для воды ГВС – см. рис. 8) между значениями удельного сопротивления осадка r , концентрации замутнителя $C_{\text{н}}$, начальной влажности осадка $W_{\text{н}}$ и вида растворителя. Приведённые уравнения регрессии (см. рис. 7, 8) позволяют описывать зависимости $r = f(C_{\text{н}})$ с достаточно высокой точностью в исследованном диапазоне изменения параметров.

Выводы. 1. Анализом значений полученных коэффициентов парной корреляции R^2 зависимости $rH = f(C_{\text{н}})$ была установлена *очень сильная* связь по шкале Чеккода (табл. 3) между значениями rH и $C_{\text{н}}$ в *растворе и фильтрате*, где в качестве растворителя использовался *дистиллят* (рис. 2) и *практическое отсутствие* или *слабая связь* между этими величинами в аналогичных опытах с водой ГВС (рис. 3). Интенсивность роста значения rH в растворах дистиллята оказалась несколько выше, чем в растворах с водой ГВС.

2. Показано, что в *растворах* с истиллированной водой величина ОВП уменьшалась интенсивнее, чем в *фильтратах* (рис. 4). При этом в *растворах* коэффициент парной корреляции $R^2 \approx 0,90$ имел практически *функциональную* силу связи, а в *фильтратах* этого же раствора зависимость между величинами ОВП $= f(C_{\text{н}})$ *практически отсутствовала* ($R^2 \approx 0,24$). В растворах, использующих в качестве растворителя воду ГВС (рис. 5), связь между величинами ОВП $= f(C_{\text{н}})$ по шкале Чеддока (табл. 3), *практически отсутствовала*, а в *фильтрате* этого же раствора становилась уже *заметной* ($R^2 \approx 0,66$). Абсолютные значения ОВП были несколько бльше в растворе бентонитовой глины с дистиллятом, чем в растворе с водой ГВС.

3. Доказано, что скорость водоотдачи осадка r увеличивалась с ростом начальной влажности осадка $W_{\text{н}}$ и концентрации замутнителя

$C_{\text{н}}$ в исследуемом растворе, причем темп водоотдачи был выше в пробах, где использовалась вода с ГВС в качестве растворителя. *Интенсивность прироста* значения r ($J_{,}$) на *единицу увеличения концентрации замутнителя* $C_{\text{н}}$ была в 5,0–5,5 раза выше в дистиллированной воде по сравнению с водой ГВС. Абсолютные величины удельного сопротивления осадка в пробах с использованием дистиллята были выше, чем в растворах с водой из ГВС.

4. Полученные уравнения регрессии практически функционально описывают процессы изменения удельного сопротивления осадка в зависимости от его исходной влажности, начальной концентрации замутнителя и солевого состава растворителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кичигин В.И., Землянова М.В., Вялкова Е.И. Исследование возможности использования СВЧ-излучения для обработки жидких коммунальных отходов // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №1. С.44–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.8.
2. Вялкова Е.И., Сидоренко О.В., Глущенко Е.С. Влияние пробиотических средств на качество очистки сточных вод предприятий молочной промышленности // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, №1. С. 47–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.7.
3. Стройматериалы из промышленных отходов / Т.Б. Арбузова, В.А. Шабанов, С.Ф. Коренькова, Н.Г. Чумаченко. Самара: Кн. изд-во, 1983. 96 с.
4. Арбузова Т.Б. Утилизация глиноземсодержащих осадков промстоков / под ред. Т.В. Кузнецовой; изд-во Саратовского университета, Самарский филиал. Самара, 1992. 136 с.
5. Коренькова С.Ф., Шеина Т.В. Основы и концепция утилизации химических осадков промстоков в строительной индустрии / Самарск. гос.арх.-строит. ун-т. Самара, 2004. 203 с.
6. Самарские коммунальные системы [Электронный ресурс]. URL: <https://samcomsys.ru/connecting/14885> (дата обращения: 23.01.2023).
7. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды. М.: Изд-во АСВ, 2003. 230 с.
8. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод / Самарск. гос. арх.-строит. ун-т. Самара, 2008. 204 с.
9. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: ЛКИ, 2007. 448 с.

REFERENCES

1. Kichigin V.I., Zemlyanova M.V., Vyalkova E.I. Study of the possibility of using microwave radiation for the treatment of liquid municipal waste. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban construction and architecture], 2018, V.8, pp. 44–49. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.8

2. Vialkova E.I., Sidorenko O.V., Glushchenko E.S. Influence of probiotic products on the quality of waste water treatment in dairy industries. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 47–55. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.7

3. Arbuzova T.B., Shabanov V.A., Korenkova S.F., Chumachenko N.G. *Strojmaterialy iz promyshlennykh othodov* [Building materials from industrial waste]. Samara, Ch. publishing house, 1983. 96 p.

4. Arbuzova T.B. *Utilizatsiya glinozemsoderzhashchikh osadkov promstokov* [Utilization of alumina-containing sediments of industrial effluents]. Samara, 1992. 136 p.

5. Koren'kova S.F., Sheina T.V. *Osnovy i koncepciya utilizatsii himicheskikh osadkov promstokov v strojindustrii* [Asics and concept of utilization of chemical sediments of industrial effluents in the construction industry]. Samara, 2004. 203 p.

6. Samara Utility Systems. Available at: <https://samcomsys.ru/connecting/14885> (accessed 23 January 2023).

7. Kichigin V.I. *Modelirovanie processov ochistki vody* [Modeling of water treatment processes]. Moscow, ASV Publishing House, 2003. 230 p.

8. Kichigin V.I., Palagin E.D. *Obrabotka i utilizatsiya osadkov prirodnykh i stochnykh vod* [Treatment and disposal of sediments of natural and wastewater]. Samara, 2008. 204 p.

9. Gnedenko B.V. *Kurs teorii veroyatnostej* [Probability Theory Course]. Moscow, LKI, 2007. 448 p.

Об авторах:

КИЧИГИН Виктор Иванович

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

KICHIGIN Viktor I.

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

ЮДИН Александр Александрович

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: alex.udin1996@mail.ru

IUDIN Aleksandr A.

Postgraduate Student of the Water Supply and
Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: alex.udin1996@mail.ru

Для цитирования: Кичигин В.И., Юдин А.А. Исследование зависимости удельного сопротивления осадка от его влажности и исходной концентрации бентонитового замутнителя // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 22–30. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.4.

For citation: Kichigin V.I., Yudin A.A. Investigation of the Dependence of Sediment Specific Resistance on its Humidity and Initial Concentration Bentonite Haddener. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 22–30. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.4.

Л. Л. НЕГОДА
Т. В. СУДАКОВА
Т. С. КУРМАЕВА

ОСОБЕННОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ РОЖДЕСТВЕНО САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

FEATURES OF DRINKING WATER IN THE RURAL SETTLEMENT OF ROZHDESTVENO, SAMARA REGION

Освещаются проблемы обеспечения качественной питьевой водой жителей сельского поселения Рождествено Самарской области. Изложены результаты анализа питьевой воды поселения по таким показателям, как общая жесткость, водородный показатель (рН), общее железо. Отмечено влияние избыточного содержания ионов кальция и железа на здоровье человека. Выполнен анализ различных форм существования железа в природных водах. В результате анализа химического состава воды установлено отсутствие водоподготовки для населения. Определено, что при нахождении на воздухе прозрачной артезианской воды появляется бурый осадок. В статье представлены мнения авторов о том, каким образом следует проводить работу по водоподготовке перед подачей воды в водопроводную сеть для обеспечения населения качественной питьевой водой.

Ключевые слова: водоподготовка, питьевая вода, жесткость воды, общее железо в воде, водородный показатель воды, водозаборные скважины, железобактерии

Обеспечение населения качественной питьевой водой относится к одной из основных потребностей человека и является залогом санитарно-гигиенического благополучия и предупреждения соматических и инфекционных заболеваний [1]. Качество питьевого водоснабжения в населенных пунктах определяется составом воды в водоисточниках и действующей системой водоснабжения. В соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями питьевая вода должна иметь благоприятные органолептические свойства, быть безвредной по химическому составу, безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении [2]. Однако качество воды, особенно поверхностных водоисточников, в большинстве регионов России продолжает оставаться неудовлетворительным [3].

В России для централизованного водоснабжения используют не только поверхностные

The article highlights the problems of providing high-quality drinking water to residents of the rural settlement of Rozhdestveno in the Samara region. The results of the analysis of drinking water of the specified population on such indicators as total hardness, hydrogen index (pH), total iron are presented. The influence of excessive content of calcium and iron ions on human health is noted. The analysis of various forms of the existence of iron in natural waters is carried out. As a result of the analysis of the chemical composition of the water, the absence of water treatment for the population was established. It is determined that when transparent artesian water is standing in the air, a brown precipitate appears. The article presents the authors' opinions on how work should be carried out to improve the quality of water treatment before supplying water to the water supply network for the population in order to reduce the negative impact of such water on human health.

Keywords: water treatment, drinking water, water hardness, total iron in water, water hydrogen index, water intake wells, iron bacteria

воды, но и подземные. Как правило, подземные воды по сравнению с поверхностными имеют лучшее качество и в основном отвечают требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление главного государственного санитарного врача РФ № 2 от 28.01.2021». В то же время они часто характеризуются высокой минерализацией и жесткостью, повышенным содержанием некоторых химических элементов, особенно железа. В большинстве случаев это обусловлено естественными (природными) причинами. По данным Государственной геологической службы, примерно 50 % подземных вод России содержат железо в концентрациях, во много раз превышающих ПДК (предельно допустимая концентрация). Применение таких вод для питьевых целей без предварительной очистки невозможно.

В последние годы состояние подземных вод заметно ухудшается также из-за техногенного загрязнения. В существенной мере это обусловлено тем, что многие водозаборы подземных вод характеризуются слабой защищенностью от техногенного воздействия [4]. Например, в пределах территории России уже в 1997 г. было учтено около 1000 участков загрязнения подземных вод [5].

Безусловно, обеспечение населения качественной питьевой водой, получаемой из подземных источников, является для многих регионов России одной из приоритетных проблем. Необходимость обработки подземных вод имеет большое значение, так как Концепция федеральной целевой программы «Обеспечение населения России питьевой водой» уже в 2010 г. предполагала расширение их использования для питьевого водоснабжения. Изучение санитарно-эпидемиологического состояния водисточников и питьевой воды входит в число общемировых экологических приоритетов. Обусловлено это тем, что питьевая вода является важнейшей частью нормальной жизнедеятельности человека. Химическое загрязнение питьевой воды влияет на развитие хронических заболеваний, например на возникновение новообразований, нарушения со стороны нервной системы, желудочно-кишечного тракта [1].

Сельское поселение Рождествено расположено в северо-западной части муниципального района Волжский, вдоль береговой линии Саратовского водохранилища на правом берегу р. Волги и занимает восточную часть Национального парка «Самарская Лука» (рис. 1).

Территория сельского поселения располагается в непосредственной близости к территории г. Самары, но отделена от нее водами Саратовского водохранилища. Площадь Рождествено составляет 42200 га.

Самарская Лука – территория с выраженной тектонической нарушенностью, где древние коренные породы выходят на поверхность или залегают близко к ней и сильно трещиноваты, что является причиной интенсивного водообмена. Поэтому условия формирования подземных вод (питание, циркуляция, разгрузка) здесь благоприятны. Однако подземные воды неэффективно вовлекаются в эксплуатацию, так как отличаются высокой минерализацией и химическим составом, ограничивающим питьевое водоснабжение. Но для водоснабжения сельских населенных пунктов и сельскохозяйственного производства они используются. Наибольшие и лучшие по качеству запасы пресных подземных вод с перспективой расширения их использования размещаются в границах Самарской Луки.

Схема наружного водоснабжения и канализации поселения Рождествено разработана в 2013 г. на срок до 2023 г. ЭСКО «Энергокомплекс» [6]. Основанием для разработки схемы послужило требование Федерального Закона «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 г №416-ФЗ. Данная схема разрабатывалась для достижения ряда целей, одной из основополагающих является обеспечение безопасности и надежности водоснабжения потребителей в соответствии с требованиями технических регламентов. Источники водо-



Рис. 1. Карта Национального парка «Самарская Лука»

снабжения были представлены при изучении гидрографии поселения.

В связи с вышесказанным вопрос о снабжении с. п. Рождествено качественной питьевой водой актуален. По словам местных жителей, из-за высокого содержания железа и солей жесткости воду практически невозможно пить, кроме того, регулярно выходит из строя бытовая техника.

В последние годы чистую воду уже подают в села Большечерниговского, Сергиевского, Кошкинского и других районов Самарской области. Работы выполняют в рамках реализации федеральной программы «Чистая вода» национального проекта «Жилье и городская среда», инициированных Президентом страны.

Материалы и методы. Для реализации поставленной цели был проведен анализ качества питьевой воды как централизованного, так и нецентрализованного (скважинная вода) водоснабжения по ряду санитарно-химических показателей: жесткость, рН, железо общее. Отбор проб проводили в домах с. п. Рождествено в соответствии с ГОСТ Р 5237-2014 «Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах». Качество питьевой воды оценивали в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21.

Содержание общего железа определяли по ГОСТ 4011-72 «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. Контроль качества воды». Метод основан на взаимодействии ионов железа в щелочной среде с сульфосалициловой кислотой с образованием окрашенного в желтый цвет комплексного соединения. Интенсивность окраски, пропорциональную массовой концентрации железа, измеряли на фотоколориметре КФК-2 при длине волны 400 нм (светофильтр № 3), использовали кювету 20 мм. Концентрацию железа рассчитывали по градуировочному графику.

Жесткость воды определяли комплекснометрическим методом по ГОСТ 31954-2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости». Метод основан на образовании комплекс-

ного соединения трилона Б с ионами Ca^{2+} при рН = 10. Титровали пробу воды раствором трилона Б в присутствии индикатора – эриохром черный Т. Точность метода – 0,15 °Ж.

Величину рН измеряли в соответствии с ФР 1.3.1.2018.30110 «Количественный химический анализ вод. Методика измерений рН проб вод потенциометрическим методом» с использованием рН-метра рН-150МИ.

Определяемые показатели качества питьевой воды приведены в табл. 1.

Результаты и их обсуждение. Водоснабжение сельского поселения Рождествено ранее осуществлялось и осуществляется из артезианских скважин. Степень износа систем водоснабжения в целом по району на момент разработки схемы водоснабжения составляла 80 % [6]. В большинстве случаев системы водоснабжения строились хозспособом, без проектов. Автоматизация работы водозаборных и водопроводных сооружений в большинстве случаев отсутствовала.

Запасы подземных вод Рождествено достаточны для полного обеспечения населения водой, но в настоящее время используются скважины, введенные в эксплуатацию несколько лет назад с водой далеко не лучшего качества. Источником хозяйственно-бытового и производственного водоснабжения с. п. Рождествено являются подземные воды, забираемые с помощью двух водозаборных скважин, расположенных в разных районах села. Первая скважина располагалась на ул. Пионерской (западная часть села). Вторая скважина находилась на ул. Западной (также западная часть села). Вода из скважины поднимается электрическим насосом и направляется в башню Рожновского [6] (рис. 2), а затем в водопроводную сеть села. Режим работы скважин круглосуточный. От первой скважины была запитана одна часть села, от второй – вторая часть села. Эксплуатируемые подземные воды характеризуются повышенной жесткостью, минерализацией. Водопотребление с.п. Рождествено по данным МУП «Волжсксельхозэнерго» составляло порядка

Таблица 1

Оцениваемые санитарно-химические показатели и документы, устанавливающие правила и методы исследования и оценки качества воды

Определяемый показатель	Единица измерения	ПДК	Документ, устанавливающий правила и методы измерений
Водородный показатель	ед. рН	6–9	ФР 1.31.2018.30110
Жесткость общая	° Ж	7,0	ГОСТ 31954-2012
Железо (суммарно)	мг/дм ³	0,3	ГОСТ 4011-72

35717,38 м³/год. Как показала практика и общение с жителями села, не во всех домах имеется централизованное водоснабжение. Некоторые жители (преимущественно те, кто не живет постоянно в селе, а имеет там дачу) используют колодцы или собственные скважины.



Рис. 2. Водонапорная башня Рожновского

В целом санитарно-эпидемиологические условия водозаборных скважин можно оценить как удовлетворительные, что подтверждается относительно благополучным опытом эксплуатации данных сооружений в течение более чем 20-30 лет. Наиболее принципиальными с точки зрения охраны окружающей природной среды по рассматриваемым водозаборам являются следующие проблемы:

- защита подземных вод от загрязнения;
- защита эксплуатируемого водоносного комплекса от истощения;
- недопущение на окружающей территории активизации эрозионных и других процессов и явлений;
- вода, поступающая по системе централизованного водоснабжения, не нормативного качества.

Таким образом, для питьевого водоснабжения села Рождествено используется вода из

подземных скважин, подаваемая централизованно по водопроводу в часть домов поселения. В другой части домов используется вода из скважин или колодцев, оборудованных непосредственно на территории двора. Результаты определения водородного показателя, жесткости и содержания общего железа в воде централизованного водоснабжения с. п. Рождествено и скважинной воде представлены в табл. 2.

Качество воды как по общей жесткости и железу, так и по водородному показателю не соответствует нормам СанПиН 1.2.3685-21. Нижняя граница ПДК рН равна 6 единицам рН, а в исследованной воде только три пробы централизованного водоснабжения и только две пробы в скважинной воде удовлетворяют этому требованию. В остальных пробах рН немного меньше 6. Таким образом, используемая в качестве питьевой вода имеет слабокислую среду, обусловленную содержанием в ней гидрокарбонатов и отсутствием карбонатов. В основном пробы воды, отобранные на одной улице, не сильно различаются по величине рН. Также пробы водопроводной и скважинной воды имеют сходные значения водородного показателя.

Жесткость в воде централизованного снабжения превышает норму в 1,2–1,4 раза, в воде из скважин – в 1,5–4,7 раза. В целом пробы как водопроводной воды, так и скважинной не сильно различаются по жесткости, исключение составляет только одна проба (Садовая, 6). Также не велико различие по этому показателю между водопроводной и скважинной водой. Вероятно, некоторая водоподготовка перед подачей воды в сеть присутствует, но необходимый норматив качества не достигается.

В ранних исследованиях питьевой воды г. Самары превышение норматива по жесткости отмечалось и в других районах города с подземными водоисточниками питьевого назначения [7]. Например, в 2018-2019 гг. превышение норматива жесткости в воде, отобранной в пос. Красная Глинка, составило в среднем 3,4 °Ж (в 1,5 раза), в Южном городе – 9,5 °Ж (в 2,4 раза), в Куйбышевском районе – 10,1 °Ж (в 2,4 раза). В других районах осуществляется централизованное снабжение питьевой водой от предприятий, осуществляющих водоподготовку. И в них жесткость воды варьировала от 3,8 до 4,8 °Ж. Вероятнее всего, повышенная жесткость – характерная черта подземных вод на территории бассейна р. Волги, в том числе и на Самарской Луке.

Кальций – основной компонент солей жесткости. Он, конечно, является необходимым элементом для нормальной жизнедеятельности организма человека. В частности, входит в состав минерального матрикса кости, выступа-

Таблица 2

Результаты химического анализа воды, поступающей
по системе централизованного водоснабжения*

№ п/п	Место отбора пробы	Жесткость общая Ж _{общ} , °Ж	Водородный показатель рН	Железо общее Fe _{общ} , мг/л
Вода централизованного водоснабжения				
1	Садовая, 1	9,2 ± 1,4	5,85 ± 0,2	1,18 ± 0,02
2	Садовая, 2	8,5 ± 1,3	6,16 ± 0,2	0,57 ± 0,01
3	Садовая, 3	8,8 ± 1,3	5,86 ± 0,2	0,25 ± 0,01
4	Садовая, 4	8,8 ± 1,3	5,83 ± 0,2	0,30 ± 0,01
5	Садовая, 5	8,6 ± 1,3	5,75 ± 0,2	0,35 ± 0,01
6	Полевая, 1	10,0 ± 1,5	5,85 ± 0,2	0,81 ± 0,01
7	Полевая, 2	8,8 ± 1,3	5,62 ± 0,2	0,22 ± 0,01
8	Полевая, 3	9,0 ± 1,3	5,83 ± 0,2	0,91 ± 0,02
9	Полевая, 4	8,6 ± 1,3	5,81 ± 0,2	0,52 ± 0,01
10	Полевая, 5	8,2 ± 1,2	5,87 ± 0,2	0,41 ± 0,01
11	Полевая, 6	8,8 ± 1,3	5,96 ± 0,2	0,66 ± 0,01
12	Крестьянская, 1	8,6 ± 1,3	6,28 ± 0,2	0,81 ± 0,01
13	Крестьянская, 2	8,6 ± 1,3	5,74 ± 0,2	0,37 ± 0,01
14	Фрунзе, 1	8,4 ± 1,3	5,88 ± 0,2	0,35 ± 0,01
15	Советская, 1	8,2 ± 1,2	6,21 ± 0,2	0,43 ± 0,01
16	Советская, 2	8,4 ± 1,3	5,92 ± 0,2	3,04 ± 0,03
Вода из артезианских скважин				
17	Садовая, 6	33,0 ± 4,6	5,90 ± 0,2	0,85 ± 0,01
18	Садовая, 7	11,6 ± 1,7	5,75 ± 0,2	0,35 ± 0,01
19	Садовая, 8	10,4 ± 1,6	5,91 ± 0,2	0,20 ± 0,01
19	Полевая, 7	16,4 ± 2,5	5,69 ± 0,2	0,25 ± 0,01
20	Луговая, 1	12,0 ± 1,8	6,2 ± 0,2	0,15 ± 0,01
21	Островского, 1	12,4 ± 1,9	6,25 ± 0,2	0,25 ± 0,01

*Результаты представлены с учетом погрешности измерения.

ет регулятором нервной системы, участвует в мышечном сокращении. Дефицит кальция приводит к деминерализации позвоночника, костей таза и нижних конечностей, повышает риск развития остеопороза. Уточненная физиологическая потребность кальция для взрослых – 1000 мг/сут, для лиц старше 60 лет – 1200 мг/сут. Верхний допустимый уровень потребления – 2500 мг/сут [8]. Но постоянное употребление воды с жесткостью, превышающей установленную норму 7 °Ж, приводит к негативным последствиям. При взаимодействии с мылом образуются «мыльные шлаки», которые не смываются с кожи, разрушают естественную жировую пленку, защищающую от старения и неблагоприятных климатических факторов, забивают поры, образуют на волосах

микроскопическую корку, тем самым вызывая сыпь, зуд, сухость, перхоть, шелушение. Кожа не только преждевременно стареет, но и становится чувствительной к раздражениям и расположенной к аллергическим реакциям. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства питьевой воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения. Соли кальция и магния, соединяясь с животными белками, которые мы получаем из еды, оседают на стенках пищевода, желудка, кишечника, осложняют их перистальтику (сокращение), вызывают дисбактериоз, нарушают работу ферментов и в конечном итоге отравляют организм. Постоянное употребление воды с повышенной жесткостью приводит к снижению моторики желудка и накоплению

солей в организме. Кроме того, жесткая вода нежелательна для мытья посуды и стирки – посуда тускнеет, а ткани быстро изнашиваются. Огромный вред наносится бытовой технике: бойлерам, стиральным и посудомоечным машинам, электрочайникам и кофеваркам. Соли кальция и магния, осаждаясь на нагревательных элементах, образуют твердые известковые отложения (накипь) и довольно скоро выводят оборудование из строя.

Из 16 исследованных проб воды централизованного снабжения только три пробы имеют необходимый норматив качества по содержанию железа. В остальных пробах превышение составляет от 1,2 до 10 раз. Причем пробы достаточно различаются по концентрации железа. В скважинной воде только в одной пробе (Садовая, 6) выявлено существенное превышение содержания железа, еще в одной – небольшая, в остальных в пределах нормы. Учитывая, что для централизованного водоснабжения вода поступает из одной скважины на территории с. п. Рождествено, приходится признать, что высокое содержание железа в этой воде в большей степени является результатом загрязнения из-за изношенности и коррозии водовода.

Железо, безусловно, важный элемент в организме человека и животных. Является незаменимой частью гемоглобина и миоглобина, входит в состав цитохромов, каталазы и пероксидазы. Участвует в транспорте электронов, кислорода, обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций и активацию перекисного окисления. Железо в зависимости от валентности оказывает как антиоксидантное, так и прооксидантное действие. Недостаточное потребление железа ведет к гипохромной анемии, миоглобиндефицитной атонии скелетных мышц, повышенной утомляемости, миокардиопатии, атрофическому гастриту. Физиологическая потребность для взрослых – 10 мг/сут для мужчин и 18 мг/сут для женщин.

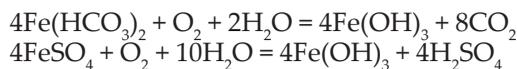
Согласно СанПиН 1.2.3685-21, содержание общего железа в питьевой воде должно быть не более 0,3 мг/л. Длительное употребление воды с повышенным содержанием железа отрицательно воздействует на состояние кожных покровов человека, печени, почек и пищеварительной системы, а также может привести к различным заболеваниям. Порог токсичности железа для человека составляет 200 мг/сут. Летальная доза для человека – 7–35 г. Загрязненные воды, содержащие значительные количества соединений железа, вредны не только для человека, но и для других живых организмов, а также для техники: железобактерии питаются железом, разъедая его, что приводит к снижению эффективности работы систем теплоснаб-

жения и водоснабжения. Сами по себе эти бактерии для человека не представляют опасности, однако продукты их жизнедеятельности канцерогенны. Уже при концентрациях железа выше 0,3 мг/л водопроводная вода вызывает появление ржавых потеков на санитарно-техническом оборудовании. При содержании железа выше 1 мг/л вода становится мутной, окрашивается в желто-бурый цвет, у нее ощущается металлический привкус. Железо, оседающее в распределительной системе, постепенно снижает ток воды, что отмечают многие жители сельского поселения Рождествено.

Обогащение подземных вод железом происходит вследствие выщелачивания и растворения железистых минералов и пород под действием углекислоты и органических кислот, которые содержатся в слабокислых почвенных водах. В питьевой воде железо может присутствовать как вследствие использования на станциях очистки воды железосодержащих коагулянтов-осветлителей, так и коррозии водопроводных труб [9]. Уровень содержания железа в питьевых водах может заметно увеличиваться в результате коррозионных и иных процессов, протекающих уже непосредственно в водораспределительных системах. Наивысшие количества железа в колодезных водах также могут быть обусловлены коррозией насосов.

Формы существования железа в природных водах весьма разнообразны: взвешенное, коллоидное, свободные ионы, гидросокомплексы, комплексы с неорганическими и органическими лигандами [10].

Подземные воды обычно характеризуются окислительным потенциалом, близким к 0, и значениями рН < 7. В таких условиях железо присутствует в воде преимущественно в растворимых формах. Растворимые формы железа представлены в основном гидратированными ионами (главным образом гидрокарбонатами) и солями, содержащими Fe^{2+} и Fe^{3+} , которые в свою очередь делятся на минеральные (силикаты, фосфаты, сульфаты и т. д.) и органические (сложные соединения с гуминовым, фульво- и таниновыми кислотами). Считается, что в подземных водах преобладающей формой существования двухвалентного железа является его гидрокарбонат, который устойчив только при отсутствии растворенного кислорода [10]. Реже встречаются сульфиды, карбонаты и сульфаты двухвалентного железа. Содержание солей железа обычно не превышает 1 мг/л, но может достигать нескольких десятков [11]. При контакте подземных железосодержащих вод с воздухом происходит окисление железа (II) и гидролиз его продуктов с образованием гидроксида железа (III), например:



Это явление объясняет образование бурого осадка при нахождении на воздухе прозрачной артезианской воды, отмечается жителями с. п. Рождествено. Для воды централизованного снабжения также было замечено образование осадка при отстаивании воды.

Особая роль в окислении железа принадлежит железобактериям. Это особая группа микроорганизмов, обладающих способностью активировать окисление двухвалентного железа и использовать освободившуюся при этом энергию в своих жизненных процессах. На рост, развитие и деятельность железобактерий влияет множество факторов – это pH, температура, состав водной среды. Для активности железобактерий необходим интервал значений pH 5,5–7,5 (как раз такое значение pH было определено в исследованных пробах воды), концентрация растворенного O_2 менее 1 мг/л, окислительно-восстановительный потенциал воды менее 100 мВ, температура 10–25 °С. Биологические процессы окисления железа будут протекать менее эффективно при присутствии в воде хлора в значительных концентрациях. В условиях эксплуатации централизованного водопровода и скважин имеется подходящая среда для развития железобактерий.

Таким образом, железо является элементом, значительно осложняющим решение проблем водоснабжения во многих регионах мира.

В настоящее время на российском рынке предлагается достаточно широкий спектр различных технологий и разнообразного оборудования для обезжелезивания подземных вод.

Традиционный подход к извлечению из подземных вод растворенного иона железа (II) реализуется в две стадии:

1) окисление иона железа (II) до иона железа (III) (простое аэрирование воды в качестве стадии обработки оказывается достаточным);

2) извлечение нерастворимого в воде иона железа (III) в виде осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (в качестве второй стадии используют фильтрование через песок).

Процесс извлечения железа происходит и биологическим путем. Подземные воды с содержанием железа представляют собой специфическую среду обитания железобактерий (ферробактерий). В процессе их жизнедеятельности происходит деферризация, т. е. окислительное действие на ион железа (II) с переводом его в ион железа (III) (нерастворимую форму). Способы биодеферризации подземных вод разрабатываются в России давно [12].

В упомянутой ранее схеме [6] внешнего водоснабжения с. п. Рождествено установка обезжелезивания воды была предусмотрена. Строительство новой системы водоснабжения в поселении было проведено в 2014 г. [13], и в ноябре жители уже централизованно получают питьевую воду. При этом были смонтированы новые водонапорные башни Рождественского, уложены трубопроводы, пробурены новые скважины, смонтировано более 100 водоразборных колонок и более 200 водопроводных колодцев. Но с тех пор прошло почти 10 лет, и на сегодняшний день все водоразборные колонки на улицах демонтированы.

Вывод. Анализ результатов химического состава воды показал отсутствие полноценной водоподготовки перед подачей воды в водопроводную сеть для населения. Если избыточная жесткость подземной воды хоть как-то удаляется, но, к сожалению, не до санитарной нормы 7 °Ж, то по содержанию железа дело обстоит совсем плохо. Либо обезжелезивание воды не производится, либо водопровод настолько сильно изношен, что вода загрязняется железом при транспортировке потребителю. Кроме того, качество питьевой воды централизованного водоснабжения и индивидуальных скважин в селе никто не контролирует. Поэтому своевременная и, главное, эффективная водоподготовка, а также обработка осадка железосодержащих подземных вод, образующегося в ходе водоподготовки, является актуальной природоохранной и хозяйственно-технической проблемой сельского поселения Рождествено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды / Т.К. Валеев, Р.А. Сулейманов, О.А. Орлов, З.Б. Бактыбаева, Н.Р. Рахматуллин // Здоровье населения и среда обитания. 2016. Т. 282, № 9. С. 17–19.
2. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения // Вода, химия и экология. 2012. № 3. С. 48–53.
3. Малкова М.А., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Оценка канцерогенного риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды водозаборов поверхностного и инфильтрационного типов // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. Т. 73, № 1. С. 59–64.
4. Алексеев В.С. Современные экологические проблемы проектирования и эксплуатации водозаборов подземных вод // Сооружение и эксплуатация водозаборов подземных вод. М., 1991. С. 79–84.
5. Жуков Н.Н., Кожин И.В., Драгинский В.Л. Актуальные задачи в области обеспечения населения

России питьевой водой // Современные технологии и оборудование для обработки воды на водоочистных станциях. М.: НИИКВОВ, 1997. С. 3–12.

6. Схема наружного водоснабжения и канализации сельского поселения Рождествено муниципального района Волжский Самарской области // Отчет ООО «ЭнергоСервисная Компания» «ЭНЕРГОКОМПЛЕКС». 2013. 153 с.

7. К вопросу о качестве питьевого водоснабжения в городском округе Самара / О.В. Сазонова, Т.К. Рязанова, Д.С. Тупикова, Т.В. Судакова, Л.Н. Вистяк, Н.М. Торопова, И.В. Соколова // Самарский научный вестник. Самара: изд. СГСПУ, 2020. Т. 9, № 3. С. 113–121.

8. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

9. Алыкова Т.В. Химический мониторинг объектов окружающей среды: монография. Астрахань: изд-во Астрах. гос. пед. ун-та, 2002. 210 с.

10. Крайнов С.Р., Швеиц В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра. 1987. 237 с.

11. Проблема воды / Г.Г. Крушенко, Д.Р. Сабирова, С.А. Петров, Ю.А. Талдыкин // Вода и экология. Проблемы и решения. 2000. № 3. 28 с.

12. Седлухо Ю.П., Софинская О.С. Биологический метод очистки подземных вод от железа // Вода и экология: проблемы и решения. 2001. № 1. С. 13–21.

13. Строительство системы водоснабжения в сельском поселении Рождествено муниципального района Волжский Самарской области [Электронный ресурс]. URL: https://sssm63.ru/Vypolnennye_raboty/art22.html (дата обращения: 16.10.2022).

REFERENCES

1. Valeev T.K., Suleimanov R.A., Orlov O.A., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullin N.R. Assessment of public health risk associated with drinking water quality. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija* [Population health and habitat], 2016, vol.282, no.9, pp. 17–19. (in Russian)

2. Ivanov A.V., Tafeeva E.A., Davletova N.H. Current perceptions of the impact of drinking water quality on public health. *Voda, himija i jekologija* [Water, Chemistry and Ecology], 2012, no.3, pp.48–53. (in Russian)

3. Malkova M.A., Vozhdaeva M.Yu., Kantor E.A. Assessment of carcinogenic risk to public health related to drinking water quality of surface and infiltration water intakes. *Voda i jekologija: problemy i reshenija* [Water and Ecology: Challenges and Solutions], 2018, vol.73, no.1, pp. 59–64. (in Russian)

4. Alekseev V.S. Modern environmental problems of the design and operation of groundwater intakes. *Sooruzhenie i jekspluatacija vodozaborov podzemnyh vod* [Construction and operation of groundwater water intakes], 1991, pp. 79–84. (in Russian)

5. Zhukov N.N., Kozhinov I.V., Draginsky V.L. Actual tasks in the field of providing the Russian population with drinking water. *Sovremennye tehnologii i oborudovanie dlja obrabotki vody na vodoochistnyh stancijah* [Modern technologies and equipment for water treatment at water treatment plants], 1997, pp. 3–12. (in Russian)

6. Scheme of external water supply and sewerage of the rural settlement Rozhdestveno of the Volzhsky municipal district of the Samara region. *Otchet ООО «JenergoServisnaja Kompanija» «JeNERGOKOMPLEKS»* [Report EnergoService Company LLC ENERGOCOMPLEX], 2013, P. 153. (in Russian)

7. Sazonova O.V., Ryzanova T.K., Tupikova D.S., Sudakova T.V., Vistyak L.N., Toropova N.M., Sokolova I.V. On the issue of the quality of drinking water supply in the Samara urban district. *Samarskij nauchnyj vestnik* [Samara Scientific Bulletin], Samara, 2020, vol.9, no.3, pp.113–121. (in Russian)

8. Norms of physiological requirements for energy and food substances for various groups of the population of the Russian Federation. *Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora* [Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor]. Moscow, 2009. 36 p. (in Russian)

9. Alykova T.V. *Himicheskij monitoring ob'ektov okruzhajushhej sredy* [Chemical monitoring of environmental facilities]. Astrakhan, Astrakhan State Pedagogical University, 2002. 210 p.

10. Krainov S.R., Shvets V.M. *Geohimija podzemnyh vod hozjajstvenno-pit'evogo naznachenija* [Geochemistry of ground waters for domestic and drinking purposes]. Moscow, Nedra, 1987. 237 p.

11. Krushenko G.G., Sabirova D.R., Petrov S.A., Taldykin Yu.A. *Water problem. Voda i jekologija. Problemy i reshenija* [Water and ecology. Problems and solutions], 2000, no.3, P. 28. (in Russian)

12. Sedluho, Yu.P., Sofinskaya, O.S. Biological Method of Groundwater Purification from Iron. *Water problem. Voda i jekologija. Problemy i reshenija* [Water and ecology. Problems and solutions], 2001, no.1, pp. 13–21. (in Russian)

13. *Construction of a water supply system in the rural settlement of Rozhdestveno, Volzhsky municipal district, Samara region*. Available at: https://sssm63.ru/Vypolnennye_raboty/art22.html (accessed 16 October 2022).

Об авторах:

НЕГОДА Лариса Леонидовна

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

NEGODA Larisa L.

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

СУДАКОВА Татьяна Викторовна

кандидат химических наук, доцент кафедры общей и неорганической химии
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: margo_a69@mail.ru

SUDAKOVA Tatyana V.

PhD in Chemical Science, Associate Professor of the General and Inorganic Chemistry Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: margo_a69@mail.ru

КУРМАЕВА Татьяна Сергеевна

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

KURMAYEVA Tatyana S.

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

Для цитирования: Негода Л.Л., Судакова Т.В., Курмаева Т.С. Особенности питьевой воды сельского поселения Рождествено Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 31–39. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.5.

For citation: Negoda L.P., Sudakova T.V., Kurmayeva T.S. Features of Drinking Water in the Rural Settlement of Rozhdestveno, Samara Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 31–39. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.5.

А. К. СТРЕЛКОВ
С. В. СТЕПАНОВ
К. М. МОРОЗОВА
А. О. БАЗАРОВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОБНЫХ ТЕРМОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

RESULTS OF THE APPLICATION OF AEROBIC THERMOPHILIC MICROORGANISMS FOR WASTEWATER PURIFICATION OF THE OIL EXTRACTION INDUSTRY

Проведены эксперименты в лабораторном реакторе периодического действия на сточных водах ООО «БоМЭЗ» с. Богатое с применением биопрепарата в аэробных условиях. Средняя эффективность очистки органических веществ по ХПК при применении биопрепарата № 4 составила: 1-й режим – 62 %, 2-й режим – 73 %. При применении биопрепарата № 5: 1-й режим – 61 %, 2-й режим – 74 %. Биоценоз при температуре от 35 до 55 °С был представлен низшими одноклеточными грибами, иммобилизованными на загрузке, при меньшей температуре – имел место симбиоз бактериального активного ила и одноклеточных низших грибов. При проведении эксперимента на пилотной установке на сточных водах АО «Самараагропромпереработка» п.г.т. Безенчук, при различных режимах работы предприятия, были получены значения кинетических констант биологической очистки сточных вод маслоэкстракционного производства. Максимальная скорость окисления (V_{max}) органических загрязнений по ХПК составила 500 мг/(л·ч), K_m – 553 мг/л, S_i – 52 мг/л; по БПК₅ – V_{max} – 333 мг/(л·ч), K_m – 217 мг/л; для жиров V_{max} – 55 мг/(л·ч), K_m – 51 мг/л; среднее значение температурной константы χ для всех загрязнений – 0,048 °С⁻¹. Разработана технологическая схема и методика расчета сооружений биологической очистки сточных вод предприятий маслоэкстракционного производства с применением аэробных термофильных микроорганизмов. Произведено технико-экономическое обоснование применения аэробных термофильных микроорганизмов для очистки сточных вод маслоэкстракционного производства, себестоимость составила 25,68 руб./м³.

Ключевые слова: биологическая очистка, аэробные термофильные микроорганизмы, маслоэкстракционное производство

Сточные воды маслоэкстракционных заводов характеризуются значительными концентрациями загрязнений (до 4800 мг/л по ХПК) и высокой температурой (до 55 °С). На данный

момент очистка данной категории сточных вод осуществляется с охлаждением стоков разбавлением, что является экономически нецелесообразным.

Experiments were carried out in a laboratory batch reactor on the wastewater of LLC "BoMEZ" p. Rich with the use of a biological product under aerobic conditions. The average efficiency of purification of organic substances by COD when using biological product No. 4 was: 1st mode – 62%, 2nd mode – 73%. When using biological product No. 5: 1st mode – 61%, 2nd mode – 74%. Biocenosis at a temperature of 35 to 55 °C was represented by lower unicellular fungi immobilized on the load, at a lower temperature there was a symbiosis of bacterial activated sludge and unicellular lower fungi. When conducting an experiment on a pilot plant on the wastewater of JSC "Samaraagroprompererabotka" p.g.t. Bezenchuk, under various operating modes of the enterprise, the values of kinetic constants and coefficients of biological wastewater treatment of oil extraction production were obtained. The maximum rate of oxidation (V_{max}) of organic pollutants according to COD was 500 mg/(l·h), K_m – 553 mg/l, S_i – 52 mg/l; according to BOD₅ – V_{max} – 333 mg / (l·h), K_m – 217 mg / l; for fats V_{max} – 55 mg / (l·h), K_m – 51 mg / l; the average value of the temperature constant χ for all pollution is 0.048 °C⁻¹. Technological scheme and methodology for calculation of facilities for biological wastewater treatment of oil extraction enterprises with the use of aerobic thermophilic microorganisms has been developed. A feasibility study was carried out for the use of aerobic thermophilic microorganisms for wastewater treatment of oil extraction production, the cost was 25.68 rubles/m³.

Keywords: Key biological treatment, aerobic thermophilic microorganisms, oil extraction production

moment purification of this category of wastewater is carried out with cooling of effluents by dilution, which is economically unreasonable.

Поэтому для эксперимента в аэробных условиях был выбран биоценоз микроорганизмов в составе биопрепаратов «Русский богатырь» с рабочим диапазоном температур от 5 до 55 °С (по данным производителя).

Эксперимент был проведен в лабораторном реакторе периодического действия (SBR) на сточных водах ООО «БоМЭЗ» с. Богатое при температуре сточных вод 23–25 °С и концентрации растворенного кислорода в реакторе 5–7 мг/л. Первый режим – время пребывания 4,79 сут, расход 1 л/сут; второй режим – 3,21 сут, расход 1,5 л/сут. Концентрация органических загрязнений исходной воды по ХПК в течение эксперимента изменялась от 498 до 440 мг/л. На первом режиме работы установки ХПК очищенной воды составляла в среднем для биопрепарата № 4 – 177 мг/л и для биопрепарата № 5 – 189 мг/л. На втором режиме в среднем получено ХПК очищенной воды для биопрепарата № 4 – 117 мг/л и для биопрепарата № 5 – 113 мг/л (рис. 1).

Средняя эффективность очистки органических веществ по ХПК при применении биопрепарата № 4 составила: 1-й режим – 64 %, 2-й режим – 73 %. При применении биопрепарата № 5: 1-й режим – 61 %, 2-й режим – 74 %. Эффективность очистки по жирам составила 100 % при концентрации жира в исходной сточной воде 14 мг/л.

На рис. 2 и 3 показано, что микроорганизмы в составе биопрепаратов хорошо закрепляются на загрузке.

Было проведено микроскопирование при 25 °С, которое подтвердило прирост иммобилизованной чистой культуры и развитие бактериального активного ила при использовании биопрепарата «Русский богатырь № 4» (рис. 4) и «Русский богатырь № 5» (рис. 5), однако бактериальный ил последнего был скудным.

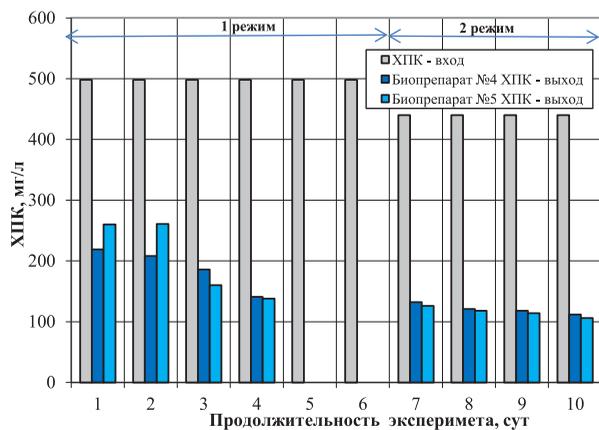


Рис. 1. Динамика изменения концентрации органических веществ по ХПК в лабораторном SBR

В конце лабораторного эксперимента был рассчитан прирост биомассы в SBR. Прирост общей биомассы в реакторе при введении биопрепарата «Русский Богатырь № 4» за 10 дней составил в среднем 0,24 г/л, что подтвердило перспективность его применения для биологической очистки. При использовании биопрепарата «Русский Богатырь №5», напротив, наблюдалось снижение общей биомассы, что коррелирует с фото на рис. 2 и 3.

При повышении температуры сточных вод до 45 °С в биореакторе с биокультурой «Русский Богатырь № 4» наблюдалось отсутствие бактериального ила и активный рост иммобилизованной биокультуры, также имело место заполнение сот ББЗ (рис. 6).

Сравнение микроскопирования полученного биоценоза (рис. 7) и пищевых дрожжей



Рис. 2. Биомасса, образованная при применении биоценоза микроорганизмов в составе биопрепарата «Русский Богатырь № 4» при температуре до 25 °С



Рис. 3. Биомасса, образованная при применении биоценоза микроорганизмов в составе биопрепарата «Русский Богатырь № 5» при температуре до 25 °С

(рис. 8) демонстрирует их идентичность, что дает возможность предположить, что биопрепарат имеет в своем составе одноклеточные низшие грибы.

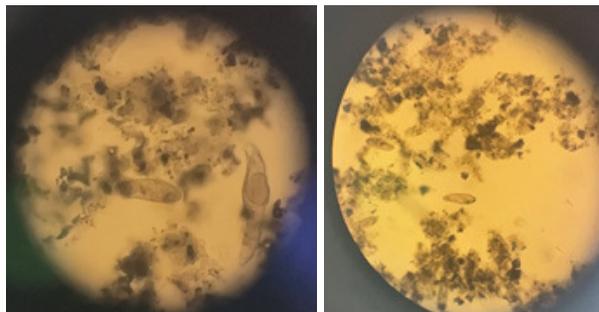


Рис. 4. Структура образованной биомассы и организмы (*notommata ansata*, *lironotus lamella*), присутствующие при применении биопрепарата «Русский Богатырь № 4» при температуре 25 °С и увеличении 180×



Рис. 5. Структура образованной биомассы и организмы (*lironotus lamella*), присутствующие при применении биопрепарата «Русский Богатырь № 5» при температуре 25 °С и увеличении 180×



Рис. 6. Биомасса, образованная при использовании биопрепарата «Русский Богатырь № 4» при температуре 45 °С

Исследования на пилотной установке проводились на территории маслоэкстракционного завода АО «Самараагропромпереработка» п.г.т. Безенчук в период с 30.06.2021 г. по 30.10.2021 г. Первоначально время пребывания в установке составляло 3 ч – режим 1. За весь период наблюдения температура поступающих сточных вод изменялась от 40 до 59 °С, концентрация растворенного кислорода в реакторе находилась в диапазоне от 0,34 до 2,31 мг/л. Концентрация жира в поступающих сточных водах изменялась от 22 до 198 мг/л, в среднем – 90 мг/л, в очищенных сточных водах – находилась в пределах от 2 до 48 мг/л, в среднем – 21 мг/л. Эффективность очистки по жирам составила 77 %. Содержание органических загрязнений по ХПК в исходной сточной воде изменялось от 226 до 728 мг/л, в среднем – 401 мг/л, в очищенной сточной воде – от 68 до 266 мг/л, в среднем – 164 мг/л. Эффективность очистки по ХПК достигала 60 % .

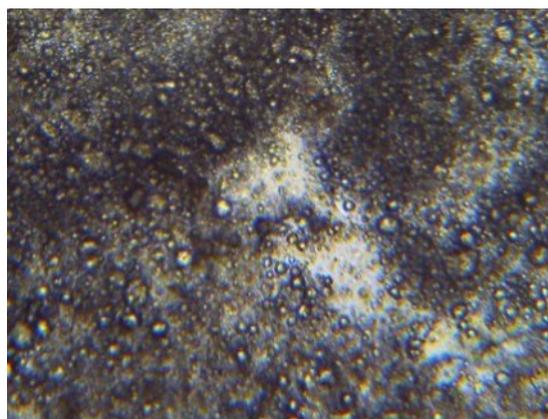


Рис. 7. Микропирование биомассы при применении биопрепарата «Русский Богатырь № 4» (45 °С, увеличение 10×)

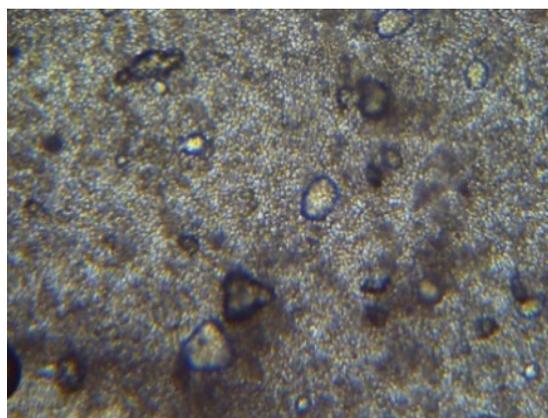


Рис. 8. Микропирование пищевых дрожжей (45 °С, увеличение 10×)

Во втором режиме время пребывания в установке было увеличено до 20 ч. Концентрация жиров в исходных сточных водах изменялась от 268 до 494 мг/л, составляла в среднем 395 мг/л, в очищенных сточных водах – от 4 до 43 мг/л, в среднем – 16 мг/л (рис. 9), эффективность очистки в среднем достигла 96 %. Концентрация органических веществ по БПК₅ в исходной сточной воде изменялась от 768 до 1532 мг/л, в среднем – 1035 мг/л, в очищенной сточной воде – от 68 до 192 мг/л, в среднем – 133 мг/л (рис. 10), эффективность очистки составила в среднем 87 %. ХПК исходных сточных вод изменялась от 883 до 4816 мг/л, в среднем – 2278 мг/л, в очищенной сточной воде – от 168 до 489 мг/л, в среднем – 279 мг/л, эффективность очистки в среднем составила 88 %.

Обработка результатов проведенных исследований на пилотной установке в широком диапазоне температур позволила определить температурную константу χ по уравнению Вант-Гоффа [1] для основных загрязняющих компонентов. Для жира χ составила 0,0478 °C⁻¹, для БПК₅ – 0,0496 °C⁻¹, для ХПК – 0,046 °C⁻¹ (рис. 11–13).

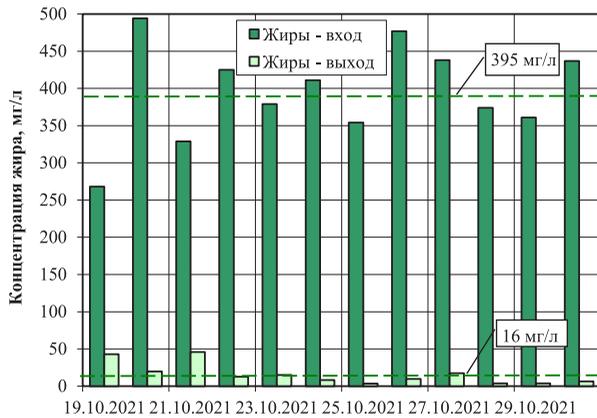


Рис. 9. Динамика изменения концентрации жиров при продолжительности пребывания в пилотной установке 20 ч

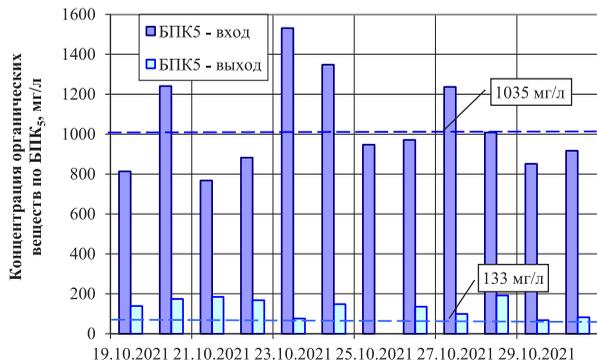


Рис. 10. Динамика изменения БПК₅ при продолжительности пребывания в пилотной установке 20 ч

Из графиков видно, что объемная скорость возрастает до 53 °C и описывается уравнением Вант-Гоффа, после 53 °C скорость падает, что соответствует данным производителя.

Результаты пилотного эксперимента позволили определить объемные скорости окисления диктующих компонентов (жиры, БПК₅, ХПК) от их концентрации в очищенной воде. С помощью полученных температурных констант эти значения были приведены к температуре 40 °C (принята за стандартную).

Получено, что кинетика окисления жиров и органических загрязнений по БПК₅ описыва-

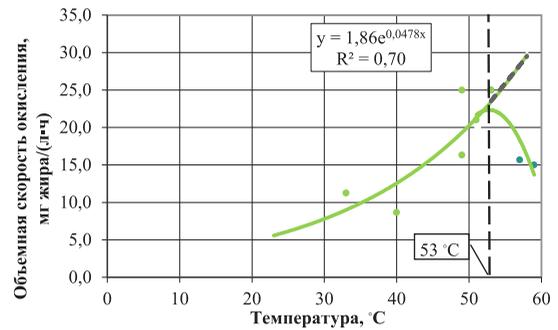


Рис. 11. Зависимость объемной скорости окисления по жирам от температуры

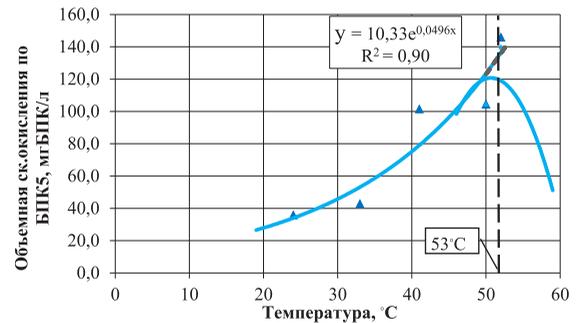


Рис. 12. Зависимость объемной скорости окисления по БПК₅ от температуры

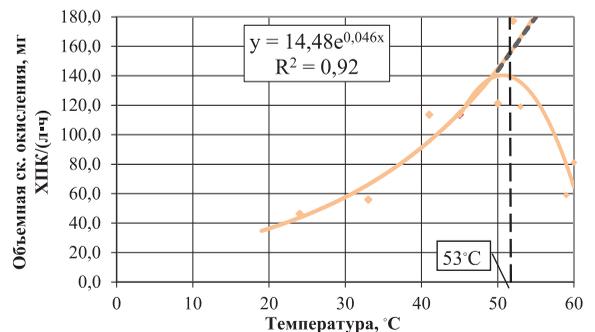


Рис. 13. Зависимость объемной скорости окисления по ХПК от температуры

ется уравнением Михаэлиса-Ментен, а кинетика снижения ХПК – модифицированным уравнением с наличием инертной составляющей [2]. Кинетические зависимости вместе с соответствующими уравнениями представлены на рис. 14–16.

Методом линеаризации – двойных обратных величин, были определены кинетические константы V_{max} и K_m для каждого из загрязнений [3, 4] (табл. 1).

Полученные температурные константы близки по значению, что позволяет применить среднее значение χ для всех показателей (0,048 °C⁻¹) для данного вида сточных вод.

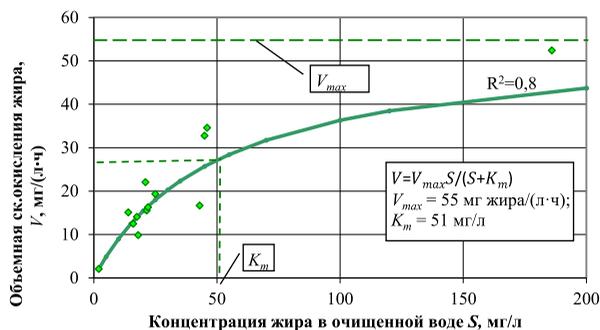


Рис. 14. Кинетика окисления жиров

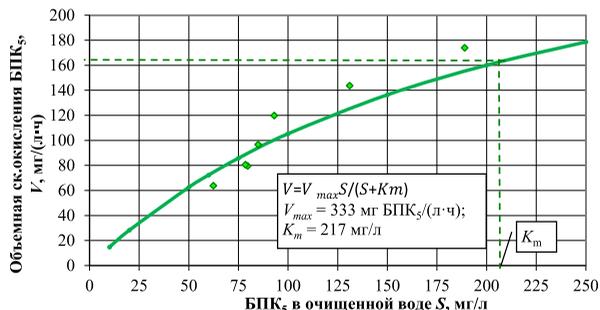


Рис. 15. Кинетика окисления органических веществ по БПК₅

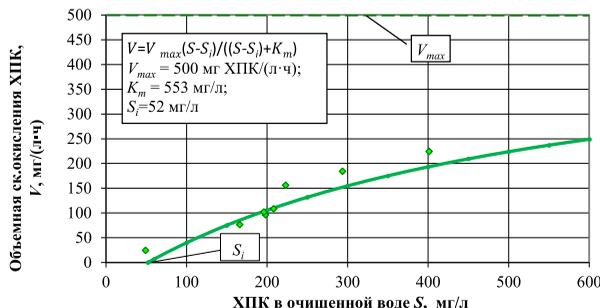


Рис. 16. Кинетика окисления органических веществ по ХПК

Рекомендуемая технологическая схема сооружений представлена на рис. 17.

Расчет систем биологической очистки сточных вод с применением аэробных термофильных микроорганизмов основан на разработанной ранее методике [5–7] и полученных в ходе пилотного эксперимента значениях кинетических констант (см. табл. 1). Производительность очистных сооружений была принята 800 м³/сут (33 м³/ч) аналогично предприятию, на сточных водах которого проводился эксперимент. Расчет был выполнен на температуру 45 °C (среднесуточная температура в течение года) и концентрацию растворенного кислорода 1,5 мг/л.

Таблица 1

Значения кинетических констант процессов биологической очистки сточных вод предприятий маслоэкстракционного производства

Показатель	Жиры	БПК ₅	ХПК
V_{max} , мг/(л·ч)	55,0	333,0	500,0
K_m , мг/л	51,0	217,0	553,0
χ , °C ⁻¹	0,0478	0,0496	0,046
S_i , мг/л	–	–	52,0

Таблица 2

Результаты расчета биореактора для достижения норм сброса в сети города

Показатель	Жиры	БПК ₅	ХПК
Концентрация в исходной сточной воде, мг/л	400	1200	1500
Концентрация в очищенной воде, мг/л	50,0	300,0	500,0
Объемная скорость окисления V , мг/(л·ч)	34,61	248,10	223,78
Продолжительность аэрации T , ч	10,1	3,6	4,3

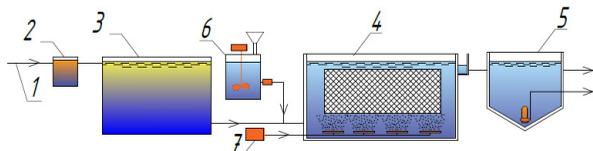


Рис. 17. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод маслоэкстракционного производства: 1 – производственные сточные воды; 2 – жируловитель; 3 – усреднитель; 4 – биореактор; 5 – отстойник; 6 – бак дозирования биопрепарата; 7 – воздуходувка

Применив полученные в ходе эксперимента константы, объемная скорость окисления органических веществ V с учетом влияния температуры, при конкретном качестве очистки воды, определяется по формулам:

$$V_{\text{ЖИР,БПК}} = \frac{V_{\text{max(ЖИР,БПК)}} [\text{ЖИР, БПК}]_{\text{вых}} e^{\chi(t-t_{\text{cr}})}}{([\text{ЖИР, БПК}] + K_m \text{ ЖИР,БПК})}, \quad (1)$$

$$V_{\text{ХПК}} = \frac{V_{\text{max(ХПК)}} [\text{ХПК}_{\text{вых}} - S_i] e^{\chi(t-t_{\text{cr}})}}{([\text{ХПК} - S_i] + K_m \text{ ХПК})}, \quad (2)$$

Продолжительность окисления органических веществ T , ч, в аэробной зоне может быть определена по формуле

$$T = \frac{[\text{ЖИР, БПК, ХПК}]_{\text{вход}} - [\text{ЖИР БПК ХПК}]_{\text{вых.}}}{V_{\text{жир,БПК,ХПК}}}. \quad (3)$$

Результаты расчета представлены в табл. 2. Лимитирующим показателем для расчета аэрационного сооружения, т. е. загрязнением, требующим более длительной очистки, оказались жиры.

При расчетной продолжительности пребывания 10,1 ч и достижении норм сброса по жирам процесс окисления органические вещества по БПК₅ и ХПК будет проходить глубже (табл. 3).

Таблица 3

Результаты расчета при времени пребывания $T = 10,1$ ч для достижения норм сброса в сети городской канализации

Показатель	Жиры	БПК ₅	ХПК
Концентрация в очищенной воде, мг/л	50,0	76,0	220,0
Объемная скорость окисления, V , мг/(л·ч)	34,61	110,99	146,63

Объем аэрационного сооружения рассчитывается по формуле

$$V_{\text{аэр}} = q_{\text{расч}} \cdot T. \quad (4)$$

Технико-экономическое сравнение выполнено для двух вариантов нового строительства сооружений очистки сточных вод для условий маслоэкстракционного завода АО «Самараагропромпереработка»:

вариант 1 – биологическая очистка в биореакторах с иммобилизованным на ББЗ биоценозом аэробных термофильных микроорганизмов;

вариант 2 – физико-химическая очистка с охлаждением поступающих сточных вод до 25 °С и последующая доочистка фильтрованием и сорбцией.

Состав исходных и очищенных сточных вод по основным загрязнениям принят в соответствии с табл. 2. Концентрация биогенных элементов в исходной сточной воде, мг/л: азот аммонийный – 7,8, азот нитратов – 2,35, фосфор фосфатов – 0,57.

Сооружения механической очистки приняты одинаковыми для обоих вариантов и в расчете не учитывались. В сравниваемых вариантах приняты установки обезвоживания осадка до влажности 80 %. В варианте 1 количество задерживаемой биопленки по сухому веществу принято равным количеству дозируемого биопрепарата.

Технико-экономическая целесообразность применения предложенных схем очистки сточных вод осуществлена на основании расчета стоимости жизненного цикла (СЖЦ) (табл. 4). Данный анализ систем биологической очистки был выполнен по методике, разработанной В.И. Баженовым и Н.А. Краснощековой [7]. Согласно ГОСТ Р 58785-2019 с изменением №1, стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\text{СЖЦ} = \sum_{t_1}^n \frac{\text{КАПИТ}(C_{ic}^{+c} + C_{ic}^{\text{ПП}} + C_{ic} + C_{in})}{(1+r)^n} + \sum_{t_2}^n \frac{\text{ЭКСПЛ}(C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env})}{(1+r)^n} + C_d, \quad (5)$$

где КАПИТ($C_{ic}^{+c} + C_{ic}^{\text{ПП}} + C_{ic} + C_{in}$) – сумма капитальных затрат, тыс. руб.: C_{ic}^{+c} – приобретение земельного участка; $C_{ic}^{\text{ПП}}$ – проектные работы; C_{ic} – оборудование; C_{in} – монтаж и пусконаладочные работы; ЭКСПЛ($C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env}$) – сумма эксплуатационных затрат, тыс. руб.: C_e – стоимость электроэнергии; C_o – фонд оплаты труда (ФОТ); C_m – затраты на замену оборудования, текущий ремонт, прочие расходы, реагенты; C_s – потери от простоя; C_{env} – затраты на охрану окружающей среды; C_d – затраты на вывод объекта из эксплуатации; n – расчетный период, лет; r – ставка дисконтирования, доли ед.; t_1, t_2 – начало капитальных и эксплуатационных затрат, годы.

Таблица 4

Стоимость жизненного цикла, тыс. руб.

Показатель	Обозначение	Вариант 1 Биореактор + отстойник, 45 °С	Вариант 2 ФХО+ сооружения доочистки, 25 °С
Сумма капитальных затрат	C_i	23 145, 69	51 339,49
Стоимость электроэнергии	C_e	58 702, 25	53 290, 91
Текущие затраты (ФОТ)	C_o	38 030, 42	38 030, 42
Замена оборудования, текущий ремонт, реагенты	C_m	67 185,22	100 881,87
Охрана окружающей среды	C_{env}	376, 24	712, 87
Σ эксплуатационных затрат		164 294, 14	192 916, 08
Итого:	СЖЦ	187 439, 83	244 255, 58
Экономический эффект	Δ СЖЦ	56 815, 74	
Стоимость 1 м ³ , руб./м ³		25,68	33,47

Из табл. 4 следует, что наилучшим вариантом оказался первый – биологическая очистка с применением биоценоза аэробных термофильных микроорганизмов. Сумма финансирования по данному варианту, с учетом инвестирования на этапе строительства и 25-летней эксплуатации, меньше, чем по второму варианту, на 56,8 млн. руб.

Выводы. 1. Результаты сравнительных исследований на лабораторной установке SBR по очистке сточных вод ООО «БоМЭЗ» с. Богатое показали что средняя эффективность снижения ХПК при применении биоценоза микроорганизмов биопрепарата № 4 составила 68,6 % (с 469 до 147 мг/л), а для биопрепарата № 5 (с 469 до 151 мг/л) – 67,8 %.

2. Микрокопирование биомассы биореактора, в который был введен биопрепарат термофильных микроорганизмов, показало, что при температуре от 25 до 35 °С идет развитие бактериального активного ила и биоценоза микроорганизмов в составе биопрепарата (симбиоз), а при температуре от 35 до 55 °С биоценоз представлен только одноклеточными низшими грибами.

3. Исследования, проведенные на пилотной установке на сточных водах АО «Самараагропромпереработка» п.г.т. Безенчук, позволили определить основные кинетические константы биологической очистки сточных вод маслоэкстракционного производства с применением аэробных термофильных микроорганизмов: температурная константа χ составила 0,048 град⁻¹; максимальная скорость окисления V_{max} органических загрязнений по ХПК составила 500 мг/(лч), K_m – 553 мг/л, S_i – 52 мг/л; по БПК V_{max} – 333 мг/(лч), K_m – 217 мг/л; для жиров V_{max} – 55 мг/(лч), K_m – 51 мг/л.

4. Технико-экономическое сравнение предлагаемой технологии и существующей схемы

с охлаждением, физико-химической очисткой и доочисткой показало экономическую целесообразность применения биологической очистки с иммобилизованными термофильными микроорганизмами. Экономический эффект, определенный по стоимости жизненного цикла 25 лет для очистных сооружений производительностью 800 м³/сут, составил 56,8 млн. руб., себестоимость очистки сточной воды по данному варианту – 25,68 руб./м³.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90026.

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number № 20-35-90026.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Хенце М., Армоэс П. и др. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / пер. с англ. М.: Мир, 2004. 480 с.
- Степанов С. В. Технологический расчет аэротенков и мембранных биореакторов. М.: АСВ, 2019. 225 с.
- Яковлев С. В., Карюхина Т. А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1980. 200 с.
- Морозова К. М. Биохимическая очистка сточных вод фабрик первичной обработки шерсти: дис. ... канд. техн. наук. М., 1979. 231 с.
- Морозова К.М. Принципы расчета систем биологической очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 1. С. 26–31.
- Швецов В.Н., Морозова К.М. Расчет сооружений биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 11. С. 42–47.
- Баженов В.И., Кривошекова Н.А. Экономический анализ систем биологической очистки сточных вод на

основе показателя – затраты жизненного цикла // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 2. С. 69–78.

REFERENCES

1. Henze M., Harremoës P. *Ochistka stochnykh vod. Biologicheskie i khimicheskie protsessy* [Wastewater treatment. Biological and chemical processes]. Moscow, Mir Publ., 2004. 480 p.
2. Stepanov S.V. *Tekhnologicheskii raschet aerotenkov i membrannykh bioreaktorov* [Technological calculation of aeration tanks and membrane bioreactors]. Moscow, ASV Publishers, 2019. 225 p.
3. Iakovlev S.V., Kariukhina T.A. *Biokhimicheskie protsessy v ochistke stochnykh vod* [Biochemical processes in wastewater treatment]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1980. 200 p.
4. Morozova K.M. *Biokhimicheskaia ochistka stochnykh vod fabrik pervichnoi obrabotki shersti*. Ph,

Diss. [Biochemical treatment of wastewater from wool primary processing factories. Ph, Diss.]. Moscow, 1979. 231 p.

5. Morozova K.M. Principles of calculating the systems of wastewater biological treatment. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2009, no. 1, pp. 26–31. (in Russian)
6. Shvetsov V.N., Morozova K.M. Calculation of biological wastewater treatment facilities with removal of biogenic elements. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2013, no. 11, pp. 42–47. (in Russian)
7. Bazhenov V.I., Krivoshchekova N.A. Economic analysis of biological wastewater treatment systems based on the indicator – life cycle costs. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2009, no. 2, pp. 69–78. (in Russian)

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

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

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University, Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: a19400209@yandex.ru

СТЕПАНОВ Сергей Валериевич

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

STEPANOV Sergey V.

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

МОРОЗОВА Ксения Михайловна,

кандидат технических наук, научный консультант ООО «Торговый Дом «ЭКОЛОС» 443036, Россия, г. Самара, ул. Набережная реки Самара, 1 E-mail: morozova06@inbox.ru

MOROZOVA Ksenia M.

PhD in Engineering Science, Scientific Consultant LLC "Trading House "EKOLOS" 443036, Russia, Samara, Naberezhnaya reki Samary str., 1 E-mail: morozova06@inbox.ru

БАЗАРОВА Анастасия Олеговна

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

BAZAROVA Anastasya O.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University, Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: bystranova14@mail.ru

Для цитирования: 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.

For citation: 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 arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 40–47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.6.

А. К. СТРЕЛКОВ
М. В. ШУВАЛОВ
А. А. ПАВЛУХИН
С. Ю. ТЕПЛЫХ

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА НА ПРИМЕРЕ Г. САМАРЫ

STUDYING THE QUALITY OF SURFACE WASTEWATER OF A LARGE INDUSTRIAL CENTER ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF SAMARA

Одним из факторов загрязнения водоемов (в частности рек Волги и Самары) является неочищенная поверхностная сточная вода. В статье рассмотрены причины сложившейся негативной обстановки, установлены выпуски исторической части города, оказывающие тлетворное влияние на водный объект, часть из которых находится в зонах санитарной охраны водопроводных очистных сооружений. Представлена информация о предотвращении загрязнения рек, разработана классификация сточных вод по имеющимся многолетним периодам наблюдений.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, выпуски ливневой канализации, дождевая канализация, очистные сооружения, классификация

Качество поверхностных сточных вод с территории города Самары не отвечает требованиям, предъявляемым при сбросе стоков в водоемы рыбохозяйственного назначения [1, 2]. Состав стоков определяется в основном шестью факторами, управление которыми позволяет минимизировать негативное воздействие сточных вод на окружающую среду [3].

Показатели БПК_{полн} и взвешенные вещества изменяются случайным образом (55 и 48% соответственно), а изменения показателя нефтепродуктов – сезонное (70%). Вклад тенденции для всех трех показателей невелик (11, 10 и 8% соответственно) [3].

Согласно Постановлению Администрации городского округа Самара от 27 июля 2012 г. № 947, водные ресурсы Самарской области испытывают большую антропогенную нагрузку, это связано со сбросом неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод – хозяйственно-бытовых (ХБСВ), производственных (ПСВ) и поверхностных (ПоСВ).

В Саратовское водохранилище и реку Самару поступают неочищенные поверхностные сточные воды города Самары, что приводит к их загрязнению. Саратовское водохранилище является основным источником водоснабже-

One of the factors of water pollution (in particular, the Volga and Samara rivers) is untreated surface wastewater. The article considers the reasons for the current negative situation, establishes the outlets of the historical part of the city that have a pernicious effect on the water body, some of which are located in the zones of sanitary protection of water treatment facilities. Information on the prevention of river pollution is presented, a classification of wastewater is developed according to the available long-term observation periods.

Keywords: surface wastewater, storm sewer outlets, storm sewerage, treatment facilities, classification

ния для города (Постановление Администрации городского округа Самара от 25 июля 2012 года № 903). В Постановлении № 947 указано, что выпуски «Ульяновский», «Некрасовский», «Вилоновский» находятся во 2-й и 3-й зонах санитарной охраны поверхностного водозабора городских водопроводных сооружений Самары. Подробное описание, почему выпуски ливневой канализации оказались в зоне санитарной охраны, дано в статье [4].

Как отмечалось в Постановлении № 903, качество воды Саратовского водохранилища в 2010 г. (в границах г. Самары) оценивалось как «очень загрязненная», а качество воды реки Самары – как «грязная» [5, 6]. Уже в 2021 г. качество воды реки Самары и Саратовского водохранилища значительно изменилось (табл. 1).

Если руководствоваться данными из Постановления № 903, то одним из факторов ухудшения качества воды в Саратовском водохранилище в границах города Самары, наряду с поступлением сверху по течению загрязненной по санитарно-химическим показателям воды (фенолами, железом, солями тяжелых металлов), является постоянный сброс ливневых вод через систему городской ливневой канализации в реки Волга и Самара с качеством стоков, не со-

ответствующим санитарно-гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям.

В целом ситуация по Саратовскому водохранилищу в границах города Самары характеризуется:

- ухудшением качества воды;
- угнетением процесса самоочищения водохранилища, внешним проявлением которого является «цветение» воды;
- ростом заиления и загрязнения донных отложений;
- насыщением водной массы органическими веществами с приоритетом трудно окисляемых компонентов;
- присутствием практически во всех пробах воды триады азота: аммонийного, нитритного и нитратного как показателей фекального загрязнения.

Территория исторического поселения города Самары была определена в 2019 г. — она ограничена улицами Засекина, набережной реки Самары, Арцыбушевской, Льва Толстого, Буянова, Чкалова, Самарской и набережной Волги. Тогда же было сформировано проектное предложение по градостроительным регламентам для этой зоны [7, 8].

Статус исторического поселения необходим для охраны памятников архитектуры. Если новые регламенты все же будут приняты, то они повлекут за собой запрет на строительство высотных зданий в центре города [8].

Отвод поверхностного стока с селитебной зоны, промышленных предприятий и учреждений, а также неочищенных сточных вод промышленных предприятий, дренажных и поливочных вод в реки Волгу и Самару осуществляется с исторического поселения в городе Самаре через выпуски «Ульяновский», «Вилоновский», «Некрасовский», «Ленинградский», «Комсомольский», «Пионерский», «Горячий ключ», «Крупский», «Хлебная площадь».

Основным объектом наблюдения являлась поверхностная сточная вода, образующаяся на водосборном бассейне канализования с расчетной площадью 1358,35 га в границах исторического поселения (Постановление № 947).

Описание местоположения границ приводится в Постановлении Правительства Самарской области от 27 декабря 2019 года № 1019. «О внесении изменения в постановление Правительства Самарской области от 12.04.2018 № 189 «Об утверждении Перечня исторических поселений регионального значения, имеющих особое значение для истории и культуры Самарской области» и об утверждении предмета охраны исторического поселения регионального значения города Самары Самарской области и границ территории исторического поселения регионального значения города Самары Самарской области».

В табл. 2 приведены среднегодовые концентрации поверхностных сточных вод (ПоСВ)

Таблица 1

Уровень загрязненности воды Саратовского водохранилища и р. Самары по классам качества за период с 2011 по 2021 гг. [6, 7]

Водные объекты	Период наблюдения, год									
	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Саратовское вдхр.	ОЗ	З	З	ОЗ	ОЗ	З	Г	ОЗ	З	З
Река Самара (в целом)	Г	Г	ОЗ	ОЗ	Г	Г	ОЗ	ОЗ	ОЗ	ОЗ
Слабо загрязненная (СЗ), загрязненная (З), очень загрязненная (ОЗ), грязная (Г), очень грязная, экстремально грязная (ОГ, ЭГ)										

Таблица 2

Результат химического анализа выпуска «Ульяновский»

Показатель	Среднегодовые концентрации, мг/дм ³				Сред. конц.	ПДК ₁	ПДК ₂
	2019	2020	2021	2022			
БПК ₅	5,76	11,72	2,15	4,07	7,10	2,0	2,0
Взвешенные вещества	14,78	15,68	13,58	13,89	15,71	4,5	7,5
Фосфаты (по Р)	0,08	0,11	0,07	0,05	0,08	0,2	0,2
Нефтепродукты	0,13	0,13	0,08	0,09	0,11	0,05	0,05

выпуска «Ульяновский» за 2019–2022 гг. по физико-химическим показателям, а также предельно допустимые концентрации для рек Волги и Самары. В таблицу не вошли сведения по тяжелым металлам, таким как хром общий, медь, кадмий, никель, цинк, ртуть, свинец, алюминий, фенолы летучие, поскольку результаты физико-химических анализов по этим ингредиентам равны, близки к нулю или ниже порога обнаружения лабораторным оборудованием.

Выпуски «Вилоновский», «Некрасовский», «Ленинградский», «Пионерский» и «Комсомольский» проложены под набережной, т. е.

очистные сооружения и аккумулирующие резервуары должны быть выполнены в подземном исполнении, поскольку для наземных очистных сооружений отсутствует площадка под строительство.

Кроме того, строительство наземных очистных сооружений на набережной негативно повлияло бы на эстетический облик города и негативно отразилось на архитектурном наследии. На рис. 1 изображена схема регулирования и очистки поверхностных сточных вод с последующей очисткой на городских очистных канализационных сооружениях.



Рис. 1. Схема регулирования и очистки ПоСВ:

ЛСВ – ливневая сеть водоотведения; РР – регулирующий резервуар;
ЛОС – локальные очистные сооружения; ХБСВ – хозяйственно-бытовая сеть водоотведения; ГОКС – городские очистные канализационные сооружения

В данном исследовании рассмотрены выпуски исторической части города Самары поскольку опыт произведенных работ, реализованных в рамках проекта реконструкции сетей дождевой канализации в границах исторического поселения Самары с очистными сооружениями поверхностных сточных вод, будет распространен в дальнейшем на остальные выпуски г. Самары.

Следует упомянуть о проекте очистных сооружений «Постников овраг» (в настоящее время не реализуется), идея которого заключалась в том, что будут спроектированы и построены ОСПСВ производительностью 67 700 м³/сут и аккумулирующий резервуар вместимостью 50 000 м³. В статье «В Самаре построят комплекс ливневого коллектора и станции очистки в районе Постникова оврага» (издание ВОЛГА НЬЮС от января 2022 г.) первый вице-губернатор — председатель правительства Самарской области сообщил, что в 2022 г. будет завершено проектирование и подготовка площадки для строительства, хотя инициатива о заказе проекта поступила ещё в 1995 г.

Классификация поверхностных сточных вод

Для классифицирования поверхностных сточных вод необходимо прежде всего произвести расчет и обработку изучаемых данных, в дальнейшем после классификации ПоСВ по типам вод это позволит оптимизировать работу очистных сооружений, поскольку в данном исследовании был изучен и проанализирован состав стоков.

Расчет производился в программе STATISTICA 10, предназначенной для анализа данных, визуализации, прогнозирования и проведения многих других видов статистического анализа. Программа статистического анализа STATISTICA используется в таких сферах, как производство, электроэнергетика, нефтехимическая промышленность, фармацевтика, полупроводники, пищевая, автомобильная, телекоммуникационная индустрия, страхование, оборудование и др. Были сведены в общий ряд наблюдений химические показатели за период с 2019 по 2022 гг. по каждому отдельному показателю.

В табл. 3 показаны результаты проведенного анализа. Представленные значения разделены на три категории – максимальная, средняя и минимальная, в каждой из категорий указан диапазон, среднее значение диапазона и количество значений из суммы по представленному показателю.

Исходя из табл. 3 были построены гистограммы (рис. 2 – 5), на которых показано нормальное распределение общего количества наблюдений (общего/суммарного количества химических анализов рассмотренного показателя) на три составные группы (максимальная, средняя, минимальная). По оси абсцисс отображены группы, а также их качественный диапазон, выраженный в мг/дм³, по оси ординат – количественный диапазон, выраженный в числах наблюдений.

Из табл. 3 и рис. 2–5 можно сделать вывод, какими данными можно и необходимо пренебречь, а на какие нужно ориентироваться при расчете и проектировании очистных сооружений ПоСВ, используя многолетний период наблюдений.

Таблица 3

Значения показателей по выпускам (максимального, среднего и минимального)

Показатель	N общее	Гр. _{макс}	\bar{n}	N _{макс}	Гр. _{ср}	\bar{n}	N _{ср}	Гр. _{мин}	\bar{n}	N _{мин}
БПК ₅	312	18,8-24,6	21,8	6	7,2-18,4	10,7	35	1,3-7,1	4,1	271
Взвешенные вещества	339	107-108,6	107,8	3	28,1-79,2	42,5	23	1,0-27,9	11,4	313
Фосфаты (по Р)	357	0,53-0,69	0,63	5	0,18-0,5	0,29	33	0,005-0,17	0,07	319
Нефтепродукты	357	0,84	0,84	1	0,22-0,43	0,29	12	0,01-0,19	0,08	344

\bar{n} – среднее арифметическое; Гр._{макс}, Гр._{ср}, Гр._{мин} – группа максимального, среднего и минимального выпусков

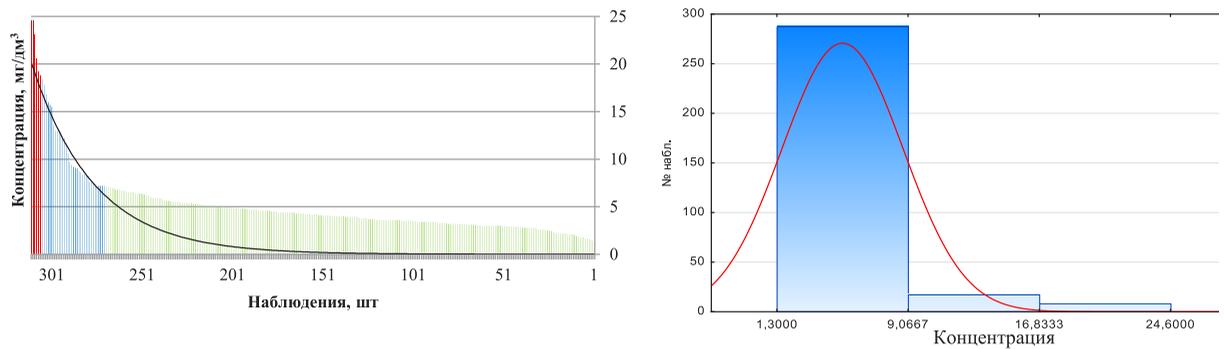


Рис. 2. Гистограмма нормального распределения «БПК₅»

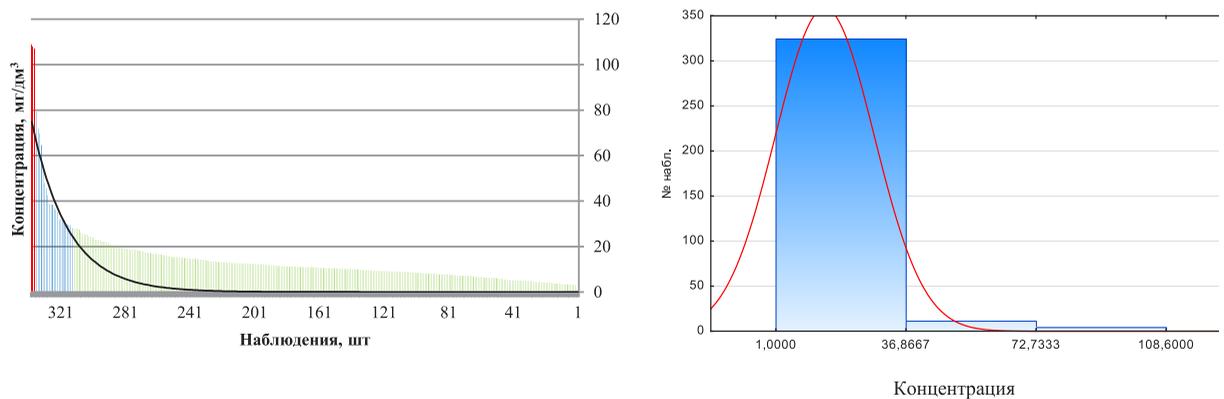


Рис. 3. Гистограмма нормального распределения «взвешенных веществ»

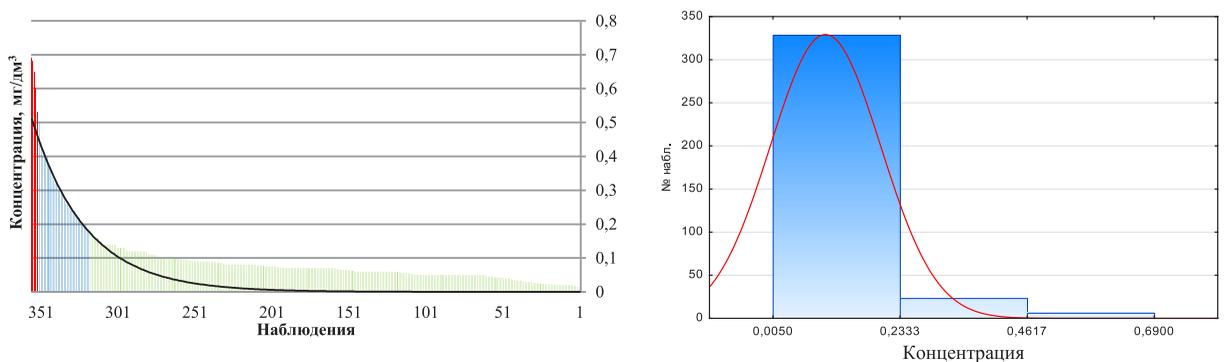


Рис. 4. Гистограмма нормального распределения «фосфатов»

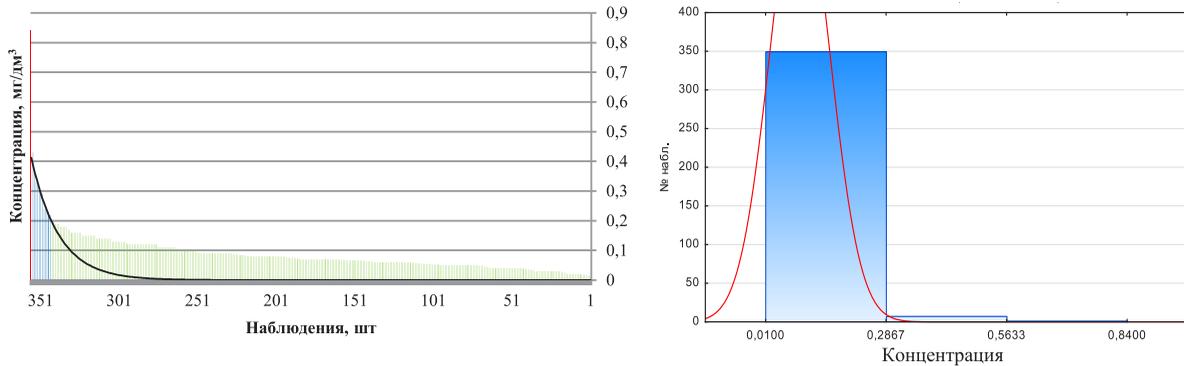


Рис. 5. Гистограмма нормального распределения «нефтепродуктов»

Объединив табл. 2 и 3 получаем табл. 4, из которой следует, что ни средние, ни даже максимальные значения показателей не окажут негативного воздействия ни на ЦСВ ПиГО (централизованные системы водоотведения поселений и городских округов), ни на ГОКС (городские очистные канализационные сооружения).

Сравнение объединенных средних концентраций с нормативными значениями для сброса представлено в табл. 5.

Возможность приема различных категорий поверхностных сточных вод в канализационные сети и открытые источники питьевого водоснабжения определяется исходя из состава загрязне-

ний этих вод, их количества и в какое время суток они выпали. Исходя из условий проекта общая последовательность регулирования, очистки и сброса поверхностных сточных вод, будет выглядеть следующим образом (рис. 6).

На рис. 7 показана блок-схема принятия решений исходя из того, какие категории ПоСВ допущены к сбросу.

На основании вышеприведенных таблиц и рисунков составлена табл. 6, в которой представлена информация о категории сточных вод и условиях их сброса в водоем, канализационную сеть, а также для какой категории необходимо строительство РР или ЛОС.

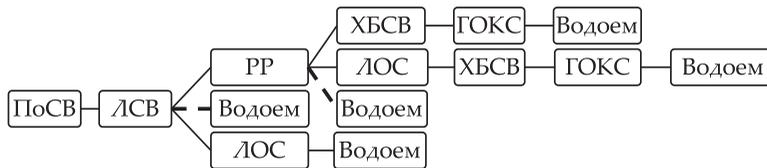


Рис. 6. Горизонтальная схема сброса ПоСВ: ЛСВ – ливневая сеть водоотведения; ЛОС – локальные очистные сооружения; ХБСВ – хозяйственно-бытовая сеть водоотведения; ГОКС – городские очистные канализационные сооружения

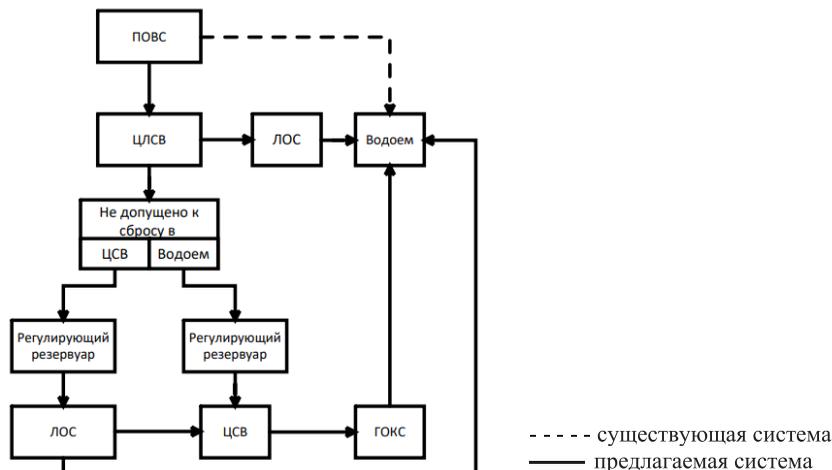


Рис. 7. Блок-схема очистки ПоСВ: ЛОС – локальные очистные сооружения; ЦСВ – централизованная сеть водоотведения; ГОКС – городские очистные канализационные сооружения

Таблица 4

Сравнение значений объединенных выпусков (максимальных, средних и минимальных)

Показатель	Ед. изм.	Макс.	Средние	Мин.	Общ. Ср. конц.	ПДК ₁	ПДК ₂
БПК ₅	мг/дм ³	18,8-24,6	7,2-18,4	1,3-7,1	5,15	2,0	2,0
Взвешенные вещества	мг/дм ³	107-108,6	28,1-79,2	1,0-27,9	14,35	4,5	7,5
Фосфаты (по Р)	мг/дм ³	0,53-0,69	0,18-0,5	0,005-0,17	0,1	0,2	0,2
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,84	0,22-0,43	0,01-0,19	0,09	0,05	0,05

ПДК₁ – предельно допустимая концентрация для реки Волги в границах г. Самары
 ПДК₂ – предельно допустимая концентрация для реки Самары в границах г. Самары

Таблица 5

Сравнение средних концентраций с нормативными значениями

Показатель	Средние концентрации, мг/дм ³										ПДК _{Волги}
	Ульяновский	Вилоновский	Комсомольский	Горячий ключ	Некрасовский	Ленинградский	Пионерский	Крупский	Хлебная лощадь	Общая средняя	
БПК ₅	7,1	3,3	7,4	7,5	4,4	5,5	4,0	3,4	5,3	5,3	2,0
Взвешенные вещества	15,7	14,9	31,6	14,7	11,6	14,5	13,2	9,9	11,0	15,2	4,5
Фосфаты (по Р)	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Нефтепродукты	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05

Таблица 6

Условия сброса ПоСВ [9]

Категория сточных вод		Строительство РР	Строительство ЛОС	Сброс в ХБСВ	Сброс в водоем
Допущена к сбросу (в ЦСВ или водоем)	Чистый снег, сплавляемый по коллекторам (в соответствии с требованиями специальных инструкций)	+	-	+	+
	От поливки и мытья улиц	+	-	+	-
Допущена к очистке на ГОКС (ЦСВ)	Талые воды из стационарных и передвижных снеготаялок	+	-	+	-
	Дождевые и талые, после предварительной очистки на местных очистных сооружениях	+	-	+	-
	От дренажных и осушительных сетей	+	-	+	-
Не допущена к очистке на ГОКС (ЦСВ)	Дождевые и талые, с территорий, сильно загрязненных продуктами производства	+	+	+	-

+ – строительство РР требуется в том случае, если необходим сброс в ЦСВ
 +* – только при наличии ЛОС, которые произведут очистку до норм сброса в ЦСВ

Руководствуясь табл. 6 и отталкиваясь от разработанных укрупненных категорий, имея данные качества стока (расчетные или фактические за многолетний период наблюдений) и соотнеся его с категорией ПоСВ (классификацией), можно упростить принятие решений о комплексе инженерных сооружений для их проектирования и расчета.

Так, например, сток категории «чистый снег, сплавляемый по коллекторам» (в соответствии с требованиями специальных инструкций) можно без очистки сбрасывать в водоем, поскольку негативное воздействие от такого стока минимально или даже незначительно и потому не требует строительства ОСПСВ, однако если необходимо исключить попадание и такого стока в водоем, то можно ограничиться постройкой регулирующего(их) резервуара(ов), из которого будет осуществляться перекачка рассматриваемого стока в хозяйственно-бытовую или иную, помимо дождевой, канализационную сеть с последующей очисткой. Рассматриваемый сток можно отнести к первому типу стока по СП 32.13330.2018 (данный вид стока должен очищаться не менее 70 % от среднегодового объема), что позволяет сбрасывать 30 % среднегодового объема без очистки.

Сток категории ПоСВ «Дождевые и талые, после предварительной очистки на местных очистных сооружениях» сбрасывается после ЛОС в ХБСВ от абонентов, например промышленных предприятий, и смешиваясь с той частью стока, которая уже транспортируется без дополнительной очистки, сбрасывается в водоем, и этот вид стока уже негативно влияет на водный объект, поскольку ПДК_{рыбхоз.} намного жестче нормативов приема от абонентов в ЦЛСВ (центральная ливневая система водоотведения) и уже требует как минимум строительства РР для последующего перекачивания и очистки данного вида стока на ГОКС (городские очистные канализационные сооружения).

«Дождевые и талые с территорий, сильно загрязненных продуктами производства» – данная категория вод и схожая с ними по качеству существенно влияет на водный объект и должна очищаться в полном среднегодовом объеме, второй тип по – СП 32.13330.2018; если их сравнивать этот вид стока нужно не только принять в РР для усреднения качества, но и обязательно очистить на ЛОС до норм сброса в ЦСВ ПиГо, поскольку они менее требовательны, чем ПДК_{рыбхоз.}, что в результате приводит к уменьшению стоимости проектирования и строительства инженерных сооружений по очистке и регулированию ПоСВ.

Выводы. 1. В исследовании выявлен уровень загрязненности водохранилищ и изменение его по классам загрязненности с 2011 по

2021 гг. На основе постановлений правительства г. Самары и ФГБУ «Приволжское УГМС» выявлено, что ПоСВ негативно влияют на водные объекты и прибрежную акваторию. Это подтверждается результатами приведённых среднегодовых, а также максимальных, средних и минимальных концентраций ПоСВ выпусков по физико-химическим показателям.

2. При изучении качества воды поверхностных сточных вод крупного промышленного центра на примере г. Самары был определен перечень показателей, которые оказывают негативное воздействие на водные объекты и по которым определены максимальные средние и минимальные диапазоны значений по следующим показателям: БПК₅, взвешенным веществам, фосфатам, нефтепродуктам. Разработана и принята классификация ПоСВ на основе рассмотренных в исследовании данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шувалов М.В. Системный анализ эволюции нормативных требований к составу и свойствам сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, №2. С. 43–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.7.

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

3. Закономерности изменения состава поверхностных сточных вод / Е.Д. Палагин, М.А. Гриднева, П.Г. Быкова, Т.Ю. Набок // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 8. С. 56–60.

4. Шувалов М.В., Стрелков А.К. Проектные решения по строительству главного коллектора дождевой канализации и централизованных очистных сооружений поверхностного стока волжского склона в Самаре // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. №4. С. 60–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.10.

5. Абдрахимов В.З., Лазарева Н.В. Использование шламовых металлургических отходов в производстве пористого заполнителя снижает загрязнение реки Самара и оптимизирует кадастры и землеустройство // Эксперт: теория и практика. 2020. № 5 (8). С. 15–23. DOI: 10.24411/2686-7818-2020-10042.

6. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Приволжское УГМС»). Экологический бюллетень по Самарской области. Режим доступа: http://rogoda-sv.ru/pollcenter/annual_review/ (дата обращения: 30.03.2023).

7. Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области. Доклады об экологической ситуации

в Самарской области. Режим доступа: https://priroda.samregion.ru/category/ohrana_okr_sredbi/doklad_ob_eko_situatsii/ (дата обращения: 30.03.2023).

8. Проект охранной зоны исторического поселения в Самаре прошел экспертизу». *Волга Ньюз* [Электронный ресурс]. URL: <https://volga.news/article/649451.html> (дата обращения: 30.03.2023).

9. Канализация / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов. Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1975. 632 с.

REFERENCES

1. Palagin E.D, Gridneva M.A., Bykova P.G. Nabok T.Y. Patterns of changes in the composition of surface wastewater. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2013, no. 8. pp. 56–60. (in Russian)

2. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavlukhin A.A., Chernosvitov M.D. Reconstruction of rain sewage networks in the historical border of the city of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 45–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.6

3. Palagin E.D., Gridneva M.A., Bykova P.G., Nabok T.Yu. Regularities of changes in the composition of surface wastewater. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2013, no. 8, pp. 56–60. (in Russian)

4. Shuvalov M.V., Strelkov A.K. Design Solutions for the Construction of the Main Collector of Storm Sewer and Centralized Treatment Facilities for the Surface Runoff of the Volga Slope in Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2017, vol. 7, no. 4, pp. 60–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.10

5. Abdrakhimov VZ, Lazareva N.V. The use of sludge metallurgical waste in the production of porous aggregate reduces the pollution of the Samara River and optimizes cadastral and land management. *Jekspert: teorija i praktika* [Expert: Theory and Practice], 2020, no. 5(8), pp. 15–23. (in Russian) DOI: 10.24411/2686-7818-2020-10042

6. Federal State Budgetary Institution "Volga Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring" (FSBI "Volga UGMS"). *Environmental Bulletin for the Samara Region*. Available at: http://pogoda-sv.ru/pollcenter/annual_review/ (accessed 30 March 2023).

7. Ministry of Forestry, Environmental Protection and Nature Management of the Samara Region. *Reports on the environmental situation in the Samara region*. Available at: https://priroda.samregion.ru/category/ohrana_okr_sredbi/doklad_ob_eko_situatsii/ (accessed 30 March 2023).

8. The project of the protected zone of the historical settlement in Samara passed the examination. "Volga News. Available at: <https://volga.news/article/649451.html> (accessed 30 March 2023).

9. Yakovlev S.V., Karelin Y.A., Zhukov A.I., Kolobanov S.K. *Kanalizacija* [Sewerage]. Moscow, Stroyizdat, 1975. 632 p.

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

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

STRELKOV Alexander K.

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

ШУВАЛОВ Михаил Владимирович

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

SHUVALOV Mikhail V.

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

ПАВЛУХИН Алексей Андреевич

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

PAVLUHIN Alexey A.

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

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

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

TEPLYH Svetlana Yu.

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

Для цитирования: Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Теплых С.Ю. Изучение качества воды поверхностных сточных вод крупного промышленного центра на примере г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 48–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.7.

For citation: Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavluhin A.A., Teplykh S. Yu. Studying the Quality of Surface Wastewater of a Large Industrial Center on the Example of the City of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 48–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.7.

С. Ю. ТЕПЛЫХ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСХОДА ФИЛЬТРАЦИОННОГО СТОКА С ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

RESEARCH TO DETERMINE FILTRATION FLOW FROM THE RAILWAY

Представлен анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути. Показано, что одной из задач проектирования и расчета систем поверхностного водоотвода является определение параметров потока, прежде всего расхода. Наиболее распространена схематизация потока как равномерного и решается как задача в двумерной постановке по формулам Шези, соответственно получаем формулу расхода фильтрационного стока. Установлено, что поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение балластной призмы и возникает два боковых выброса. Выявлена зависимость расхода сточных вод от загрязненности железнодорожных путей. Концентрация нефтепродуктов в поверхностных сточных водах значительно влияет на расход и коэффициент поверхностного стока, а также на расход фильтрационного стока. Сделан вывод, что чем более загрязнены железнодорожные пути вязкими нефтепродуктами, тем меньшее количество жидкости просачивается через балластную призму и уменьшается фильтрационный сток с железнодорожных путей. Образующийся непроницаемый слой нефтепродуктов, пыли (взвешенных веществ) влияет на скопление поверхностных сточных вод на железнодорожных путях и вдоль них. Соответственно, чем меньше загрязнены пути, тем больше боковое высачивание и поступление фильтрационного стока в грунт.

Ключевые слова: поверхностный сток, фильтрационный сток, железнодорожный путь, атмосферные осадки, просачивание, расчет расходов воды

В настоящее время особое внимание уделяется поверхностным стокам, а также их последующему движению по балластной призме и впитыванию в поверхности и грунты. Наиболее часто рассматривают качественные и количественные характеристики поверхностного стока с территорий населенных пунктов и промышленных предприятий [1–5]. Такими предприятиями являются железнодорожные станции, перегоны, пункты сортировки вагонов и пр. Данные предприятия относятся к линейным сооружениям, так как вытянуты по площади на большом расстоянии, что затрудня-

The analysis and characteristics of surface runoff filtration in the ballast prism of the railway track are presented. It is shown that one of the tasks of designing and calculating surface drainage systems is to determine the parameters of the flow, primarily the flow. The most common schematization of the flow as a uniform flow is solved as a problem in a two-dimensional setting using the Chezy formulas, respectively, we obtain the formula for the flow rate of the seepage flow. It has been established that surface water seeps through the upper and lower structures of the ballast prism. There are two lateral ejections. The dependence of wastewater consumption on the pollution of railways is revealed. The concentration of oil products in surface wastewater significantly affects the flow rate and coefficient of surface runoff, as well as the flow rate of seepage flow. It is concluded that the more contaminated the railway tracks with binder oil products, the less liquid seeps through the ballast prism and the filtration runoff from the railway tracks decreases. The resulting impermeable layer of oil products, dust (suspended matter) affect the accumulation of surface sewage on and along the railway tracks. Accordingly, the more uncontaminated the paths, the greater the lateral seepage and the inflow of filtration runoff into the soil.

Keywords: surface runoff, filtration runoff, railway track, atmospheric precipitation, seepage, calculation of water consumption

ет расчет поверхностных и фильтрационных сточных вод. Соответственно рационально рассматривать только участки железнодорожных станций, повышенных путей и участков пересечения железнодорожных путей с водными объектами [6].

Определение количества фильтрационного стока является одной из важнейших задач для водоотведения поверхностных сточных вод. Это обуславливается как свойствами грунтов, так и местом их расположения. В настоящем исследовании рассматривается фильтрационный сток с железнодорожного пути. На это влияет

строение верхнего и нижнего пути балластной призмы железнодорожного пути, количество выпавших осадков и их интенсивность, а также скорость движения воды через поры грунта [7].

Для фильтрационного стока были проведены исследования на участке экспериментального железнодорожного пути [8]. Подача воды на установку (рис. 1) варьировалась согласно характерной интенсивности дождя по Самарской области для определения зависимости коэффициента фильтрационного стока от интенсивности дождя (табл. 1).

Данные исследования подтверждают выводы о характере фильтрации и высачивании жидкости на границе сред [9]. Рассмотрим вопрос по определению коэффициента фильтрации водоносных пород при мгновенном и локальном насыщении водой на действующих железнодорожных путях [10, 11] при условии объема влаги и смачиваемой площади S_A или ее радиуса R_A . Для дальнейших расчетов принимаем значения по лотку № 1, так как он проложен в двух средах – щебне и песке. На основании табл. 1 построен график зависимости коэффициента поверхностного стока от времени и интенсивности дождя [8] (рис. 2, 3).

Экспоненты, описывающие расположение точек уравнениями, имеют степенные функции (см. рис. 2, 3), это означает предварительное накопление жидкости в поровом пространстве балластной призмы и последующее ее высачивание на разделе сред [9].

Согласно представленным графикам на рис. 2, 3, зависимость коэффициента поверхностного стока от интенсивности выпадения дождя выражается логарифмической функцией, соответственно при возрастании интенсивности дождя коэффициент поверхностного стока снижается. На основании исследований характера фильтрации поверхностного стока и его анализа можно сделать вывод, что изначально происходит накопление жидкости в теле балластной призмы, а затем ее выброс в боковом направлении [6].

До настоящего времени рассматривалась чистая жидкость на незагрязненном щебне (идеальный опыт). Необходимо провести опыты в реальных условиях. Была отобрана поверхностная сточная вода (три серии опытов) и проанализирован характер фильтрации (среднее значение) в зависимости от загрязняющих ингрентов [8] (табл. 2, рис. 3).

В этом случае в слое щебня в результате просачивания формируется фильтрационный канал с тем же радиусом R_A и изменённой скоростью фильтрации $C_{щ\text{еб}}$. На границе щебня и песка происходит расширение фильтрационного канала до величины $R_{пес}$ исходя из формулы

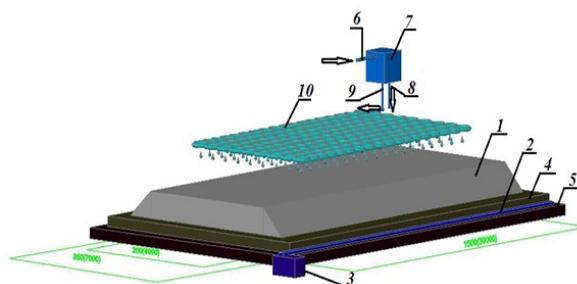


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – балластная призма; 2 – водосборный лоток; 3 – мерная емкость; 4 – слой геотекстиля; 5 – грунтовый слой; 6 – подвод воды из водопровода; 7 – емкость для подачи воды; 8 – переливной трубопровод; 9 – подвод воды к оросителю; 10 – ороситель

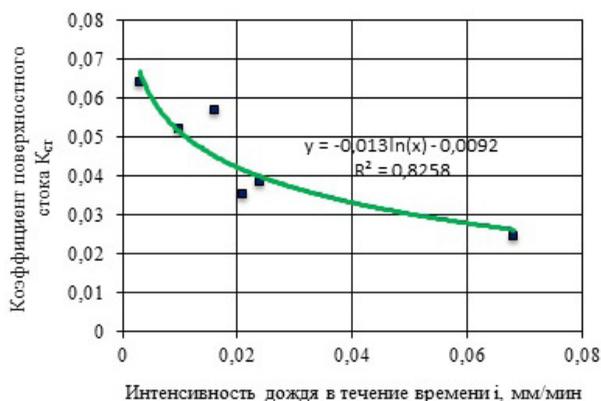


Рис. 2. Зависимость коэффициента поверхностного стока от интенсивности дождя на экспериментальном участке железнодорожного пути:

y – уравнение, описывающее построение аппроксимирующей (сглаживающей) кривой; R^2 – величина достоверности аппроксимации (сглаживания)

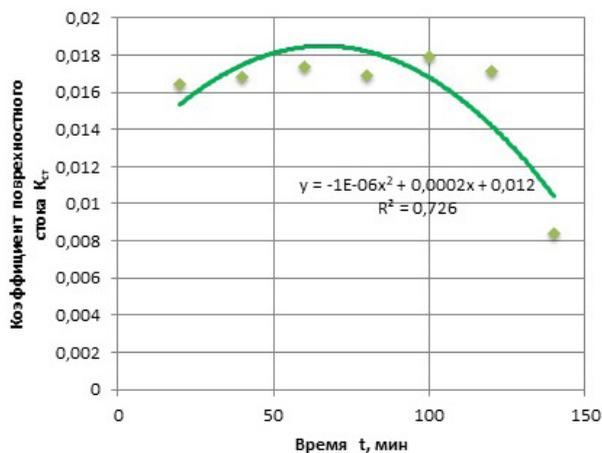


Рис. 3. Зависимость коэффициента поверхностного стока от времени на экспериментальном участке железнодорожного пути

Таблица 1

Определение коэффициента фильтрационного стока
на экспериментальном участке железнодорожного пути

№ п/п	t , мин	q , л	Q , л	$K_{ст}$	i , мм/мин
1	20	3,954	0,073	0,0184	0,012
2	40	4,362	0,078	0,0179	0,015
3	80	4,583	0,085	0,0185	0,017
4	100	5,748	0,104	0,0181	0,023
5	120	6,112	0,116	0,0190	0,026
6	140	4,095	0,081	0,0198	0,013
7	160	2,703	0,033	0,0110	0,008

Здесь t – время выпадения дождя, мин; q – объем поверхностного стока, попавшего на экспериментальный участок железнодорожного пути, л; Q – объем поверхностного стока, попавшего в водосборные емкости, л; $K_{ст}$ – коэффициент поверхностного стока; i – интенсивность дождя с течением времени, мм/мин

Таблица 2

Изменения вязкости от концентраций загрязняющих веществ

Показатель	Объем, м ³	Среднее значение времени впитывания	Корректировочный фактор $K_{сред}$	Среднее квадратичное отклонение
Вода дистиллированная	0,2	47 мин 13 с	1	0
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л)	0,2	40 мин 21 с	1,23	0,21
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 250 мг/л)	0,2	2 ч 18 мин 21 с	2,27	0,33
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 500 мг/л)	0,2	2 ч 30 мин 35 с	2,82	0,2
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 750 мг/л)	0,2	1 ч 56 мин 34 с	2,52	0,06
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 1000 мг/л)	0,2	1 ч 50 мин 28 с	2,73	0,19
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 5000 мг/л)	0,2	1 ч 44 мин 54 с	2,48	0,03
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 10000 мг/л)	0,2	1 ч 35 мин 45 с	2,12	0,04

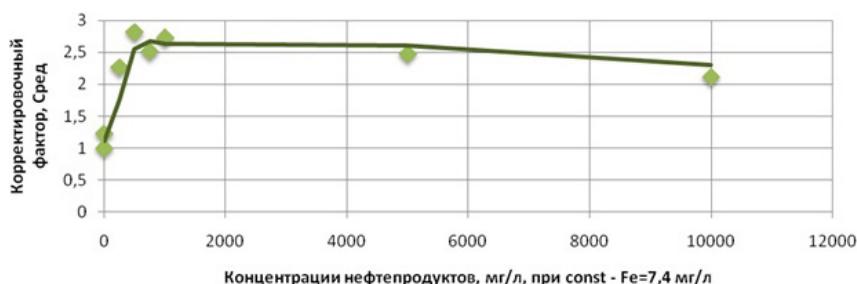


Рис. 4. Зависимость характера фильтрации от концентрации нефтепродуктов через корректировочный фактор

$$L_{\text{низ}} = \left(\frac{C_{\text{верх}}}{C_{\text{низ}}} \right) \cdot L_{\text{верх}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{низ}}, L_{\text{верх}}$ – расширение фильтрационного потока жидкости (ширина потока жидкости); $C_{\text{верх}}, C_{\text{низ}}$ – скорости фильтрации жидкости.

$$R_{\text{пес}} = \sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{пес}}}} \cdot R_{\text{л}}. \quad (2)$$

Фильтрация в песке продолжается путем снижения скорости фильтрации $C_{\text{пес}}$. На границе песка и грунта происходит вторичное снижение скорости фильтрации (до величины $C_{\text{гр}}$) и расширение фильтрационного канала до величины $R_{\text{гр}}$:

$$R_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{гр}}}} \cdot R_{\text{л}}. \quad (3)$$

Следует отметить, что, как правило (см. табл. 1, 2), коэффициент фильтрации песка уменьшается по отношению к коэффициенту фильтрации щебня, а коэффициент фильтрации грунта – во много раз уменьшается по отношению к коэффициенту фильтрации песка.

Численные оценки показывают, что радиус фильтрационного канала в песке в $\sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{пес}}}} \approx 4,42$ раза больше радиуса скопившейся на поверхности грунта жидкости, а радиус фильтрационного канала в грунте – в $\sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{гр}}}} \approx 67$ раз больше радиуса скопившейся на поверхности грунта жидкости. Ясно, что любое скопление жидкости на железнодорожных путях приводит к боковым выбросам как на границе слоя щебня и песка, так и на границе слоя песка и грунта.

Строгие геометрические оценки достаточно громоздки, но в предположении $C_{\text{щеб}} \gg C_{\text{пес}} \gg C_{\text{гр}}, R_{\text{л}} \approx \frac{L_{\text{пути}}}{2}$, ($L_{\text{пути}}$ – ширина пути) с использованием формул (1) и (2) можно определить долю жидкости, выброшенной на границе щебня и песка, как $\Delta_{\text{щеб/пес}}$:

$$\Delta_{\text{щеб/пес}} \approx 1 - \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C_{\text{пес}}}{C_{\text{щеб}}}} \cdot \frac{L_{\text{пути}}}{R_{\text{л}}}, \quad (4)$$

а долю жидкости, выброшенной на границе песка и грунта, как $\Delta_{\text{пес/гр}}$:

$$\Delta_{\text{пес/гр}} \approx \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C_{\text{пес}}}{C_{\text{щеб}}}} \cdot \frac{L_{\text{пути}}}{R_{\text{л}}} \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{гр}}}{C_{\text{пес}}} \right). \quad (5)$$

Основная часть просачиваемой жидкости выбрасывается на границе щебня и песка, а оставшаяся небольшая часть жидкости – на границе песка и грунта. Так, в частности, при принятых выше предположениях для численных оценок и дополнительном предположении, что $R_{\text{л}} \approx \frac{L_{\text{пути}}}{2}$, имеем: $\Delta_{\text{щеб/пес}} \approx 71,3 \%$, $\Delta_{\text{пес/гр}} \approx$

28,7 %. Это означает, что примерно 2/3 просачиваемой жидкости выбрасывается на границе щебня и песка, а почти вся оставшаяся 1/3 – на границе песка и грунта даже при полном отсутствии геотекстиля.

Кроме того, необходимо определить время впитывания жидкости $t_{\text{впит}}$, а также временную задержку между временем возникновения скопления жидкости на поверхности и временем выброса на границах сред. Действительно, приняв для глубины скопившейся жидкости, для времени впитывания имеем:

$$t_{\text{впит}} = \frac{h_{\text{макс}}}{C_{\text{щеб}}}. \quad (6)$$

Сравнивая время начала выброса на границе щебень-песок с моментом подхода фильтрационной «капли» жидкости к этой границе и введя высоту слоя щебня $h_{\text{щеб}}$, а также учитывая, что скорость движения жидкости в щебне равна $C_{\text{щеб}} / m_{\text{щеб}}$, для задержки начала выброса на границе щебень-песок $t_{\text{щеб/пес}}$ имеем:

$$t_{\text{щеб/пес}} = \frac{h_{\text{щеб}} \cdot m_{\text{щеб}}}{C_{\text{щеб}}}. \quad (7)$$

Продолжительность выброса $\Delta t_{\text{щеб/пес}}$ можно определить, приняв, что высота «капли» жидкости равна $h_{\text{макс}} / m_{\text{щеб}}$, а скорость ее перемещения – $C_{\text{щеб}} / m_{\text{щеб}}$.

В итоге имеем:

$$\Delta t_{\text{щеб/пес}} = \frac{h_{\text{макс}}}{C_{\text{щеб}}}. \quad (8)$$

Аналогично оценивается время задержки и продолжительность выброса на границе песок-грунт:

$$t_{\text{пес/гр}} = \frac{h_{\text{пес}} \cdot m_{\text{пес}}}{C_{\text{пес}}}, \quad (9)$$

$$\Delta t_{\text{пес/гр}} = \frac{h_{\text{макс}}}{C_{\text{пес}}}. \quad (10)$$

Например, предполагая для чистой воды, что $h_{\text{макс}} = 0,05$ м, $h_{\text{щеб}} = h_{\text{пес}} = 0,5$ м, имеем: $t_{\text{щеб/пес}} = 23$ с, $\Delta t_{\text{щеб/пес}} = 5$ с, $t_{\text{пес/гр}} = 147$ с, $\Delta t_{\text{пес/гр}} = 98$ с, согласно формулам (7) – (10). Из этого следует, что впитывание скопившейся жидкости и боковой выброс жидкости происходят достаточно быстро, т. е. выброс на границе балластной призмы и песчаной подушки начинается уже через 23 с после выпадения проливного дождя (ливня) и заканчивается через 28 с, а выброс на границе песчаной подушки и грунта начинается через 103 с и заканчивается через 350 с.

Отметим, что определение длительности времени выброса жидкости (Δt) зависит от интенсивности дождя (или иного способа оро-

шения поверхности) по закону прямой пропорциональности, а определение их задержек (t) – не зависит от нее. Так, например, если вместо 50 мм осадков (как принято в нашем случае – чистой воды) будет всего 5 мм загрязненной воды, время выброса жидкости изменится следующим образом: $t_{\text{впит}} = 0,5$ с, $t_{\text{щеб/пес}} = 23$ с, $\Delta t_{\text{щеб/пес}} = 0,5$ с, $t_{\text{пес/гр}} = 147$ с, $\Delta t_{\text{пес/гр}} = 9,8$ с.

На основании полученных результатов можно рассмотреть процессы фильтрации поверхностного стока, загрязнённого нефтепродуктами через пористые среды.

Следовательно, при высоте слоя воды $h_{\text{макс}} = 0,05$ м загрязненного поверхностного стока, при концентрации в нем нефтепродуктов $C_{\text{нефт}} = 250$ мг/л, высота столба жидкости в балластной призме будет $h_{\text{щеб}} = h_{\text{пес}} = 0,5$ м, тогда имеем время просачивания жидкости: $t_{\text{щеб/пес}} = 52,21$ с на границе фаз «щебень – песок», а время выброса $\Delta t_{\text{щеб/пес}} = 11,35$ с.

Соответственно время просачивания жидкости на границе фаз «песок – грунт» будет $t_{\text{пес/гр}} = 333,69$ с, время выброса $\Delta t_{\text{пес/гр}} = 222,46$ с. Расчеты сведены в табл. 3.

Таблица 3

Варианты поведения жидкости при ее просачивании при $L = 2,925$ м
(1/4 поперечного разреза железнодорожного пути при двухпутном пути $L = 11,7$ м)

Ситуация для чистой балластной призмы	Результат	Ситуация для загрязненной (1/1,23) балластной призмы	Ситуация для загрязненной (1/2,27) балластной призмы
$Q < Q_{\text{гр}} = 0,059$ л/с 0 – 0,02 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути	$Q < Q_{\text{гр}} = 0,048$ л/с 0 – 0,016 %	$Q < Q_{\text{гр}} = 0,026$ л/с 0 – 0,008 %
$0,059$ л/с = $Q_{\text{гр}} < Q < Q_{\text{пес}}$ = 14,0 л/с 0,02 – 4,7 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути. Возникает один боковой выброс воды (песок – грунт)	$0,048$ л/с = $Q_{\text{гр}} < Q < Q_{\text{пес}}$ = 11,38 л/с 0,016 – 3,8 %	$0,026$ л/с = $Q_{\text{гр}} < Q < Q_{\text{пес}}$ = 6,17 л/с 0,008 – 2,06 %
$14,0$ л/с = $Q_{\text{пес}} < Q < Q_{\text{щеб}}$ = 269,0 л/с 4,7 – 89,6 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути. Возникает два боковых выброса воды (щебень – песок, песок – грунт)	$11,38$ л/с = $Q_{\text{пес}} < Q < Q_{\text{щеб}}$ = 218,7 л/с 3,8 – 72,67 %	$6,17$ л/с = $Q_{\text{пес}} < Q < Q_{\text{щеб}}$ = 118,5 л/с 2,06 – 39,5 %
$Q > Q_{\text{пес}} = 269,0$ л/с 89,6 – 100 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути. Возникает два боковых выброса воды (щебень – песок, песок – грунт)	$Q > Q_{\text{пес}} = 218,7-$ $260,8$ л/с 72,67-86,93(100) %	$Q > Q_{\text{пес}} = 118,8-$ $143,6$ л/с 39,5 – 47,9(100) %

Вывод. Концентрация нефтепродуктов в поверхностных сточных водах значительно влияет на расход и коэффициент поверхностного стока, а также на расход фильтрационного стока. Чем более загрязнены железнодорожные пути, тем меньшее количество жидкости просачивается через балластную призму и уменьшается фильтрационный сток с железнодорожных путей. Образующийся непроницаемый слой нефтепродуктов и пыли (взвешенных веществ) влияет на скопление поверхностных сточных вод на железнодорожных путях и вдоль них. Соответственно, чем меньше загрязнены пути, тем больше боковое высачивание и поступление фильтрационного стока в грунт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование загрязнения водотоков поверхностным стоком с железнодорожного полотна / Н.С. Бухман, С.Ю. Теплых, А.К. Стрелков, П.А. Горшкалева // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 12. С. 44–52.
2. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А. Технологические схемы сбора, отведения и очистки поверхностных сточных вод предприятий железнодорожного транспорта // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 3. С. 73–78.
3. Теплых С.Ю., Бухман Н.С. Виды водоотводящих инженерных систем железнодорожных комплексов // Градостроительство и архитектура. 2021. № 4 (11). С. 22–35. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.3.
4. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А. Изучение качественных характеристик поверхностного стока с железнодорожных путей // Градостроительство и архитектура. 2013. № 1. С. 61–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.10.
5. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А., Саргсян А.М. Экологические аспекты воздействия поверхностных сточных вод с железнодорожных станций // Градостроительство и архитектура. 2013. № 4. С. 83–88. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.S4.23.
6. Теплых С.Ю. Количественные характеристики поверхностного стока с железнодорожных путей // Градостроительство и архитектура. 2022. № 4 (12). С. 42–51. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.06.
7. 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.
8. Стрелков А.К., Теплых С.Ю. Определение расхода фильтрационного стока железнодорожного пути // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сб. статей / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара, 2020. С. 272–280.
9. Анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути / А.К. Стрелков, С.Ю. Теплых, Н.С.

Бухман, А.М. Саргсян // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 12. С. 63–72.

10. Теплых С.Ю., Саргсян А.М. Влияние поверхностного стока с путей на водные объекты // Путь и путевое хозяйство. М., 2012. № 5. С. 27–29. Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки П-717-80. М.: Энергоиздат, 1981. 91 с. (действующее).

REFERENCES

1. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Strelkov A.K., Gorshkalev P.A. Mathematical modeling of pollution of watercourses by surface runoff from the railway bed. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2018, no. 12, pp. 44–52. (in Russian)
2. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A. Technological schemes for the collection, disposal and treatment of surface wastewater of railway transport enterprises. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2017, no. 3, pp. 73–78. (in Russian)
3. Teplykh S.Yu., Bukhman N.S. Types of drainage engineering systems of railway complexes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 22–35. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.3
4. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A. Study of qualitative characteristics of surface runoff from railway tracks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2013, no. 1, pp. 61–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.10
5. Teplykh S.Yu. Quantitative characteristics of surface runoff from railway tracks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 42–51. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.06
6. 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 gathering, processing and transportation of oil and petroleum products], 2021, no. 4(132), pp. 51–59. (in Russian)
7. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu. Determination of the flow rate of the filtration runoff of the railway track. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tehnologii: sb. statej / pod red. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies: Sat. articles/ed. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova]. Samara, 2020, pp. 272–280. (In Russian).
8. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Bukhman N.S., Sargsyan A.M. Analysis and characterization of surface runoff filtration in the ballast prism of the railway track. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2015, no. 12, pp. 63–72. (in Russian)
9. Teplykh S.Yu., Sargsyan A.M. Influence of surface runoff from tracks on water bodies. *Pu' i putevoe*

hozjajstvo [Path and Track Management], Moscow, 2012, no. 5, pp. 27–29. (in Russian)

10. *Rukovodstvo po opredeleniju kojefficienta fil'tracii vodonosnyh porod metodom opytnoj otkachki P-717-80* [Guidelines for Determining the Filtration Coefficient of Aquifers by Pilot Pumping P-717-80]. Moscow, Energoizdat, 1981. 91 p.

Об авторе:

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения

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

TEPLYH Svetlana Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor the Water Supply and Wastewater Chair

Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю. Исследования по определению расхода фильтрационного стока с железнодорожного пути // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 57–63. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.8. For citation: Teplykh S.Yu. Research to Determine Filtration Flow from the Railway. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 57–63. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.8.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 621.311.22:621.11(075.8)

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.09

А. А. КУДИНОВ
С. К. ЗИГАНШИНА
К. Р. ХУСАИНОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ЗА СЧЕТ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА ТУРБИНЫМ КОНДЕНСАТОМ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF COMBINED-CYCLE GAS INSTALLATIONS
DUE TO INTERMEDIATE COOLING CYCLIC AIR BY TURBINE CONDENSATE

Для повышения эффективности работы парогазовой установки предложено промежуточное охлаждение циклового воздуха двухступенчатого турбокомпрессора газотурбинной установки осуществлять турбинным конденсатом с последующим его охлаждением подпиточной водой системы централизованного теплоснабжения, а после газового подогревателя конденсата в хвостовой части двухконтурного котла-утилизатора дополнительно разместить теплообменную поверхность подогревателя исходной воды. Предложенное решение позволяет сохранить в комбинированном цикле Брайтона-Ренкина теплоту, затраченную на промежуточное охлаждение циклового воздуха газотурбинной установки. При этом для повышения КПД котла-утилизатора температура отводимых от него уходящих газов снижается в подогревателе исходной воды. Выполнен анализ работы парогазового энергетического блока ПГУ-450 без использования и с использованием промежуточного охлаждения циклового воздуха турбинным конденсатом. Установлено, что при введении промежуточного охлаждения циклового воздуха удельный расход условного топлива на выработку электрической энергии для ПГУ-450 снижается с 239,16 до 235,81 г/(кВт·ч).

Ключевые слова: газотурбинная установка, котел-утилизатор, паровая турбина, парогазовая установка, промежуточное охлаждение циклового воздуха, газовый подогреватель исходной воды, подпиточная вода, тепловой расчет, экономическая эффективность

To increase the efficiency of the combined-cycle gas plant, it is proposed to carry out the daily cooling of the cyclic air of the two-stage turbocharger of the gas turbine plant with turbine condensate, followed by its cooling with the make-up water of the district heating system, and after the gas condensate heater in the tail section of the two-circuit heat exchanger, additionally place the heat exchange surface of the source water heater. The proposed solution makes it possible to save in the combined Brighton-Rankin cycle the heat spent on intermediate cooling of the cyclic air of the GTU. At the same time, in order to increase the efficiency of the heat recovery boiler, the temperature of the exhaust gases discharged from it is reduced in the source water heater. The analysis of the operation of the combined-cycle power unit PGU-450 without the use and with the use of intermediate cooling of the cyclic air by a turbine condenser is carried out. It has been established that with the introduction of intermediate cooling of cyclic air, the specific consumption of conventional fuel for the generation of electrical energy for PGU-450 decreases from 239.16 to 235.81 g/(kWh).

Keywords: gas turbine plant, heat recovery boiler, steam turbine, combined cycle gas plant, intermediate cooling of cyclic air, gas source water heater, make-up water, thermal calculation, economic efficiency

Наиболее совершенными с термодинамической точки зрения являются парогазовые установки (ПГУ-У), работающие по комбинированному циклу Брайтона-Ренкина [1–3]. В состав ПГУ-У входит одна или несколько газотурбинных установок (ГТУ) с котлами-утилизаторами (КУ) и паровая турбина. К преимуществам утилизационных ПГУ следует отнести высокую тепловую экономичность, малое потребление охлаждающей воды, быстрое изменение электрической нагрузки [3–5]. Кроме того, по сравнению с традиционными паросиловыми установками при работе парогазовых блоков наносится меньший вред окружающей среде, что обусловлено использованием в качестве основного топлива природного газа. В конденсационном режиме КПД парогазовых установок с двухконтурным котлом-утилизатором без промежуточного перегрева водяного пара составляет 49–54 % [2, 5].

В настоящее время из-за постоянного увеличения стоимости органического топлива особенно актуальной является задача совершенствования парогазовых энергоблоков с целью доведения электрического КПД ПГУ до 58–60 % и выше. Достичь высоких значений КПД можно за счет увеличения начальных параметров рабочих тел циклов Ренкина и Брайтона комбинированной установки. Поэтому при строительстве парогазовых ТЭС предпочтение отдается мощным газотурбинным установкам с высокой начальной температурой газов [6, 7]. Не менее важной задачей является повышение экономичности котла-утилизатора за счет более глубокого охлаждения уходящих газов. Для этой цели в «хвостовой» части котла-утилизатора размещают газовый подогреватель конденсата (ГПК), на выходе из которого температура газов снижается до 120 °С и ниже [3, 5]. Очередным направлением совершенствования парогазовых установок является увеличение КПД газотурбинных установок за счет промежуточного охлаждения циклового воздуха [7–9].

На практике наибольшее распространение получили двухконтурные парогазовые установки, работающие по дубль-блочной схеме. К их числу относится парогазовый блок ПГУ-450 Северо-Западной ТЭЦ г. Санкт-Петербурга, который состоит из двух газотурбинных установок Siemens V94.2 номинальной мощностью по 158 МВт каждая, двух двухконтурных котлов-утилизаторов П-90 и двухцилиндровой паровой турбины КТ-150-8. Для отпуска тепловой энергии с горячей сетевой водой предусмотрено два отопительных отбора водяного пара из проточной части турбины. КПД ПГУ-450 по выработке электрической энергии при работе в конденсационном режиме составляет 51,5 %.

Для повышения эффективности работы парогазовой установки утилизационного типа путем полезного использования теплоты сжимаемого циклового воздуха предлагается в воздухоохладителе двухступенчатого турбокомпрессора газотурбинной установки осуществлять подогрев турбинного конденсата с последующим охлаждением его в тракте подогревателя подпиточной воды [9]. При этом для повышения КПД котельной установки за последней поверхностью нагрева двухконтурного котла-утилизатора дополнительно размещается газовый подогреватель исходной воды (ГПИВ), в котором исходную воду подогревают до 35–40 °С перед подачей на водоумягчительную установку и далее в тепловую сеть для восполнения потерь сетевой воды (рис. 1). В этом случае газотурбинная установка будет состоять из турбокомпрессоров низкого ТК-1 и высокого давления ТК-2, разделенных между собой воздухоохладителем ВО, камеры сгорания КС, газовой турбины ГТ и электрического генератора ЭГ. В результате более глубокого охлаждения газов экономичность котла-утилизатора возрастает с одновременным повышением КПД газотурбинной установки за счет промежуточного охлаждения циклового воздуха [7, 10, 11].

Парогазовая установка функционирует следующим образом (см. рис. 1). Атмосферный воздух после очистки в комплексном воздухоочистительном устройстве (на схеме не показано) поступает в турбокомпрессор низких параметров ТК-1, в котором сжимается до давления, определяемого степенью сжатия $\beta_1 = 3$. Сжатый воздух охлаждается в воздухоохладителе в процессе теплообмена с потоком турбинного конденсата. Далее цикловой воздух повторно сжимается в компрессоре высокого давления ТК-2 и подается в камеру сгорания КС. Образовавшиеся в процессе горения топлива газы расширяются в газовой турбине ГТ и отводятся в котел-утилизатор для передачи своей теплоты пару и воде.

В первой по ходу движения газов поверхности нагрева КУ – пароперегревателе высокого давления – насыщенный водяной пар, поступающий из барабана высокого давления, перегревается до температуры 512 °С и направляется в цилиндр высокого давления (ЦВД) паровой турбины, где, расширяясь, совершает полезную работу. Затем отработавший в ЦВД пар смешивается с потоком перегретого пара низкого давления. Образовавшаяся паровая смесь подается в цилиндр низкого давления (ЦНД) паровой турбины и в процессе расширения совершает работу паротурбинного цикла. Отработавший в турбине пар отводится в конденсатор.

Особенность предложенной схемы заключается в подаче турбинного конденсата в воз-

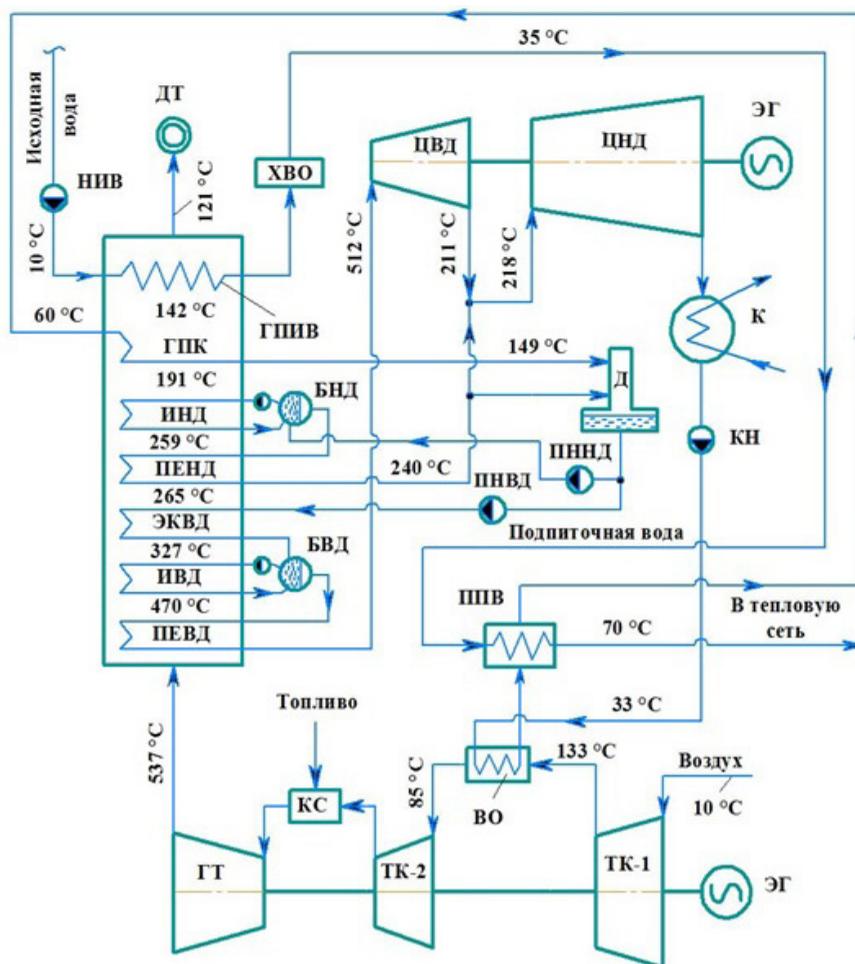


Рис. 1. Тепловая схема парогазовой установки ПГУ-450: ТК-1, ТК-2 – турбокомпрессоры высокого и низкого давления; КС – камера сгорания; ГТ – газовая турбина; ВО – воздухоохладитель; ЭГ – электрический генератор; ЦВД, ЦНД – цилиндры высокого и низкого давления паровой турбины; К – конденсатор; Д – деаэрактор; ПЕВД, ПЕНД – пароперегреватели высокого и низкого давления; ИВД, ИНД – испарители высокого и низкого давления; ЭКВД – водяной экономайзер высокого давления; ГПК, ГПИВ – газовые подогреватели конденсата и исходной воды; БВД, БНД – барабаны высокого и низкого давления; ПНВД, ПННД – питательные насосы высокого и низкого давления; КН – конденсатный насос; НИВ – насос исходной воды; ХВО – химводоочистка; ППВ – подогреватель подпиточной воды

духоохладитель турбокомпрессора ГТУ для подогрева до температуры 110 °C и в нагреве исходной воды в дополнительно устанавливаемом ГПИВ котла-утилизатора. Подогрев исходной воды осуществляется до 35 °C, после чего она направляется на химводоочистку (ХВО), и затем поступает в подогреватель подпиточной воды (ППВ). Подогретая в ППВ подпиточная вода с температурой 70 °C подается в тепловую сеть на восполнение потерь сетевой воды. Для охлаждения до необходимой температуры (60 – 70 °C) конденсат направляется в греющий тракт ППВ, в котором передает свою теплоту подпиточной воде.

С целью определения эффективности от использования промежуточного охлаждения

циклового воздуха турбинным конденсатом был проведен сравнительный анализ работы ПГУ-450 с промежуточным охлаждением циклового воздуха и при его отсутствии с использованием методики, изложенной в [2, 4, 10].

Тепловой расчет был проведен при следующих исходных данных: КПД и мощность ГТУ $\eta_{ГТУ} = 34,4 \%$, $N_{ГТУ} = 157$ МВт; начальная и конечная температура газов $t_{ГТ}^{\prime} = 1125$ °C и $t_{ГТ}^{\prime\prime} = 537$ °C; расходы циклового воздуха и газов $G_{в} = 500$ кг/с и $G_{Г} = 509$ кг/с; давления перегретого пара высокого и низкого давления $p_0^{B, \Delta} = 8,0$ МПа и $p_0^{H, \Delta} = 0,65$ МПа; исходная степень повышения давления воздуха в турбокомпрессоре ГТУ $\beta = 11,3$; внутренний относительный КПД турбокомпрессора и газовой турбины $\eta_{0i} = 0,85$; элек-

тротеханический КПД турбины $\eta_{ЭМ} = 0,975$; давление в конденсаторе турбины $p_k = 5$ кПа; давление в деаэраторе $p_d = 0,6$ МПа; показатель адиабаты воздуха $k = 1,4$; величины температурных напоров на горячей и холодной стороне поверхностей нагрева КУ $\delta t = 25$ °С и недогрева до температуры насыщения $\Delta t = 10$ °С. Приняты величины степени повышения давления воздуха в ТК-1 и ТК-2 $\beta_1 = 3$ и $\beta_2 = 4$. Тепловой расчет выполнен для работы ПГУ в конденсационном режиме при температуре наружного воздуха $t_{НВ} = +10$ °С.

Из уравнений теплового баланса определяются паропроизводительности контуров высокого и низкого давления котла-утилизатора:

$$D_0^{ВД} = \frac{G_{Г}(h_{ГТ}'' - h_{ИВД}'')}{(h_0^{ВД} - h_1)}, \quad (1)$$

$$D_0^{НД} = \frac{G_{Г}(h_{ЭКВД}'' - h_{ИНД}'')}{h_0^{НД} - h_d}, \quad (2)$$

где $h_0^{ВД}$, $h_0^{НД}$ – энтальпии перегретого пара высокого и низкого давления, кДж/кг; $h_{ГТ}''$ – энтальпия отработавших газов, кДж/кг; $h_{ИВД}''$, $h_{ИНД}''$, $h_{ЭКВД}''$ – энтальпии газов после испарителей высокого и низкого давления и водяного экономайзера высокого давления, кДж/кг; h_1 – энтальпия нагретой в ЭКВД питательной воды, кДж/кг; h_d – энтальпия деаэрированной воды.

После ЦВД турбины отработавший пар смешивается с потоком перегретого пара низких параметров и образовавшаяся паровая смесь с расходом $D_{ЦНД} = 2 \cdot (D_0^{ВД} + D_0^{НД})$ и энтальпией

$$h_{см} = \frac{2 \cdot (D_0^{ВД} h_{к}^{ВД} + D_0^{НД} h_0^{НД})}{D_{ЦНД}} \quad (3)$$

поступает в проточную часть ЦНД турбины.

Мощность паровой турбины определяется по формуле

$$N_{ПТ} = ((2 \cdot D_0^{ВД} \cdot H_i^{ВД}) + (D_{ЦНД} \cdot H_i^{ЦНД})) \cdot \eta_{ЭМ}, \quad (4)$$

где $H_i^{ВД}$, $H_i^{ЦНД}$ – действительные теплоперепады пара в ЦВД и ЦНД паровой турбины, кДж/кг.

$$\eta_{ГТУ} = \frac{(h_{ГТ}' - h_{ГТ}'') - [(h_{ТК-2}' - h_{ТК-2}'') + (h_{ТК-1}' - h_{ТК-1}'')]}{(h_{ГТ}' - h_{ТК-2}'') - (h_{ТК-1}' - h_{ТК-2}')}, \quad (11)$$

$$N_{ГТУ} = G_{Г} \cdot (h_{ГТ}' - h_{ГТ}'') - G_{В} \cdot ((h_{ТК-2}' - h_{ТК-2}'') + (h_{ТК-1}' - h_{ТК-1}'')). \quad (12)$$

Расход исходной воды через ГПИВ котла-утилизатора равен расходу подпиточной воды: $G_{ИСХ} = G_{ПОДП}$. Энтальпия уходящих газов на выходе из котла-утилизатора определяется по формуле

$$h_{ку}'' = h_{ГПК}'' - \frac{G_{ИСХ}(h_{ИСХ}'' - h_{ИСХ}')}{G_{Г}}. \quad (5)$$

Здесь $h_{ГПК}''$ – энтальпия газов после ГПК, кДж/кг; $h_{ИСХ}'$, $h_{ИСХ}''$ – энтальпии исходной воды перед ГПИВ котла-утилизатора и на выходе из него, кДж/кг.

Температуры циклового воздуха после адиабатного процесса сжатия в ТК-1 и ТК-2:

$$t_{ТК-1}'' (ид) = [(t_{НВ} + 273) \cdot \beta_1^{(k-1)/k}] - 273; \quad (6)$$

$$t_{ТК-2}'' (ид) = [(t_{ТК-2}' + 273) \cdot \beta_2^{(k-1)/k}] - 273. \quad (7)$$

Действительные значения температур воздуха после изэнтропийного процесса сжатия в компрессорах ТК-1 и ТК-2 рассчитывались по формулам:

$$t_{ТК-1}'' = \frac{t_{ТК-1}'' (ид) - t_{НВ}}{\eta_{oi}} + t_{НВ}; \quad (8)$$

$$t_{ТК-2}'' = \frac{t_{ТК-2}'' (ид) - t_{ТК-2}'}{\eta_{oi}} + t_{ТК-2}'. \quad (9)$$

где $t_{ТК-2}'$ – температура охлажденного циклового воздуха на входе в турбокомпрессор высокого давления ТК-2, °С.

Температура $t_{ТК-2}'$ определяется по известной энтальпии:

$$h_{ТК-2}' = h_{ТК-1}'' - \frac{G_{К} \cdot (h_{К}^{BO} - h_{К}')}{G_{В}}. \quad (10)$$

В формуле (10): $G_{К}$, $h_{К}'$, $h_{К}^{BO}$ – расход и энтальпия турбинного конденсата на входе в воздухоохладитель турбокомпрессора ГТУ и на выходе из него, кДж/кг.

КПД и мощность газотурбинной установки рассчитывались по формулам:

Для определения экономичности (КПД) парогазовой установки использовалась формула [4, 12, 13]:

$$\eta_{\text{ПГУ}} = \eta_{\text{ГТУ}} + (1 - \eta_{\text{ГТУ}})\eta_{\text{КУ}}\eta_{\text{ПТ}}, \quad (13)$$

где $\eta_{\text{КУ}}$, $\eta_{\text{ПТ}}$ – КПД котла-утилизатора и паровой турбины.

Из уравнения теплового баланса для подогревателя подпиточной воды рассчитывался расход подпиточной воды (для одного КУ):

$$G_{\text{подп}} = \frac{G_{\text{К}} \cdot (h_{\text{К}}^{\text{ВО}} - h_{\text{К}}^{\text{ГПК}})}{h_{\text{подп2}} - h_{\text{подп1}}}, \quad (14)$$

где $h_{\text{К}}^{\text{ГПК}}$, $h_{\text{подп1}}$, $h_{\text{подп2}}$ – энтальпии турбинного конденсата на входе в КУ и подпиточной воды на входе в ППВ и на выходе из него, кДж/кг.

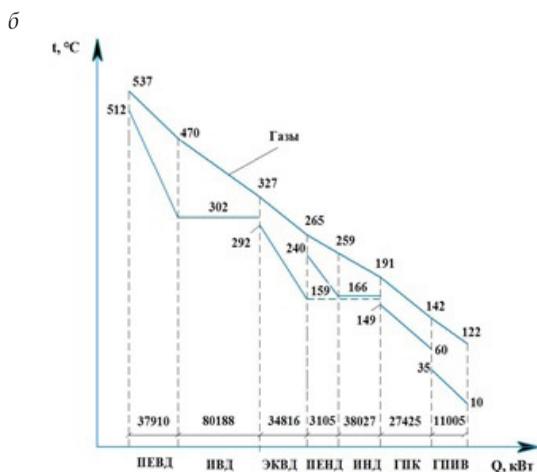
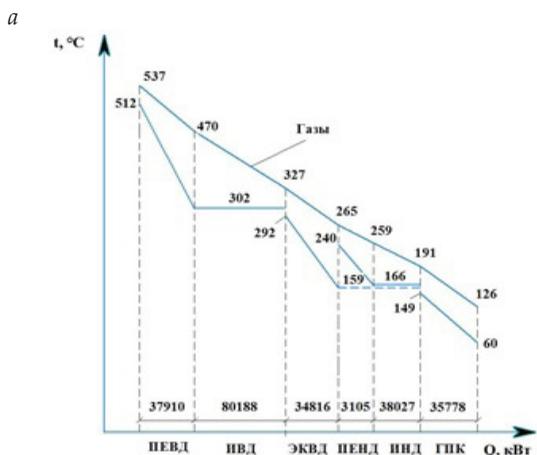


Рис. 2. Тепловая диаграмма двухконтурного котла-утилизатора:

a – без размещения в «хвостовой» части КУ газового подогревателя исходной воды;
б – с размещением в «хвостовой» части КУ газового подогревателя исходной воды

На рис. 2 и 3 приведены тепловая диаграмма котла-утилизатора и процесс расширения пара в проточной части паровой турбины. На оси абсцисс тепловой диаграммы показаны значения тепловых нагрузок поверхностей нагрева котла-утилизатора. В частности, тепловая мощность газового подогревателя исходной воды составила 11,0 МВт (см. рис. 2, б).

В таблице приведены основные расчетные характеристики парогазовой установки ПГУ-450 с использованием и без использования промежуточного охлаждения циклового воздуха. Они были получены в результате теплового расчета, проведенного при условии работы парогазового энергетического блока в конденсационном режиме – при отключенных сетевых подогревателях (на рис. 1 не показаны).

Следует отметить, что отвод турбинного конденсата на подогрев в воздухоохладитель турбокомпрессора ГТУ и последующее его охлаждение в подогревателе подпиточной воды обуславливает снижение расхода воды через ГПК котла-утилизатора в сравнении с обычной схемой работы ПГУ, поскольку отсутствует рециркуляция. В результате температура уходящих газов после ГПК повысилась с 126 до 142 °С. Однако за счет более глубокого охлаждения газов в ППВ экономичность котла-утилизатора повышается с 78,28 до 79,14 %. Одновременно повышается КПД газотурбинной установки за счет промежуточного охлаждения циклового воздуха.

Расчетные зависимости КПД котла-утилизатора и парогазовой установки ПГУ-450 от температуры турбинного конденсата на

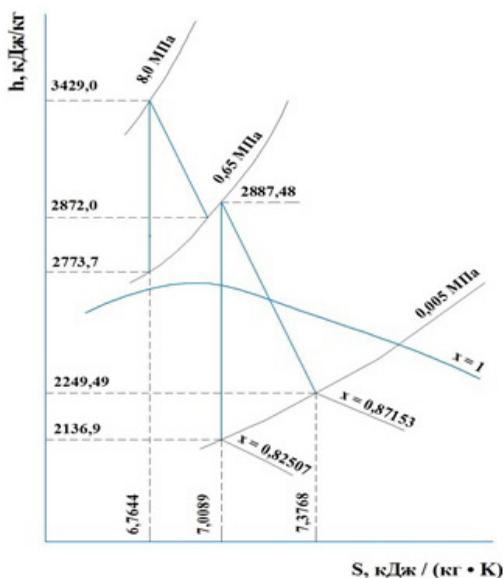


Рис. 3. Процесс расширения пара в паровой турбине ПГУ-450

Расчетные характеристики ПГУ-450 с промежуточным охлаждением
циклового воздуха турбинным конденсатом и без промощаждения воздуха

Параметр	Ед. изм.	Значение параметра	
		без использования промежуточного охлаждения циклового воздуха	с использованием промежуточного охлаждения циклового воздуха турбинным конденсатом
Электрическая мощность ГТУ	МВт	157,9	162,86
КПД ГТУ	%	34,5	35,23
Электрическая мощность паровой турбины	МВт	151,79	151,79
КПД паровой турбины	%	33,02	33,02
КПД КУ	%	78,28	79,14
Электрическая мощность ПГУ	МВт	467,6	477,51
КПД ПГУ	%	51,43	52,16
Удельный расход условного топлива	г / (кВт·ч)	239,16	235,81
Значения температур газов по поверхностям нагрева котла-утилизатора			
После ГТУ	°С	537	537
После ПЕВД	°С	470	470
После ИВД	°С	327	327
После ЭКВД	°С	265	265
После ПЕНД	°С	259	259
После ИНД	°С	191	191
После ГПК	°С	126	142
После ГПИВ	°С	–	122
Расходы теплоносителей			
Конденсата через ГПК	кг/с	96,01	73,6
Подпиточной воды	кг/с	–	105,14

входе в ГПК представлены на рис. 4. Как следует из приведенных графиков, снижение температуры конденсата на входе в котел-утилизатор обуславливает снижение температуры отводимых из котла-утилизатора уходящих газов и, соответственно, увеличение экономичности ПГУ-У.

Повышение экономичности при введении промежуточного охлаждения циклового воздуха турбинным конденсатом можно оценить путем сравнения результатов проведенных расчетов в обоих вариантах для рассматриваемой парогазовой установки. Анализ результатов расчетов показывает, что КПД парогазового блока ПГУ-450 с использованием промежуточного охлаждения циклового воздуха равен 52,16 %, а без промежуточного охлаждения –

51,43 %. Таким образом, прирост повышения КПД парогазовой установки составляет 0,73 %.

В работе [14] повышение экономичности парогазовой установки электростанции предлагается осуществлять путем отвода отработавших в котле-утилизаторе газов в атмосферу через вытяжную башню градирни с естественной вентиляцией воздуха, что позволяет отказаться от строительства и эксплуатации дымовой трубы. Для этого в вытяжной башне градирни устанавливается газораспределительное устройство, состоящее не менее чем из двух соединенных между собой патрубком кольцевых перфорированных коллекторов переменного поперечного сечения, которое соединяется трубопроводом с газоходом отвода в атмосферу уходящих продуктов сгорания.

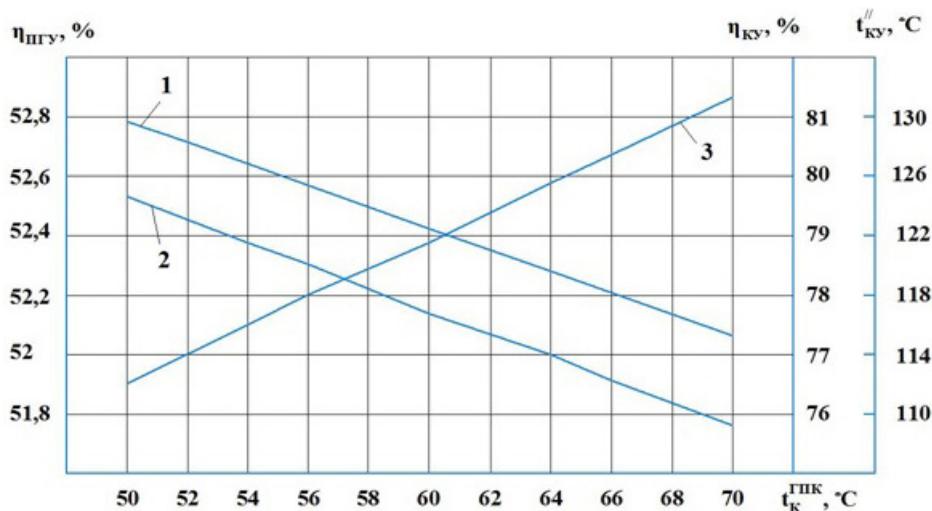


Рис. 4. Влияние температуры турбинного конденсата ($t_k^{\text{ГПК}}$) перед ГПК на температуру уходящих газов и показатели экономичности парогазовой установки: 1 – КПД котла-утилизатора; 2 – КПД ПГУ-450; 3 – температура уходящих газов на выходе из КУ

Выводы. 1. Разработана схема парогазовой установки, в которой промежуточное охлаждение циклового воздуха двухступенчатого турбокомпрессора газотурбинной установки осуществляется турбинным конденсатом с последующим его охлаждением подпиточной водой системы централизованного теплоснабжения, а после газового подогревателя конденсата в хвостовой части котла-утилизатора дополнительно размещается теплообменная поверхность подогревателя исходной воды.

2. Осуществление промежуточного охлаждения циклового воздуха турбинным конденсатом позволяет повысить мощность газотурбинной установки на 3,14 % (с 157,9 до 162,86 МВт), а ее КПД – на 0,73 % (с 34,5 до 35,23 %). Наличие подогревателя подпиточной воды понижает температуру отводимых из КУ газов с 126 до 122 °С, при этом КПД двухконтурного котла-утилизатора возрастает на 0,86 % (с 78,28 до 79,14 %). В целом, КПД ПГУ-450 повышается на 0,73 %, что обуславливает снижение удельного расхода условного топлива на выработку электрической энергии с 239,16 до 235,81 г/(кВт·ч) (на 3,35 г/(кВт·ч)). Экономический эффект в денежном выражении при стоимости условного топлива 4700 руб/т.у.т. и наработке ПГУ-450 7500 ч/год составляет 56,39 млн. руб в год.

3. Расчетным путем получены графические зависимости КПД котла-утилизатора и парогазовой установки от температуры конденсата на входе в ГПК. Установлено, что снижение температуры конденсата с 70 до 50 °С приводит к уменьшению температуры уходящих газов с 131,5 до 112 °С и, как следствие, к повышению КПД котла-утилизатора и парогазовой уста-

новки. Результаты проведенных исследований подтверждают эффективность использования турбинного конденсата для промежуточного охлаждения сжатого в турбокомпрессоре низкого давления циклового воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буров В.Д., Дорохов Е.В., Елизаров Д.П. Тепловые электрические станции. М.: МЭИ, 2007. 466 с.
2. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Парогазовые установки тепловых электрических станций. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2019. 230 с.
3. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 584 с.
4. Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Хусаинов К.Р. Расчет тепловых схем парогазовых установок тепловых электростанций. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2022. 263 с.
5. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 648 с.
6. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Машиностроение, 2011. 374 с.
7. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. 2-е изд., стереотип. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 158 с.
8. Цанев С.В., Буров В.Д., Земцов А.С., Осыка А.С. Газотурбинные энергетические установки. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 428 с.
9. Патент № 2693567 РФ, МПК F01K 23/10. Способ работы парогазовой установки электростанции / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина, Д.В. Зеленцов, Ю.Э. Демина; заявитель и патентообладатель Самар. гос. техн. ун-т. № 2018128114; заявл. 31.07.2018; опубл. 03.07.2019, Бюл. № 19.

10. Трухний А.Д., Романюк А.А. Расчет тепловых схем утилизационных парогазовых установок. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 40 с.

11. Кудинов А.А. Строительная теплофизика. М.: ИНФРА-М, 2013. 262 с.

12. Трухний А.Д., Макаров А.А., Клименко В.В. Основы современной энергетики. Ч. 1. Современная теплоэнергетика. М.: Издательский дом МЭИ, 2002. 368 с.

13. Кудинов А.А., Хусаинов К.Р., Зиганшина С.К. Парогазовые установки тепловых электрических станций. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2019. 102 с.

14. Патент № 2453712 РФ, МПК F01K 23/10. Способ работы парогазовой установки электростанции / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина, С.П. Горланов; заявитель и патентообладатель Самар. гос. техн. ун-т. № 2010135094; заявл. 20.08.2010; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 6.

REFERENCES

1. Burov V.D., Dorokhov E.V., Elizarov D.P. *Teplovyje jelektricheskie stancii* [Thermal Power Plants]. Moscow, MEI, 2007. 466 p.

2. Kudinov A.A., Ziganshina S.K. *Parogazovye ustanovki teplovyh jelektricheskikh stancij* [Steam and gas installations of thermal power plants]. Samara, SamGTU, 2019. 230 p.

3. Tsanev S.V., Burov V.D., Remezov A.N. *Gazoturbinnye i parogazovye ustanovki teplovyh jelektrostancij* [Gas turbine and combined-cycle plants of thermal power plants]. Moscow, MEI Publishing House, 2009. 584 p.

4. Kudinov A.A., Ziganshina S.K., Khusainov K.R. *Raschet teplovyh shem parogazovyh ustanovok teplovyh jelektrostancij* [Calculation of thermal diagrams of steam-gas plants of thermal power plants]. Samara, SamGTU, 2022. 263 p.

5. Trukhniy A.D. *Parogazovye ustanovki jelektrostancij* [Steam-gas plants of power plants]. Moscow, MEI Publishing House, 2013. 648 p.

6. Kudinov A.A., Ziganshina S.K. *Jenergoberezhenie v teplojenergetike i teplotehnologijah* [Energy Saving in Heat Power and Heat Technologies]. Moscow, Mechanical Engineering, 2011. 374 p.

7. Alexandrov A.A. *Termodinamicheskie osnovy ciklov teplojenergeticheskikh ustanovok. 2-e izd., stereotip* [Thermodynamic foundations of cycles of thermal power plants. 2nd ed., stereotype]. Moscow, MEI Publishing House, 2006. 158 p.

8. Tsanev S.V., Burov V.D., Zemtsov A.S., Osyka A.S. *Gazoturbinnye jenergeticheskie ustanovki* [Gas turbine power plants]. Moscow, MEI Publishing House, 2011. 428 p.

9. Kudinov A.A., Ziganshina S.K., Zelentsov D.V., Demina Yu.E. *Sposob raboty parogazovoj ustanovki jelektrostancii* [Operating method of the combined-cycle plant of the power plant]. Patent RF, no. 2693567, F01K 23/10, 2019.

10. Trukhniy A.D., Romanyuk A.A. *Raschet teplovyh shem utilizacionnyh parogazovyh ustanovok* [Calculation of thermal schemes of utilization steam-gas plants]. Moscow, MEI Publishing House, 2006. 40 p.

11. Kudinov A.A. *Stroitel'naja teplofizika* [Construction Thermophysics]. Moscow, INFRA-M, 2013. 262 p.

12. Trukhniy AD, Makarov AA, Klimenko V.V. *Osnovy sovremennoj jenergetiki. Ch. 1. Sovremennaja teplojenergetika* [Fundamentals of modern energy. PART 1. Modern thermal power engineering]. Moscow, MEI Publishing House, 2002. 368 p.

13. Kudinov A.A., Khusainov K.R., Ziganshina S.K. *Parogazovye ustanovki teplovyh jelektricheskikh stancij* [Steam and gas installations of thermal power plants]. Samara, SamGTU, 2019. 102 p.

14. Kudinov A.A., Ziganshina S.K., Gorlanov S.P. *Sposob raboty parogazovoj ustanovki jelektrostancii* [Operating method of the combined-cycle plant of the power plant]. Patent RF, no. 2453712, F01K 23/10, 2012.

Об авторах:

КУДИНОВ Анатолий Александрович

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

KUDINOV Anatolii A.

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

ЗИГАНШИНА Светлана Камилловна

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

ZIGANSHINA Svetlana K.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Thermal
Power Plants Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: svet.zig@yandex.ru

ХУСАИНОВ Кирил Русланович

кандидат технических наук, доцент
кафедры тепловых электрических станций
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kirill.czvra@mail.ru

KHUSAINOV Kiril R.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Thermal Power Plants Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kirill.czvra@mail.ru

Для цитирования: *Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Хусаинов К.Р.* Повышение эффективности парогазовой установки за счет промежуточного охлаждения циклового воздуха турбинным конденсатом // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 64–72. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.9.

For citation: *Kudinov A.A., Ziganshina S.K., Khusainov K.R.* Improving the Efficiency of Combined-cycle Gas Installations Due to Intermediate Cooling Cyclic Air by Turbine Condensate. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 64–72. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.9.



К. С. ГАЛИЦКОВ
М. Н. БАРАНОВА
А. С. БОЛХОВЕЦКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА ВНУТРЕННЕЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ЕГО АВТОКЛАВНОЙ ОБРАБОТКИ

RESEARCHING OF THE INFLUENCE OF THE STRUCTURAL-PHASE COMPOSITION
OF CELLULAR CONCRETE ON THE INTERNAL HEAT RELEASE IN THE PROCESS
OF ITS AUTOCLAVE TREATMENT

Рассматриваются вопросы влияния фазового состава ячеистого бетона на величину внутреннего тепловыделения при образовании гидросиликатов в его структуре. Проведен рентгенофазовый анализ, электромикроскопия и петрография образцов ячеистого бетона, отобранных из разных частей массива. На основании полученных данных произведена качественная и количественная оценка их фазового состава. Определены границы отклонения количества тоберморита по объему исследуемого ячеисто-бетонного массива. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов в рамках данного исследования.

Ключевые слова: тоберморит, ксонотлит, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия, петрография, ячеистый бетон, автоклавная обработка, автоматизация

В строительной отрасли широкое применение находят ячеисто-бетонные изделия автоклавного твердения. Получение такого рода прочных и легких пористых бетонов сопряжено с высокими энергозатратами [1], а также с трудностями идентификации теплофизических процессов [2], протекающих при изготовлении данного вида строительных материалов.

Известно, что технология производства (литьевая или ударная) оказывает существенное влияние на фазовый состав ячеистого бетона [3] и, в том числе, на формирование

The questions of the influence of the phase composition of cellular concrete on the value of internal heat release during the formation of hydrosilicates in its structure are considered. X-ray phase analysis, electromicroscopy and petrography of cellular concrete samples taken from different parts of the massif were carried out. Based on the data obtained, a qualitative and quantitative assessment of their phase composition was made. The limits of the deviation of the amount of tobermorite in terms of the volume of the studied cellular concrete mass were determined. A comparative analysis of the results obtained within the framework of this study was carried out.

Keywords: tobermorite, xonotlite, x-ray phase analysis, electron microscopy, petrography, cellular concrete, autoclave treatment, automation

оптимального соотношения прочностно-плотностных характеристик готовой продукции. В частности, в процессе автоклавной обработки при определенных начальных условиях происходит синтез гидросиликатов кальция при кристаллизации тоберморита и ксонотлита в структуре ячеистого бетона, причем количественное соотношение, равномерность распределения фаз и характер пористой структуры определяют конечные показатели прочности готовой продукции, а также влияют на динамику изменения температуры во внутренней среде автоклава [2].

Поэтому исследования, направленные на анализ структурно-фазового состава ячеистого бетона, в том числе на идентификацию физико-химических процессов, протекающих при его автоклавной обработке с целью получения удобных для инженерной практики моделей, актуальны.

Исследования проводились в лаборатории рентгеновской дифрактометрии, электронной и зондовой микроскопии СамГТУ на примере продукции завода газосиликатных изделий «Теплон» (г. Ульяновск), производимой по ударной технологии.

Образцы ячеистого бетона плотностью D500 и размерностью 100x100x100 мм были отобраны и выпилены в соответствии с требованиями «ГОСТ 12852.00-77» с поверхности (I) и внутренней части (II) готового изделия, а также из нижней части блока (III), где наблюдается распространенная в практике производства ячеисто-бетонных изделий зона потемнения бетона. Следует отметить, что первые попытки объяснить появление зон потемнения выполнены М.В. Кафтаевой в работе [3]. Установлено, что образцы в зонах потемнения серо-черного цвета имеют меньшую прочность, чем контрольные, однако предположение о причине появления зон потемнения, связанной с недостаточной степенью вакуумирования на этапе автоклавной обработки, проверить не представлялось возможным. Следовательно, можно сделать вывод, что в зонах потемнения бетон должен оставаться несозревшим и после автоклавной обработки, с характерным для него оттенком серо-зеленого цвета, что не соответствует действительности.

Попадание в состав смеси остатков смазочных материалов для форм вместе с обратным шламом может также являться причиной появления на поверхности материала зон потемнения. В процессе автоклавной обработки на этапах продувки и вакуумирования происходит частичное удаление попавших с обратным шламом органических примесей из объема массива, а оставшаяся органика в зоне примыкания бетона к металлическому поддону при термическом воздействии темнеет, образуя характерные пятна. Для верификации высказанных предположений требуется провести химический качественный анализ проб материала, отобранного из зон потемнения, на наличие посторонних веществ, что не является целью статьи. В рамках данного исследования будет рассматриваться только отклонение величины содержания гидросиликатных фаз в указанной зоне по сравнению с внутренней и поверхностной частями испытуемых проб материала.

Электронное сканирование проводилось с помощью электронного микроскопа JSM-6390A фирмы «Jeol» при увеличении от 30 до 2500 крат для каждого из представленных образцов. В результате получены снимки (рис. 1), анализ которых позволяет сделать следующие выводы.

Средний размер макропор, определенный по снимкам с увеличением в 30 раз, составляет около 650-1000 мкм, а равномерность пористой структуры сходна во всех трех образцах. При увеличении в 1000 раз на образце I, взятом с поверхности массива, заметна характерная кристаллическая структура с явно выраженными центрами кристаллизации. В образцах II и III кристаллическая структура выражена неявно, однако соответствует данным, опубликованным в работах [3, 6].

Фазовый состав образцов ячеистого бетона, изготовленного по ударной технологии, выполнен методом рентгенографического анализа на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA фирмы «Thermo Fisher Scientific». Результаты рентгенографического анализа (РФА) образцов I-III представлены на дифрактограммах (рис. 2). Анализ результатов показывает, что каждому минералу, т. е. каждой кристаллической решетке, соответствует собственная характерная дифрактограмма. Однако необходимо заметить, что аморфные тела дифрактограмм не дают.

На представленных дифрактограммах указаны характерные пики в 1,82-1,86 Å, 11,3-11,4 Å, и 2,8 Å, 3,07-3,08 Å, принадлежащие тоберморитовой и ксонотлитновой фазам соответственно [5, 6]. Наиболее выраженный пик в 3,357 Å принадлежит кварцу, а небольшой пик 5,47-5,5 Å – гидроалюминатным соединениям. Пик 4,27 Å может соответствовать как кварцу, так и ксонотлиту [6].

Полученные дифрактограммы имеют характерные для ячеистого бетона пики при соответствующих углах гониометра, что также соответствует данным, представленным в работах М.В. Кафтаевой для ячеистого бетона, изготовленного по литьевой технологии [3,6], однако необходимо отметить, что интенсивность пиков, представленных на рис. 2, имеет некоторые отличия от результатов, представленных в работе [6].

Количественная оценка фаз, входящих в состав исследуемых образцов, как правило, производится либо путем оценки относительной интенсивности и ширины пиков на графиках РФА, или с применением рентгеновского микроанализатора или петрографии. Для количественной оценки кристаллической и аморфной фаз в исследуемых авторами образцах

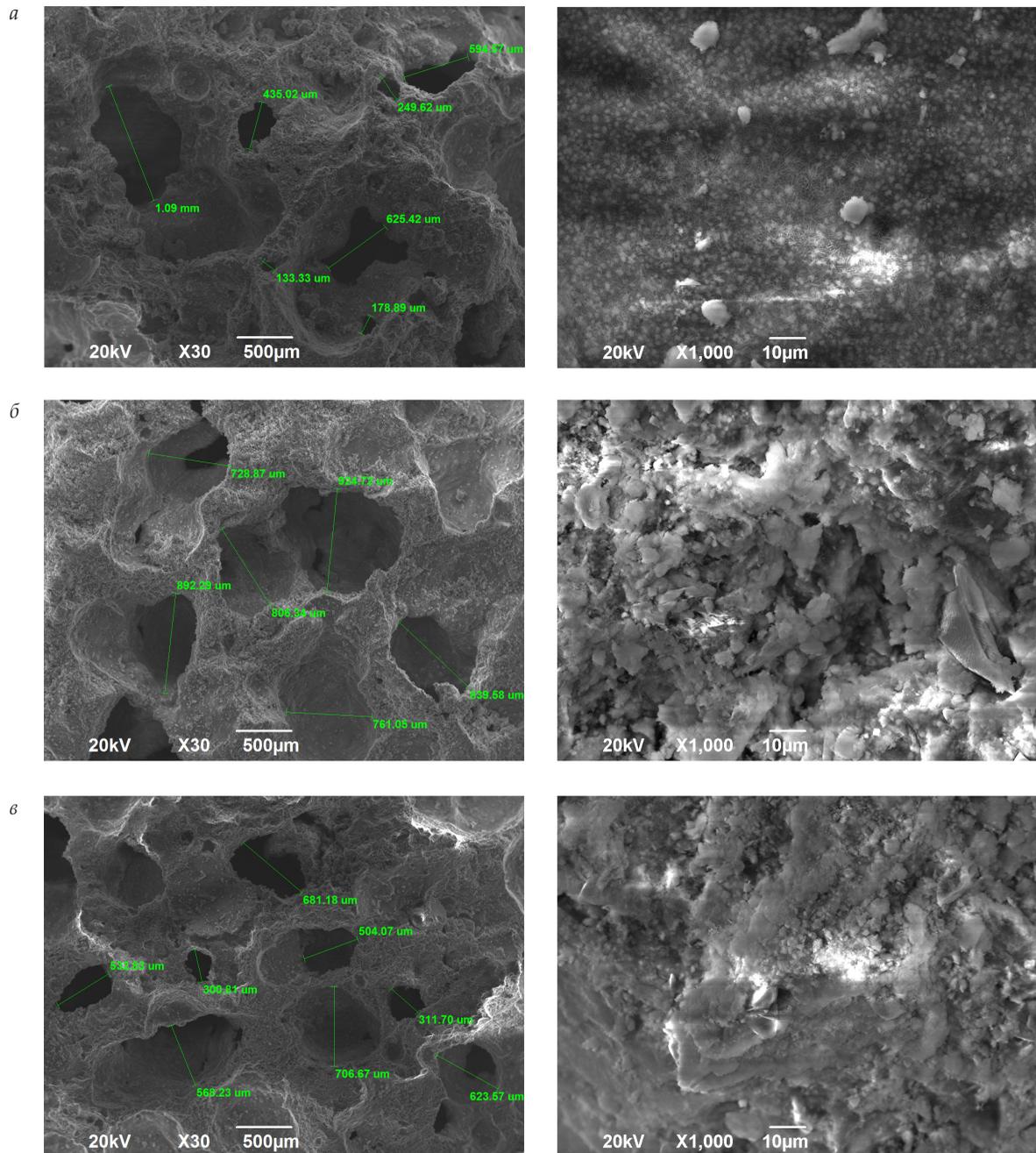


Рис. 1. Электронная микроскопия исследуемых образцов:
a – образец I (с поверхности); *б* – образец II (с внутренней части); *в* – образец III (с нижней части)

выполнено петрографическое исследование по методике, разработанной А.П. Ананьевым и А.Д. Потаповым [7].

Микроскопические исследования выполнены на поляризационном микроскопе МИН-8 с рабочим увеличением 25-56 крат на предварительно подготовленных образцах в виде плоских сколов и порошковых препаратов, путем их растирания в фарфоровой ступке.

Метод заключается в подсчете количества кристаллов и стекломассы. В проходящем свете микроскопа все зерна подготовленной пробы имеют серый цвет. При включенном анализаторе и поляризаторе (в скрещенных николях) просвечивают кристаллические образования, а стекломасса становится черной (рис. 3). При подсчете зерен кристаллические образования составляют около 8-10 % от общего

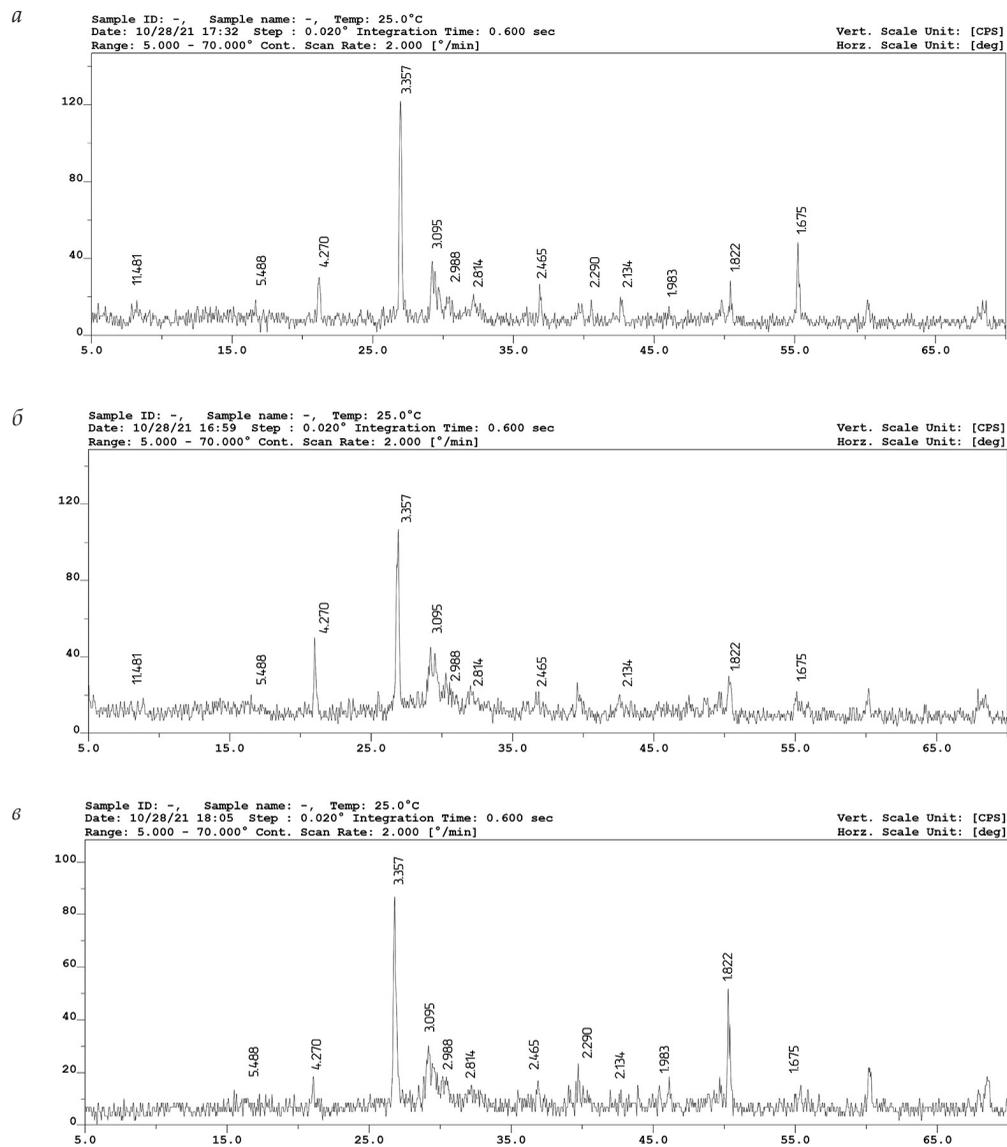


Рис. 2. Дифрактограмма образцов ячеистого бетона:

a – образец I (с поверхности); *б* – образец II (с внутренней части); *в* – образец III (с нижней части)

объема исследуемого препарата, причем минимальная величина содержания кристаллической фазы соответствует образцу, отображенному из зоны массива ячеистого бетона, имеющего описанное ранее потемнение. Полученные результаты не противоречат известным данным.

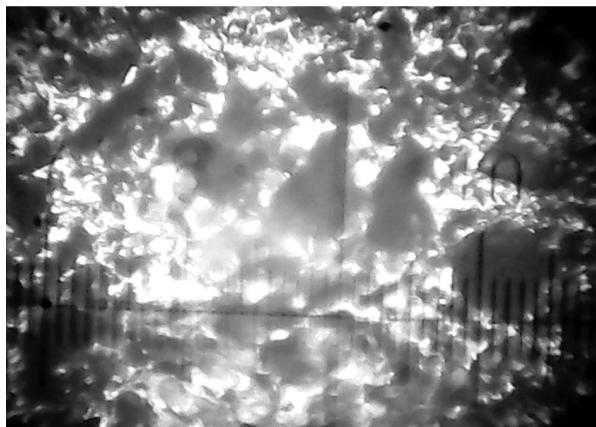
В результате проведенного рентгенографического исследования и петрографии определен фазовый состав и дана количественная оценка тоберморитовой фазы в структуре исследуемого ячеистого бетона, изготовленного по ударной технологии.

Сравнительный анализ исследований с результатами, полученными в [3,6] для ячеистого бетона, изготовленного по литевой техноло-

гии, показал удовлетворительное совпадение наличия тоберморитовой фазы в автоклавном бетоне.

Количественная оценка содержания кристаллических фаз показывает вариативность степени кристаллизации в пределах 8-10 % для исследуемых образцов и 12 % для автоклавного бетона, изготовленного по литевой технологии. В результате, для дальнейших исследований влияния внутреннего тепловыделения с учетом известной энтальпии при образовании тоберморита в структуре автоклавируемых изделий [2], степень кристаллизации может рассматриваться в виде величины, параметры которой изменяются в известных границах от

а



б

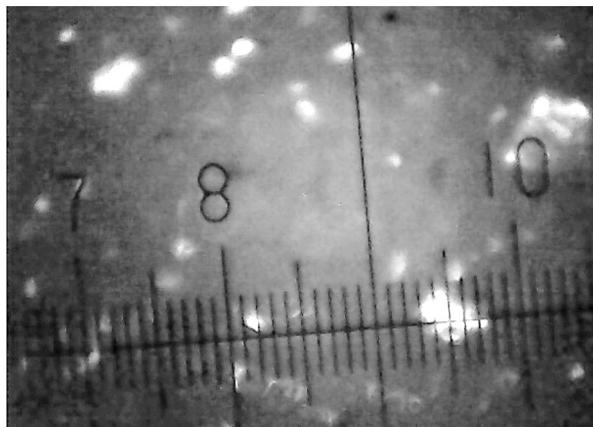


Рис. 3. Образец ячеистого бетона: а – в проходящем свете микроскопа; б – в скрещенных николях

8 до 12 %. Это позволит определить границы отклонения величины внутреннего тепловыделения и учесть ее в форме возмущающего воздействия при исследовании динамики температурного поля внутри массива ячеистого бетона в процессе автоклавной обработки и дальнейшем синтезе системы автоматического управления процессом автоклавной обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галицков С.Я., Фадеев А.С. Оценка снижения энергозатрат на производство керамзита при использовании алгоритма согласованного управления печью // Градостроительство и архитектура. 2013. № 4(12). С. 95–98.
2. Галицков С.Я., Михелькевич В.Н., Болховецкий А.С. Идентификация тепловыделения при автоклавировании ячеистого бетона // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVIII Международной конференции. Самара: Офорт, 2016. С. 347–350.
3. Кафтаева М.В., Рахимбаев И.Ш. Тепловыделение при синтезе гидросиликатной связки автоклавного газобетона // International journal of applied and fundamental research. 2013. № 10. С. 373–376.
4. Кафтаева М.В. Теоретическое обоснование совершенствования автоклавной технологии производства энергоэффективных газосиликатов: автореф. дис. ... доктора технических наук / Белгород. гос. техн. ун-т им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. 300 с.
5. Фекличев В.Г. Диагностические константы минералов: справочник. М.: Недра, 1989. 479 с.
6. Кафтаева М.В., Рахимбаев Ш.М., Поспелова Е.А. Исследование фазового состава автоклавных ячеистых бетонов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 12–15.
7. Ананьев А.П., Потопов А.Д. Основа геологии, минералогии и петрографии. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2008. 400 с.

REFERENCES

1. Galitskov S.Ya., Fadeev A.S. Assessment of reduction of power consumption for the production of expanded clay using the algorithm of coordinated control of the furnace. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2013, no.4, pp. 95–98. (In Russian)
2. Galitskov S.Ya., Mikhelkevich V.N., Bolkhovetsky A.S. Identification of heat release during autoclaving of cellular concrete. *Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemah: Trudy XVIII Mezhdunarodnoy konferencii* [Problems of management and modeling in complex systems: Proceedings of the XVIII International Conference]. Samara, Ofort, 2016, pp. 347–350. (In Russian).
3. Kaftaeva M.V., Rakhimbaev I.Sh. Heat dissipation during synthesis of hydrosilicate bundle of autoclave aerated concrete. *International journal of applied and fundamental research*, 2013, no.10, pp. 373–376.
4. Kaftaeva M.V. *Teoreticheskoe obosnovanie sovershenstvovaniya avtoklavnoj tehnologii proizvodstva jenergojeffektivnykh gazosilikatov*. Avtoref. Doct. Diss. [Theoretical Justification for Improving Autoclave Technology for the Production of Energy-Efficient Gas Silicates. Avtoref. Doct. Diss.]. Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova, 2014. 300 p. (In Russian)
5. Feklichev V.G. *Diagnosticheskie konstanty mineralov: spravochnik* [Diagnostic constants of minerals: reference book]. Moscow, Nedra, 1989. 479 p.
6. Kaftaeva M.V., Rakhimbaev S.M., Pospelova E.A. Phase composition study of autoclave cellular concretes. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013, no.5, pp. 12–15. (In Russian)
7. Ananyev A.P., Potapov A.D. *Osnova geologii, mineralologii i petrografii. 3-e izd., pererab. i dop.* [Basis of geology, mineralogy and petrography. 3rd ed., Rev. and add.]. Moscow, Higher schoolb 2008. 400 p.

Об авторах:

ГАЛИЦКОВ Константин Станиславович

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механизации, автоматизации и энергоснабжения строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: maes@samgtu.ru

БАРАНОВА Маргарита Николаевна

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

БОЛХОВЕЦКИЙ Андрей Сергеевич

заведующий лабораторией, преподаватель кафедры механизации, автоматизации и энергоснабжения строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: a.bolkhovetskiy@gmail.com

GALITSKOV Konstantin S.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Mechanization, Automation and Energy Supply of Construction Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: maes@samgtu.ru

BARANOVA Margarita N.

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

BOLKHOVETSKIY Andrey S.

Head of The Laboratory of The Department, Lecturer of Mechanization, Automation and Energy Supply of Construction Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: a.bolkhovetskiy@gmail.com

Для цитирования: Галицков К.С., Баранова М.Н., Болховецкий А.С. Исследование влияния структурно-фазового состава ячеистого бетона на внутреннее тепловыделение в процессе его автоклавной обработки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 73–78. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.10.

For citation: Galitkov K.S., Baranova M.N., Bolkhovetskiy A.S. Researching of the Influence of the Structural-Phase Composition of Cellular Concrete on the Internal Heat Release in the Process of its Autoclave Treatment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 73–78. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.10.

А. Ю. ЖИГУЛИНА
А. Г. ЧИКНОВОРЬЯН

ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ БЕТОНОВ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТНАТРИЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ

AGGREGATE FOR GENERAL PURPOSE CONCRETE
BASED ON SILICATE SODIUM COMPOSITION

Изложенные результаты исследований позволяют решить задачу расширения номенклатуры пористых заполнителей. Дан краткий анализ характеристик керамзитового гравия. Обосновывается перспективность создания высокопористых структур на основе гидросиликата натрия. Дано описание технологии производства гранулированного материала на основе гидросиликата натрия, хлорида натрия и монтмориллонитовой глины. Приводятся основные характеристики разработанного гранулированного материала и делаются выводы о возможности его использования в качестве мелкого заполнителя бетонов общестроительного назначения и теплоизоляционных засыток. Доказывается достаточная стойкость этих бетонов в условиях попеременного увлажнения и высушивания. Изложен опыт изыскания эффективных технологических способов для снижения средней плотности керамзитобетона в панелях наружных стен жилых и общественных зданий.

Ключевые слова: пористый заполнитель, керамзитовый гравий, растворимое стекло, эффективные строительные материалы

Среди современных эффективных строительных материалов керамзит занимает особое место. Объясняется это сочетанием легкости, прочности и долговечности керамзита и изделий на его основе.

Низкая плотность керамзита объясняется высокопоризованной структурой, образующейся при термическом вспучивании специальных глин. Прочность и долговечность являются свойствами керамической основы материала.

Область применения керамзита весьма широка – от жилищного строительства до изготовления специальных конструкций путепроводов и мостов.

Довольно широко используется керамзит и в дорожном строительстве, как в виде керамзитобетонных конструкций, так и в качестве «мягких подушек», незаменимых при слабых грунтах, склонных к проседанию. Особо отмечается

The presented research results allow solving the problem of expanding the range of porous fillers. A brief analysis of the characteristics of expanded clay gravel is given. The prospects of creating highly porous structures based on sodium hydrosilicate are substantiated. A description of the technology for the production of granulated material based on sodium hydrosilicate, sodium chloride and montmorillonite clay is given. The main characteristics of the developed granular material are given and conclusions are drawn about the possibility of its use as a fine aggregate for general construction concrete and heat-insulating fillings. Sufficient resistance of these concretes under conditions of alternating wetting and drying is proved. The experience of finding effective technological methods for reducing the average density of expanded clay concrete in the panels of the outer walls of residential and public buildings is outlined.

Keywords: porous aggregate, expanded clay gravel, soluble glass, efficient building materials

способность керамзита нивелировать разницу в температурных колебаниях, что помогает избежать замерзания и оттаивания дорожного полотна, а следовательно, и его обледенения.

К немногочисленным, но существенным недостаткам керамзита можно отнести:

- использование специальных легковспучивающихся глин, месторождения которых уникальны и исчерпаемы;
- высокие (порядка 1200–1250 °С) температуры обжига сырья и связанное с этим сложное и дорогостоящее оборудование.

Целью работы, результаты которой изложены в данной статье, являлась разработка технологии производства пористого заполнителя, сравнимого по своим характеристикам с керамзитовым гравием, но не имеющего недостатков, отмеченных выше.

Одним из эффективных способов создания высокопористой структуры является тер-

мическая обработка «растворимого» стекла. По своему составу «растворимое» стекло является концентрированным раствором гидросиликата натрия. Установлено, что гидросиликат натрия уже при температуре 250–300 °С интенсивно вспучивается, увеличивая объем в 50–70 раз [1, 2]. Это свойство делает жидкое стекло пригодным для производства теплоизоляционных изделий. Недостатком получаемого высокопористого материала являются его низкие прочность и водостойкость. Поэтому актуальным направлением является создание технологии получения технологичных высокопористых структур на основе жидкого стекла. Над решением этой проблемы работают многие научные коллективы [3–16].

Авторами была выдвинута гипотеза о возможности создания на основе модифицированного растворимого стекла высокопористых материалов, структурно аналогичных керамзиту, которые могут быть использованы в качестве легких заполнителей.

Для решения данной проблемы была изучена возможность создания композиций на основе гидросиликата натрия с добавлением различных минеральных компонентов. Итогом исследований является разработанная технология производства пористого заполнителя на основе модифицированного хлоридом натрия гидросиликата натрия с добавлением монтмориллонитовой глины, месторождения которой широко распространены, в частности, и в Среднем Поволжье.

Технология заключается в изготовлении гомогенной сырьевой смеси из указанных выше компонентов, грануляции полученной массы и ее термообработки при температуре 250–300 °С.

В результате термообработки сырцовых гранул получен материал плотностью 450–550 кг/м³.

Испытания полученного гранулированного материала при сдавливании в цилиндре показали его достаточную прочность при сжатии – 0,84 МПа. Недостатком материала является низкая водостойкость – потери прочности в насыщенном водой состоянии составили 65 %.

В ходе дальнейших исследований было установлено, что улучшить эксплуатационные характеристики полученного гранулированного материала можно путем его термообработки при температурах 850–900 °С.

После такой термообработки не только увеличивается прочность материала при сжатии, но значительно возрастает водостойкость – потери прочности в насыщенном водой состоянии составляли 14,5 %, что позволяет считать

данный материал водостойким. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Достаточно высокая прочность объясняется наличием плотной и прочной корочки на поверхности гранул.

Водостойкость материала возрастает вследствие появления при обжиге низкоплавких эвтектик, возникающих за счет образования соединений натрийсодержащих компонентов, а также керамических новообразований.

Испытания показали возможность получения по разработанной технологии материала с различным размером гранул, начиная от 2 мм, что позволяет использовать его в качестве дефицитного мелкого пористого заполнителя (рис. 1).

Указанные характеристики разработанного гранулированного материала позволили сделать заключение о возможности использования его как в качестве засыпного материала, так и в качестве пористого заполнителя для производства легких бетонов [17].

Для подтверждения этой гипотезы были проведены эксперименты, в ходе которых полученный гранулированный материал был использован в качестве заполнителя для изготовления бетона с различным расходом портландцемента.

Полученные бетоны имели следующие характеристики:

расход портландцемента, на 1 м³ бетона – 200–250 кг;

плотность бетонов – 690–770 кг/м³;

прочность при сжатии на 28-е сутки твердения – 3,8–5,0 МПа.

Проведенные микроскопические исследования состояния контактной зоны «поверхность заполнителя – цементно-песчаный камень» в условиях многократного увлажнения и высушивания показали, что после 50 циклов «увлажнения-высушивания» бетонных образцов состояние контакта не имело видимых дефектов (рис. 2), что свидетельствует о высокой прочности и долговечности материала.

С другой стороны, технология производства трехслойных наружных стеновых панелей сопряжена со значительным усложнением процесса формования изделий, а также с использованием высокоэффективных дорогостоящих теплоизоляционных материалов. При таких условиях очевидным будет изыскание новых способов улучшения теплоизоляционных характеристик однослойных конструкций.

На сегодняшний день в нашей стране созданы предприятия по производству легких

Таблица 1

Основные характеристики гранулированного материала

Показатель	После вспучивания при 250 °С	После термообработки при 850 °С
Насыпная плотность, кг/м ³	455	480
Состояние поверхности	Плотная корочка	Плотная корочка
Структура	Пористая	Пористая
Прочность, МПа	0,84	1,25
Водостойкость, потери прочности в насыщенном водой состоянии, %	65	14,5

заполнителей, в том числе и керамзитового гравия. Легкие заполнители широко используются на заводах сборного железобетона для изготовления стеновых панелей.

Стеновые панели из керамзитобетона являются паропроницаемыми и обеспечивают здоровый микроклимат в помещениях жилых и общественных зданий и сооружений. В таких зданиях отпадает необходимость в устройстве специальных систем кондиционирования воздуха.



Рис. 1. Гранулы после обжига при 850 °С



Рис. 2. Состояние контактной зоны «гранула заполнителя – цементно-песчаный камень» после 50 циклов «увлажнение–высушивание»

Одним из направлений повышения эффективности стеновых панелей является уменьшение плотности легкого бетона в однослойных панелях наружных стен.

Уменьшение плотности и теплопроводности легкого бетона может быть достигнуто за счет снижения плотности крупного заполнителя и путем поризации цементного камня.

Такой подход позволит обеспечить получение легкого бетона слитной структуры с проектными строительно-технологическими свойствами.

Процесс приготовления бетонной смеси производится в следующей последовательности: сначала осуществляется загрузка в смеситель заполнителя, цемента и воды, а затем после предварительного перемешивания смеси в смеситель добавляют раствор пенообразователя и перемешивают смесь до готовности. При перемешивании смеси происходит насыщение цементного теста замкнутыми воздушными порами, что приводит к снижению средней плотности и повышению термического сопротивления наружной стеновой панели.

У бетонной смеси с вовлеченным воздухом улучшаются показатели удобоукладываемости и снижается склонность к расслаиваемости и водоотделению в процессе формирования стеновых панелей.

Основные показатели легкого бетона с поризованным цементным камнем, приготовленного на портландцементе ПЦ М400 и керамзитовом гравии с маркой по насыпной плотности М400, приведены в табл. 2.

Наличие в бетоне разобщенных замкнутых мелких сферообразных пор обеспечивает его достаточную водонепроницаемость и морозостойкость при пониженной гигроскопичности.

Для улучшения стабильности свойств бетонной смеси и повышения устойчивости пены в водный раствор пенообразователя вводят раз-

Основные показатели легкого бетона

Показатель	Величина показателя для легких бетонов проектной марки (класса) по прочности		
	M35 (B2,5)	M50 (B3,5)	M75 (B5)
Расход цемента, кг/м ³	280	350	400
Расход пенообразователя, % от массы цемента	1,8–2,0	1,3–1,7	0,8–1,2
Объем вовлеченного воздуха, %	10–12	8–10	7–9

личные стабилизаторы, например эмульсии на основе водорастворимых полимерных смол.

С целью экономии цемента в поризованный бетон вводятся высокодисперсные минеральные компоненты, например отходы производства – золы сухого удаления от горения низкокальциевых каменных углей на тепловых электростанциях.

Стены из поризованного легкого бетона следует облицовывать наружным и внутренним отделочными слоями, например из цементно-песчаного раствора.

Практика эксплуатации таких стен показала, что они обеспечивают нормативное термическое сопротивление и эффективное и экономное расходование энергетических ресурсов на отопление зданий.

Практика применения данного бетона позволила выявить ряд проблем, которые требуют проведения дополнительных исследований.

Опыт внедрения поризованного легкого бетона позволил сформулировать ряд задач, требующих проведения дополнительных исследований:

- высокий коэффициент вариации прочности поризованного бетона;
- невысокая стабильность вспененной массы по средней плотности во времени, а следовательно, неоднородность теплозащитных свойств бетона;
- отсутствие экспресс-методов оценки степени поризации смеси в процессе ее приготовления.

Несмотря на эти недостатки, поризованный легкий бетон обладает рядом существенных преимуществ, которые обуславливают его широкое применение в строительстве.

Выводы. 1. Разработана композиция, включающая гидросиликат натрия, хлорид натрия и монтмориллонитовую глину, на основе которой получен гранулированный материал, по эксплуатационным характеристикам не уступающий керамзитовому гравии такой же плотности, но имеющий более низкую температуру производства (ниже почти на

300–350 °С), не требующий использования дефицитной легковспучивающейся глины.

2. Применение полученного гранулированного материала возможно как в качестве пористого заполнителя общестроительных легких бетонов, так и в виде теплоизоляционных засыпок.

3. Поризованные легкие бетоны слитной структуры без мелкого заполнителя позволяют:

- а) полностью отказаться от применения мелкого заполнителя;
- б) значительно снизить плотность и соответственно теплопроводность бетона;
- в) уменьшить водосодержание и соответственно отпускную влажность изделий;
- г) улучшить связность и удобоукладываемость смеси и добиться ряда других преимуществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло. М.: Промстройиздат, 1956. 443 с.
2. Корнеев В.И., Данилов В.В. Производство и применение растворимого стекла. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1991. 177 с.
3. Карнаухова Ю.П., Шарова В.В. Жидкое стекло из отходов кремниевого производства для шлакощелочных и золощелочных вяжущих // Строительные материалы. 1994. №11. С. 14–16.
4. Кудряков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированного жидкого стекла из микрокремнезема // Строительные материалы. 2004. № 11. С. 12–13.
5. Патент 2158717, С04В28/26. Жидкостекляная композиция / Иващенко Ю.Г., Сурнин А.А., Зобкова Н.В.; заявитель и патентообладатель Саратовский государственный технический университет. № 99103832/03; заявл. 16.02.99; опубл. 10.11.2000 г. Бюл. № 31.
6. Патент РФ № 2177922, С04В28/26 С04В11:40. Способ получения пористого материала на основе жидкого стекла / Решетов В. А., Павлов В. Т., Павлов А. Т.; заявитель и патентообладатель Решетов

Вячеслав Александрович, Павлов Владимир Тихонович, Павлов Анатолий Тихонович. № 2000122266/03; заявл. 24.08.00; опубл. 10.01.02. Бюл. № 1.

7. Патент RU № 2267468, C04B 28/26, 2006. Сырьевая смесь и способ получения пеносиликатного теплоизоляционного материала / Кудряков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю.; заявитель и патентообладатель Братский государственный технический университет. № 2004109731/03; заявл. 30.03.04; опубл.:20.02.2012. Бюл. № 5

8. Патент РФ 2245861, C04B28/26. Жидкостекольная композиция / Иващенко Ю.Г., Фомин Р.В.; заявитель и патентообладатель Саратовский государственный технический университет. № 2002130689/03; заявл. 15.11.02; опубл. 10.02.2005 г. Бюл. № 4.

9. Патент RU №2455253. Способ получения конструкционно-теплоизоляционного строительного материала на основе алюмосиликатных микросфер / Бессонов И. В., Сапелин А. Н., Кордюков Н. П.; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН). № 2011107564/03; заявл. 01.03.11; опубл.: 10.07.2012 г. Бюл. № 12.

10. Патент РФ 223597, C04B28/26. Жидкостекольная композиция / Иващенко Ю.Г., Фомин Р.В. / подача заявки: 2002-11-19. Опубл. 10.09.2004 г. Бюл. № 25.

11. Пат. 2333176 Российская Федерация, МПК C04B28/26, C04B111/20. Способ получения строительного материала / Фащевский А.Б.; заявитель и патентообладатель Фащевский Александр Болеславович, Фащевский Александр Александрович, Фащевский Михаил Александрович. № 2007108080/03; заявл. 05.03.07; опубл. 10.09.08, Бюл. № 25.

12. Пат. 2451644 Российская Федерация, МПК C03C11/00, C03B19/08. Способ получения конструкционно-теплоизоляционного пеностекла / Корсаков А.П., Корсаков А.А., Корсаков П.А.; заявитель и патентообладатель КОНАК ИНДАСТРИ ИНК (CONAC INDUSTRY INC) (VG). № 2010143290/03; заявл. 22.10.10; опубл. 27.05.12, Бюл. № 15.

13. Пат. 2455245 Российская Федерация, МПК C03C11/00, C03B19/08. Способ производства пеностекла / Леонидов В.З.; заявитель и патентообладатель Леонидов В.З. № 2011106913/03; заявл. 25.02.11; опубл. 10.07.12, Бюл. № 19.

14. Пат. 2448919 Российская Федерация, МПК C03C11/00, C03B19/08. Пеношлакостекло / Смолий В.А., Яценко Е.А., Гузий В.А.; заявитель и патентообладатель Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт). № 2010137694/03; заявл. 09.09.10; опубл. 27.04.12, Бюл. № 12.

15. Пат. 2431619 Российская Федерация, МПК C03C11/00, C03B19/08. Способ изготовления глазурованного пеностекла / Щепочкина Ю.А.; заявитель и патентообладатель Щепочкина Ю.А. № 2010109597/03; заявл. 15.03.10; опубл. 20.10.11, Бюл. № 29.

16. Пат. 2452701 Российская Федерация, МПК C03C11/00, C03B19/08. Способ изготовления пеностекла (варианты) / Щепочкина Ю.А.; заявитель и патентообладатель Щепочкина Ю.А. № 2010149109/03; заявл. 30.11.10; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16.

17. Mizuriaeov S.A., Zhigulina A.Yu., Solopova G.S. Production technology of waterproof porous aggregates based on alkali silicate and non-bloating clay for concrete of general usage // Procedia Engineering. 2015. I. 111. P. 540–544.

REFERENCES

1. Grigoriev P.N., Matveev M.A. *Rastvorimoe steklo* [Soluble glass]. Moscow, Promstroyizdat, 1956. 443 p.

2. Korneev V.I., Danilov V.V. *Proizvodstvo i primeneniye rastvorimogo stekla* [Production and use of soluble glass]. Leningrad, Stroyizdat, 1991. 177 p.

3. Karnaukhov Yu.P., Sharova V.V. Liquid glass from silicon production waste for slag-alkaline and gold-alkaline binders. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 1994, no.11, pp. 14–16. (in Russian)

4. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Granular thermal insulation material based on modified liquid glass made of microsilica. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2004, no.11, pp.12–13. (in Russian)

5. Ivashchenko Yu.G., Surnin A.A., Zobkova N.V. *Zhidkostekol'naja kompozicija* [Liquid-glass composition]. Patent RF, no.2158717, C04B28/26, 2000.

6. Reshetov V.A., Pavlov V.T., Pavlov A.T. *Sposob poluchenija poristogo materiala na osnove zhidkogo stekla* [Method of producing porous material based on liquid glass]. Patent RF, no. 2177922, C04B28/26, C04B111:40, 2002.

7. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. *Syr'evaja smes' i sposob poluchenija penosilikatnogo teploizoljacionnogo materiala* [Crude mixture and method of producing foam-silicate heat-insulating material]. Patent RF, no. 2267468, C04B 28/26, 2012.

8. Ivashchenko Y.G., Fomin R.V. *Zhidkostekol'naja kompozicija* [Liquid-glass composition]. Patent RF, no. 2245861, C04B28/26. 2005.

9. Bessonov I.V., Sapelin A.N., Kordyukov N.P. *Sposob poluchenija konstrukcionno-teploizoljacionnogo stroitel'nogo materiala na osnove aljumosilikatnyh mikrosfer* [Method for production of structural and heat-insulating construction material based on aluminosilicate microspheres]. Patent RF, no. 2455253, 2012.

10. Ivashchenko Y.G., Fomin R.V. *Zhidkostekol'naja kompozicija* [Liquid-glass composition]. Patent RF, no. 223597, C04B28/26, 2004.

11. Fachevsky A.B. *Sposob poluchenija stroitel'nogo materiala* [Method for production of construction material]. Patent RF, no. 2333176, 2008.

12. Korsakov A.P., Korsakov A.A., Korsakov P.A. *Sposob poluchenija konstrukcionno-teploizoljacionnogo penostekla* [Method for production of structural and heat-insulating foam glass]. Patent RF, no. 2451644, 2012.

13. Leonidov V.Z. *Sposob proizvodstva penostekla* [Foam glass production method]. Patent RF, no. 2455245, 2012.

14. Smoliy V.A., Yatsenko E.A., Guziy V.A. *Penosh-lakosteklo* [Foam glass]. Patent RF, no. 2448919, 2012.

15. Shchepochkina Yu.A. *Sposob izgotovleniya glazurovannogo penostekla* [Method for production of glazed foam glass]. Patent RF, no. 2431619, 2011.

16. Shchepochkina Yu.A. *Sposob izgotovleniya penostekla (varianty)* [Method of making foam glass (versions)]. Patent RF, no. 2452701, 2012.

17. Mizuriaeve S.A., Zhigulina A.Yu., Solopova G.S. Production technology of waterproof porous aggregates based on alkali silicate and non-bloating clay for concrete of general usage. *Procedia Engineering*. 2015. I. 111. P. 540–544.

Об авторах:

ЖИГУЛИНА Анна Юрьевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: auzhigulina@mail.ru

ZHIGULINA Anna Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Production of Building Materials,
Products and Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: auzhigulina@mail.ru

ЧИКНОВОРЬЯН Александр Григорьевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: umu-sgasu@mail.ru

CHIKNOVORYAN Alexandr G.,

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Production of Building Materials,
Products and Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: umu-sgasu@mail.ru

Для цитирования: Жигулина А.Ю., Чикноворьян А.Г. Заполнитель для бетонов общестроительного назначения на основе силикатнатриевой композиции // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 79–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.11.

For citation: Zhigulina A.Yu., Chiknovoryan A.G. Aggregate for General Purpose Concrete Based on Silicate Sodium Composition. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 79–84. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.11.

Н. Г. ЧУМАЧЕНКО
В. В. ТЮРНИКОВ
В. П. ПОПОВ

РОЛЬ ШЛИФОВАЛЬНОГО ШЛАМА В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТЕКЛА

ROLE OF GRINDING SLUDGE IN THE PROCESS OF GLASS CRYSTALLIZATION

В статье рассмотрены свойства гальваношлама. С учетом химического и дисперсного состава обоснована роль гальваношлама в качестве гетерогенного катализатора кристаллизации. Изучено влияние количества гальваношлама, температуры и длительности термообработки на процесс кристаллизации стекломассы. Приведены результаты фазового состава и прочностных характеристик исследуемых составов. Установлено необходимое количество гальваношлама для максимальной кристаллизации стекломассы. Определен оптимальный режим термообработки. Экспериментальными данными подтверждена роль гальваношлама в качестве низкотемпературного катализатора кристаллизации аморфного стеклобоя.

Ключевые слова: шлифовальный шлам, гальваношлам, кристаллизация стекла, низкотемпературный катализатор

The article considers the properties of galvanic sludge. Taking into account the chemical and disperse composition, the role of galvanic sludge as a heterogeneous crystallization catalyst is substantiated. The effect of the amount of galvanic sludge, temperature and duration of heat treatment on the process of crystallization of glass mass has been studied. The results of the phase composition and strength characteristics of the studied compositions are presented. The required amount of galvanic sludge for maximum crystallization of glass mass has been established. The optimal mode of heat treatment is determined. Experimental data confirm the role of galvanic sludge as a low-temperature catalyst for the crystallization of amorphous cullet.

Keywords: grinding sludge, galvanic sludge, glass crystallization, low-temperature catalyst

Процесс кристаллизации стекломасс используется в строительной промышленности для получения облицовочных материалов и изделий, прежде всего для повышения их прочности [1–3].

Известные решения имеют недостатки. Так, для получения декоративного облицовочного материала, включающего бой глушеного стекла и стеклокристаллический щебень [1], необходимо использовать стекло только определенного состава.

Катализатор кристаллизации стеклобоя в виде оксида меди [2] имеет ряд недостатков. К ним относятся: большая продолжительность процесса кристаллизации; низкая кристаллизационная способность; высокая стоимость, связанная с использованием дефицитного химически чистого оксида меди; высокие энергозатраты.

Была поставлена задача: сделать обоснованный выбор катализатора кристаллизации аморфного стеклобоя из числа промышленных отходов.

Одним из способов направленной кристаллизации стеклофазы является введение гетерогенных катализаторов кристаллизации. Функцию гетерогенных катализаторов могут выполнять оксиды TiO_2 , MeF , P_2O_5 , ZrO_2 , Cr_2O_3 , MeS , ZnO , NiO , CuO , Fe_2O_3 и др. Как следует из известных данных

[4], наибольший эффект кристаллизации может быть достигнут при использовании комбинированного катализатора. Все перечисленные оксиды, способные вызвать кристаллизацию расплава, содержатся в гальваношламе.

Отходы гальванических производств – гальваношламы являются продуктом очистки сточных вод гальванических производств: хромирования, никелирования, цинкования, меднения. Гальваношламы состоят из молекулярных и коллоидных частиц размером 10^{-5} – 10^{-7} см [5] гидроксидов хрома, меди, цинка, никеля, железа, известии, сульфатов кальция и натрия.

Химический состав гальваношлама приведен в табл. 1.

Влажность шлама составляет 60–75 %. После сушки шлам представляет собой малопропрочный легко растираемый порошок серо-зеленоватого цвета.

Для выявления кристаллизационной способности такого катализатора сухой гальваношлам в количестве 0–2 % вводился в предварительно измельченный до размера частиц 0–0,315 мк отход оконного стекла. Количество гальваношлама в исследуемых составах приведено в табл. 2.

Таблица 1

Состав гальванического шлама

Химический состав гальваношлама, мас. %.											
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CuO	CaO	MqO	ZnO	NiO	SO ₃	Na ₂ O	ППП
8,30	0,50	5,30	3,40	2,50	20,30	13,96	1,10	0,80	4,80	6,44	32,60

Таблица 2
Количество гальваношлама в исследуемых составах

№ состава	Количество гальванического шлама, %
1	0
2	0,3
3	0,5
4	1,0
5	1,5
6	2,0

Из смесей были изготовлены образцы-кубики размером 2x2x2 см, которые после сушки подвергались термообработке при 700 °С в течение 1,5 ч.

При нагревании массы сначала происходят процессы дегидратации и диссоциации составляющих шлама. При 700 °С оксиды – продукты дегидратации и диссоциации составляющих шлама образуют в расплаве высокодисперсную взвесь. В расплаве функцию гетерогенных зародышеобразователей выполняют практически

все оксиды из гальваношлама: SiO₂; Cr₂O₃, ZnO, NiO, Fe₂O₃, Na₂O [4].

Влияние количества гальваношлама на процесс кристаллизации показано на рис. 1.

Как видно из рис. 1, даже 0,3 % гальваношлама приводит к значительному увеличению кристаллической фазы. При введении шлама более 1,5 % количество кристаллической фазы не возрастает.

Кристаллизация стекломассы приводит к повышению прочности. Зависимость предела прочности при сжатии от количества гальваношлама показана на рис. 2.

Из данных, представленных на рис. 1 и 2, следует, что гальваношлам проявляет себя как низкотемпературный катализатор кристаллизации аморфного стеклосбоя. С увеличением количества гальванического шлама от 0,3 до 1,5 % растет количество кристаллической фазы с 72 до 95 %. С дальнейшим ростом количества шлама количество кристаллической фазы не увеличивается. Увеличенная кристаллизация приводит к повышению прочности в два раза.

Оптимальное количество гальванического шлама от общей массы смеси составляет 0,5–1,5 %. Такое количество гальваношлама обеспечивает практически полную кристал-

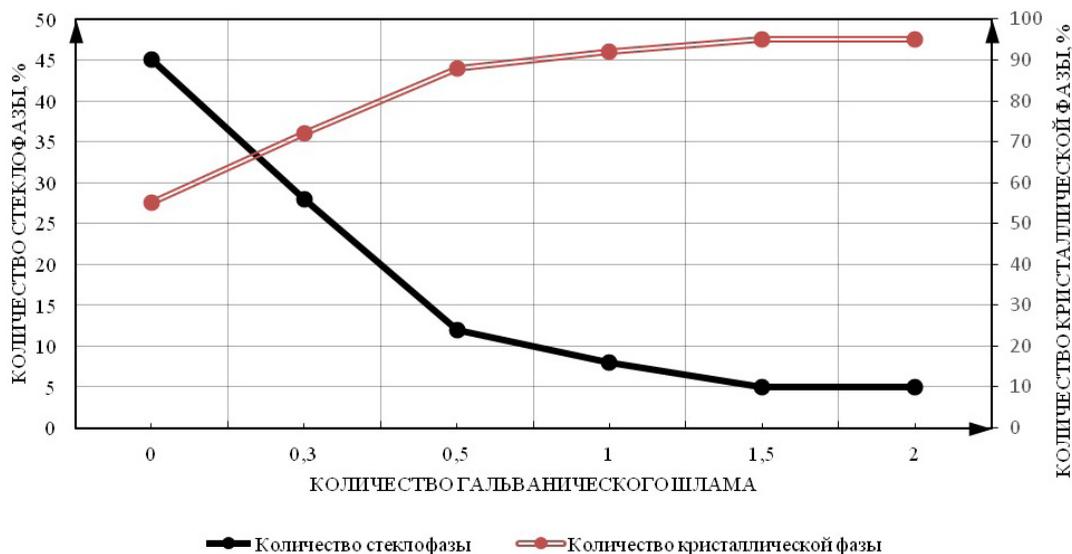


Рис. 1. Влияние количества гальваношлама на количество кристаллической фазы и стеклофазы

лизацию стекломассы при температуре спекания 700 °С и длительности 90 мин.

Влияние температуры и длительности термообработки было изучено на составах № 3 (0,5 % шлама) и № 4 (1 % шлама). Термообработку проводили при 650, 700, 750 и 800 °С. Уменьшили длительность термообработки с 90 до 70 мин. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, максимальная степень кристаллизации достигается при температуре 700 °С. Уменьшение температуры и длительности термообработки приводит к уменьшению кристаллической фазы.

Таким образом, экспериментально установлено, что оптимальным количеством гальванического шлама для кристаллизации

стекломассы является 0,5 – 1,5 %. При уменьшении количества (состав № 2) наблюдается только частичная кристаллизация, что, очевидно, связано с недостаточным количеством центров кристаллизации.

Введение катализатора выше верхнего предела, как у состава № 5, нерационально, так как это приводит к необоснованному его перерасходу.

Температура спекания 700 °С является оптимальной для кристаллизации стеклобоя. Обжиг при более низкой и более высокой температуре не обеспечивает кристаллизацию по разным причинам: при температурах ниже 700 °С – за счет высокой вязкости расплава, при температурах более 750 °С происходит растворение кристаллических новообразований.

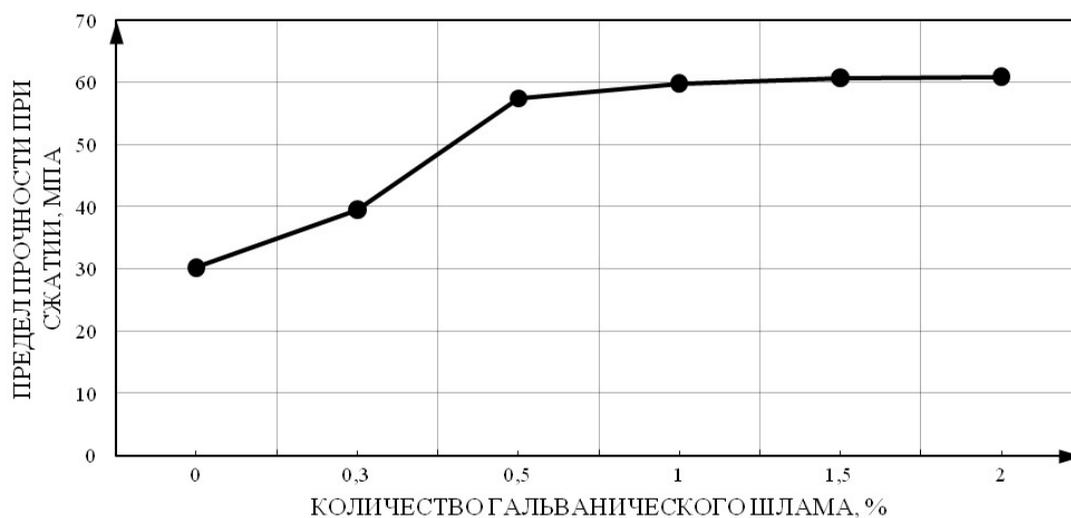


Рис. 2. Влияние количества гальваношлама на прочность

Таблица 3

Результаты испытаний

№ состава	Количество гальванического шлама, %	Режим термообработки		Свойства материала		
		температура, °С	длительность, мин	Предел прочности при сжатии, МПа	Фазовый состав спеченного материала, мас. %	
					количество стеклофазы	количество кристаллической фазы
3	0,5	650	90	44,8	35	65
		700	90	57,4	12	88
4	1,0	650	90	47,7	32	68
		700	70	54,3	35	75
		700	90	59,8	8	92
		750	90	57,7	15	85
		800	90	52,1	23	77

Дифференциально-термический анализ зарегистрировал пик кристаллизации при 700 °С, а при 650 и 750–800 °С – аморфное состояние.

Для практически полного процесса кристаллизации стеклобоя достаточна выдержка при 700 °С в течение 90 мин.

Низкотемпературный катализатор кристаллизации из гальваношлама является комбинированным высокодисперсным катализатором. Процесс ускорения кристаллизации при его введении в стекломассу происходит за счет полиминерального (комбинированного) состава и увеличения числа центров кристаллизации, что связано с его высокой дисперсностью, а также способностью оксидных катализаторов вызывать ликвацию расплава [4].

Благодаря отличиям состава достигается новый положительный эффект, выраженный в ускорении процесса кристаллизации, усилении кристаллизационной способности и повышении прочности закристаллизованного материала. Кроме того, предлагаемый катализатор по сравнению с известными имеет и другие преимущества:

- уменьшаются энергозатраты на изготовление стеклокристаллических материалов за счет сокращения продолжительности обжига материалов и изделий, а также исключения операции по помолу катализатора;
- снижается стоимость изделий, так как вместо дефицитного химически чистого оксида меди используется распространенный и невосстребованный многотоннажный отход;
- решается экологическая проблема, так как утилизируется многотоннажный отход, образующийся на гальванических предприятиях.

Выводы. 1. Кристаллизация стекломассы направлена на повышение прочности изделий. Для ускорения процесса кристаллизации в стекломассе вводят катализаторы кристаллизации.

2. Установлена роль гальваношлама в процессе кристаллизации стекломассы.

3. Показано влияние количества гальваношлама, температуры и длительности термообработки на процесс кристаллизации стекломассы.

4. Установлено, что с увеличением количества гальванического шлама от 0,3 до 1,5 % повышается количество кристаллической фазы с 72 до 95 %. С дальнейшим ростом количества шлама количество кристаллической фазы не увеличивается. Повышенная кристаллизация приводит к увеличению прочности в два раза.

5. Установлено оптимальное количество гальванического шлама для кристаллизации стекломассы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авторское свидетельство СССР № 1379258, кл. С 03 С 10/10. Композиция для основного слоя декоративно-облицовочного материала / Яралова К.С., Казарян Р.А., Федоровский Я.А., Стрекалова И.А. Опубл. 07.03.88. Бюл. № 9, 1988 // Открытия. Изобретения.
2. Патент РФ № 2014300, кл. С 03 С 10/10. Катализатор кристаллизации / Баталин Б.С., Правина Н.А., Макарова Л.Е. Опубл. 15.06.94. Бюл. № II, 1994 // Открытия. Изобретения.
3. Грушко И.С. Влияние технологических добавок на структуру пеностекла // Строительные материалы. 2022. № 4. С. 44–48. doi: 10.31659/0585-430X-2022-801-4-44-48.
4. Химическая технология стекла и ситаллов / М.В. Артамонова, М.С. Асланова, И.М. Бужинский и др.; под ред. Н.М. Павлушкина. М.: Стройиздат, 1983. 394 с.
5. Арбузова Т.Б., Коренькова С.Ф., Чумаченко Н.Г. Использование осадков сточных вод в производстве строительных материалов // Обзорная информация ВНИИЭСМ. 1989. Сер. 11. Вып. 2. 8 с.

REFERENCES

1. Yaralova K.S., Kazaryan RA, Fedorovsky YA, Strekalova I.A. *Kompozicija dlja osnovnogo sloja dekorativno-oblicovochnogo materiala* [Composition for the main layer of decorative-facing material]. Author's Certificate of the USSR, no. 1379258, 1988.
2. Batalin B.S., Pravina N.A., Makarova L.E. *Katalizator kristal-lizacii* [Catalyst kristal-lizatsii]. Patent RF, no. 2014300, 1994.
3. Grushko I.S. Effect of process additives on the structure of foam glass. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2022, no. 4, pp. 44–48. (in Russian) doi: 10.31659/0585-430X-2022-801-4-44-48
4. Artamonova M.V., Aslanova M.S., Buzhinsky I.M. *Himicheskaja tehnologija stekla i sitallov* [Chemical Glass and Crystal Technology]. Moscow, Stroyizdat, 1983. 394 p.
5. Arbuzova T.B., Korenkova S.F., Chumachenko N.G. Use of wastewater sludge in the production of construction materials. *Obzornaja informacija VNIIeSM* [VNIIESM Overview], 1989, V. 11, I. 2, p. 8. (in Russian)

Об авторах:

ЧУМАЧЕНКО Наталья Генриховна

доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: uvarovang@mail.ru

ТЮРНИКОВ Владимир Викторович

кандидат технических наук,
доцент кафедры производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sm-115@mail.ru

ПОПОВ Валерий Петрович

доктор технических наук, профессор кафедры
строительных конструкций
Уфимский государственный нефтяной технический
университет
450064, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: kafedra_sk@mail.ru

CHUMACHENKO Natalia G.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the
Production of Building Materials, Products
and Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: uvarovang@mail.ru

TYURNIKOV Vladimir V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Production of Building Materials, Products
and Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: sm-115@mail.ru

POPOV Valery P.

Doctor of Engineering Science, Professor
of the Building Structures Chair
Ufa State Oil Technical University
450064, Russia, Ufa, Cosmonauts str., 1
E-mail: kafedra_sk@mail.ru

Для цитирования: Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Попов В.П. Роль шлифовального шлама в процессе кристаллизации стекла // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 85–89. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.12. For citation: Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V., Popov V.P. Role of Grinding Sludge in the Process of Glass Crystallization. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 85–89. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.12.



Е. А. КРЕСТИН
Г. В. СЕРЕБРЯКОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПОТОКА И СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПЛУНЖЕР, В УПЛОТНЕНИЯХ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

DETERMINATION OF THE FLOW SPEED AND FORCES, ACTING ON THE PLUNGER,
IN SEALS OF HYDRAULIC DRIVE OF CONSTRUCTION MACHINES

Определена скорость потока вязкой жидкости в щелевом зазоре гидравлического привода машин и механизмов, используемых в технологии строительства. При различных сочетаниях напорного и фрикционного воздействий в случае подвижного и неподвижного плунжера найдена сила, действующая на стенки зазора. Рассмотрено влияние конусности зазора на фрикционное течение вдоль неподвижной стенки. Найдены координаты перехода однонаправленного движения жидкости в разнонаправленное. Определены силы, действующие на подвижный плунжер бесконтактного уплотнения. Для обеспечения полного статического равновесия радиальных и аксиальных сил необходимо, чтобы отверстия в гильзе золотника были строго диаметрально противоположными. Для снижения усилия, необходимого для передвижения плунжера, находящегося под давлением, применяют электромагниты с большим тяговым усилием. Построены графические зависимости сил, действующих на плунжер, с учетом от конусности и эксцентриситеты щели. Точно рассчитать силы, действующие на плунжер, обычно не представляется возможным, поэтому любая бесконтактная пара должна проходить стендовые испытания.

Ключевые слова: бесконтактное уплотнение, рабочая жидкость, плунжер, зазор кольцевой конический и осесимметричный, защемляющая сила, гидравлический привод, строительные машины.

The flow rate of a viscous fluid in the slot gap of the hydraulic drive of machines and mechanisms used in construction technology is determined. For various combinations of pressure and friction effects in the case of a movable and stationary plunger, the force acting on the walls of the gap is found. The influence of the taper of the gap on the frictional flow along the fixed wall is considered. The coordinates of the transition of unidirectional fluid motion to multidirectional are found. The forces acting on the movable plunger of a non-contact seal are determined. To ensure complete static balance of radial and axial forces, it is necessary that the holes in the spool sleeve are strictly diametrically opposed. To reduce the force required to move the plunger under pressure, electromagnets with a large traction force are used. Graphic dependences of the forces acting on the plunger are constructed, taking into account the taper and eccentricity of the slot. It is usually not possible to accurately calculate the forces acting on the plunger, so any non-contact pair must be bench tested.

Keywords: non-contact seal, working fluid, plunger, conical and axisymmetric annular gap, pinching force, hydraulic drive, construction machinery

Как известно [1–4], зависимость изменения скорости потока в зазоре имеет вид:

$$\vartheta_z = \frac{1}{2\nu\rho}(y^2 - hy)\frac{dp}{dz} \pm \vartheta_{\Pi}\left(1 - \frac{y}{h}\right). \quad (1)$$

Найдем скорости потока вязкой несжимаемой жидкости при различных сочетаниях давления и скорости перемещения плунжера. Для этого необходимо знать величины $h, \vartheta_z = 0, \frac{\pi}{6}$ и величину производной $\frac{dp}{dz}$.

1. В случае напорного течения в конусной щели и при движущемся плунжере ($\Delta p \neq 0, \vartheta_{\Pi} \neq 0, k \neq 0$) после дифференцирования получим:

$$\frac{dp}{dz} = \left\{ q_{\vartheta} - \frac{2c(c+k)}{(2c+k)(c+kz)} [c(c+k) + q_{\vartheta}] \right\} \frac{\Delta p}{l(c+kz)^2}. \quad (1)$$

2. В случае напорного течения в конусной щели при неподвижном плунжере ($\Delta p \neq 0, k \neq 0, \vartheta_{\Pi} = 0$)

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{2c^2(c+k)^2\Delta p}{l(2c+k)(c+kz)^3}. \quad (2)$$

3. В случае напорного течения в щелевом зазоре с параллельными стенками при неподвижном и движущемся плунжере ($\Delta p \neq 0, k = 0, \vartheta_{\Pi} = 0, \vartheta_{\Pi} \neq 0$)

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{\Delta p}{l}. \quad (3)$$

4. В случае только фрикционного движения жидкости при отсутствии перепада давления в конусной щели ($\vartheta_{\Pi} \neq 0, k \neq 0, \Delta p = 0$)

$$\frac{dp^0}{dz} = \pm \frac{6\nu\rho\vartheta_{\Pi}}{h_0^2(2c+k)} \frac{\bar{z}(2+k)-c}{(c+k\bar{z})^3}. \quad (4)$$

5. В случае фрикционного течения жидкости в щелевом зазоре с параллельными стенками ($\vartheta_{\Pi} \neq 0, k = 0, \Delta p = 0$)

$$\frac{dp}{dz} = 0. \quad (5)$$

Фрикционная и напорная составляющие являются аддитивными в общей картине гидродинамики бесконтактного уплотнения. Однако при фрикционном течении в конусных щелях на некотором расстоянии от входа в зазор поток движется в направлении увеличивающегося давления [4]. Это приводит к тому, что часть потока возле неподвижной стенки может двигаться в направлении, противоположном движению плунжера. Получаем разнонаправленное движение жидкости в зазоре. Абсциссу при которой поток меняет направление движе-

ния, находим из условия $\left. \frac{\partial \vartheta_z}{\partial y} \right|_{y=h} = 0$. Используя (1), получим:

$$\left. \frac{\partial \vartheta_z}{\partial y} \right|_{y=h} = \frac{h}{2\nu\rho} \frac{dp}{dz} \pm \frac{\vartheta_{\Pi}}{h} = 0, \text{ или } \frac{dp}{dz} \pm \frac{|2\nu\rho\vartheta_{\Pi}|}{h^2} = 0. \quad (6)$$

Отсюда с помощью (4) имеем:

$$z_2 = \frac{lc(2k+c)}{k(3+k-c)}, \text{ или } \bar{z}_2 = \frac{c(2k+c)}{k(3+k-c)}. \quad (7)$$

Если плунжер в гильзе расположен эксцентрично, то значение абсциссы \bar{z}_2 зависит от азимутального положения рассматриваемого сечения, так как $c = 1 - \varepsilon \cos\theta$. При концентричном расположении плунжера, когда $c=1$:

$$\bar{z}_2 = \frac{2k+1}{k(2+k)}. \quad (8)$$

Рассмотрим влияние конусности на значение \bar{z}_2 . Уменьшение конусности приводит к увеличению значения координаты \bar{z}_2 . Поскольку щель имеет конечную длину, то при малых значениях параметра k значение координаты \bar{z}_2 может выходить за пределы щели и тогда область противотока в щели может и не возникать. Чтобы определить предельный параметр k при котором поток в щели движется только в одном направлении, воспользуемся условием $\bar{z}_2 = 1$ для расширяющейся щели и $\bar{z}_2 = 0$ для сужающейся. Анализируя (7), видим, что в расширяющейся щели при концентричном расположении плунжера противоток не возникает в случае, когда $k \leq 1$ в сужающейся – когда $k \leq |-0,5|$. Если плунжер движется навстречу напорному течению, то поток в щелевом зазоре всегда будет иметь два направления движения: в непосредственной близости у плунжера жидкость увлекается подвижной стенкой, а в остальной части щели поток движется в направлении перепада давления Δp . Координату возле границы, где изменяется направление течения, можно определить, положив $\vartheta_{\Pi} = 0$ в уравнении движения. Для простейшего случая, когда движение плунжера происходит навстречу напорному течению при параллельных стенках канала, получаем:

$$y_1 = -\frac{2\nu\rho\vartheta_{\Pi}l}{h_0(1-\varepsilon \cos\theta)\Delta p}. \quad (9)$$

В конусных щелях, несмотря на совпадение направлений движения плунжера и напорного течения, возле неподвижной стенки может возникнуть поток, движущийся против напорного течения (рис. 1). Это происходит потому, что в конусных щелевых зазорах течение, вызванное перепадом давления $\Delta p = p_0 - p_i$ направле-

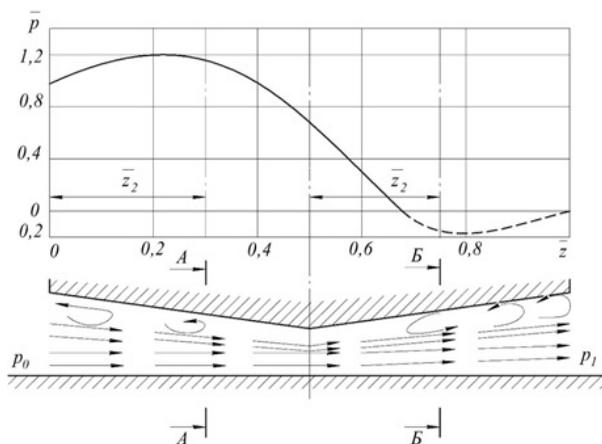


Рис. 1. Изменение давления и движения жидкости в конусной щели. Направление движения стенки совпадает с течением, вызванным перепадом $\Delta p = p_0 - p_1$. Принято $\bar{p}_0 = p_0 / \Delta p = 1$, $\bar{p}_1 = p_1 / \Delta p = 0$

но против увеличивающегося давления. Для определения координаты \bar{z}_2 при которой в конусном зазоре направление потока изменяется на противоположное, воспользуемся зависимостями (6) и (1). Их совместное решение дает значение координаты в виде:

$$\bar{z}_2 = \frac{c}{k} \left\{ \frac{3(c+k)}{2c+k} \left[\frac{c(c+k)}{q_\vartheta} + 1 \right] - 1 \right\}. \quad (10)$$

Если плунжер расположен в гильзе концентрично, когда то выражение (10) запишется таким образом:

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{k} \left[\frac{3(1+k)}{2+k} \left(\frac{1+k}{q_\vartheta} + 1 \right) - 1 \right]. \quad (11)$$

Найдем зависимость между параметрами k и q_ϑ при которых в конусных щелях при концентричном расположении плунжера не возникает обратного течения.

В расширяющихся щелях эта зависимость имеет вид:

$$q_\vartheta = \frac{3(1+k)}{k-1}, \quad (12)$$

а в сужающихся щелевых зазорах:

$$q_\vartheta = -\frac{3(1+k)^2}{1+2k}. \quad (13)$$

Последние соотношения (12) и (13) получены из (10) при выполнении условия $\bar{z}_2 = 1$ в расширяющейся щели и $\bar{z}_2 = 0$ в сужающейся. На рис. 2 приведены границы однонаправленного течения в конусных щелевых зазорах, когда напорное течение совпадает с фрикционным. Чем больше конусность щели, тем меньше зна-

чение параметра q_ϑ при котором не изменяется направление потока. Границы однонаправленного потока (зона 1) асимптотически приближаются к значению $k = -0,5$ у сужающейся щели и $k = 1$ – у расширяющейся.

Во время эксплуатации бесконтактного уплотнения его элементы подвергаются воздействию сил давления со стороны жидкости. Так как эти силы значительны и могут быть причиной нарушения нормальной работы гидросистемы, то при конструировании гидроаппаратуры необходимо знать причину их возникновения, а также величину и характеристику. В зависимости от направления действия силы разделяют на боковые (радиальные), действующие перпендикулярно к оси плунжера, и осевые (аксиальные), действующие вдоль оси.

Например, в конструкциях золотников важно обеспечить полное статическое равновесие радиальных и аксиальных сил, действующих на плунжер. Для этого необходимо, чтобы отверстия подвода и отвода рабочей жидкости в гильзе золотника были диаметрально противоположными. Для уменьшения радиальных сил необходимо, чтобы у отверстий подвода и отвода жидкости внутри гильзы были выполнены кольцевые канавки. Для осевого равновесия плунжера необходимо, чтобы все уплотняющие части имели одинаковый диаметр. Плунжер, смазанный рабочей жидкостью, при комнатной температуре должен свободно перемещаться из любого положения в цилиндре под собственным весом. Сила, необходимая для перемещения плунжера в продольном направлении, должна состоять из силы жидкостного трения и силы инерции подвижного элемента. На практике оказывается, что усилия, необходимые для передвижения плунжеров,

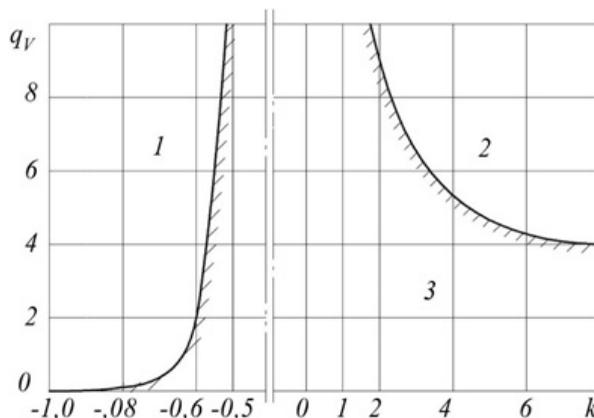


Рис. 2. Границы однонаправленного потока в конусных щелях:

1 – сужающейся; 2 – расширяющейся; 3 – область однонаправленного потока ($\Delta p \neq 0$, $\vartheta_n \neq 0$, $k \neq 0$, $\bar{\varepsilon} = 0$)

находящихся под давлением жидкости, могут в определенных случаях возрастать в несколько сот раз [5]. Это затрудняет работу оператора и приводит к нарушению нормальной работы гидросистемы, особенно систем с дистанционным управлением распределительными и регулируемыми устройствами с помощью электромагнитов и электроприводов. Чтобы гарантировать надежную работу, в некоторых конструкциях для преодоления сил трения плунжеров приходится применять электромагниты с большим тяговым усилием, достигающим 150 – 200 Н. Такие устройства имеют значительные размеры и массу, а также небольшой срок службы, так как большие инерционные силы, развиваемые якорем при его втягивании, быстро разбивают электромагнит. Кроме этого, большие пусковые токи требуют мощных контактных устройств в системах электропитания гидросистем. Большое трение в ведущем звене (распределителе) следящих систем вызывает скачкообразное движение привода при плавном изменении сигнала управления, что приводит к ошибке по положению и колебаниям, а в некоторых случаях и к полному останову следящего привода [5]. Нескомпенсированное боковое одностороннее нагружение плунжеров насосов и гидромоторов помимо снижения механического КПД вызывает интенсивный неравномерный износ плунжерных пар, что приводит со временем и к снижению объемного КПД. Из практики известно [6], что на плунжеры золотниковых распределителей кроме радиальных сил действуют осевые усилия, обусловленные течением жидкости через окна. Величина этих усилий в основном зависит от перепада давления и расхода рабочей жидкости через золотник, т. е. от передаваемой мощности. Опыт работы типовых четырехходовых золотников показал [6], что на 1 кВт мощности, теряемой в золотнике вследствие перепада в нем давления, приходится 5–8 Н осевого усилия. Это необходимо учитывать при проектировании систем управления гидравлического привода.

Точно рассчитать силы, действующие на плунжер, обычно не удается, поэтому любая цилиндрическая пара должна проходить стендовые испытания, что требует дополнительных затрат времени и средств для доводки.

Рассмотрим радиальные силы и гидравлическое «защемление» плунжера при эксплуатации гидравлических систем.

Одна из основных причин, приводящих к увеличению силы трения, – неравномерное распределение давления жидкости в зазоре между плунжером и гильзой. Повышение силы трения по этой причине принято называть ги-

дравлическим «защемлением» плунжерных пар. Во всех случаях, когда гильза и пояски плунжера симметричны относительно продольной оси, а оси плунжера и гильзы совпадают, боковая неуравновешенная сила не возникает, так как в сечении любой плоскостью, проходящей через ось плунжера, характер изменения щели будет одинаковым. Также не будет «защемления» цилиндрического плунжера в цилиндрической гильзе, если их оси параллельны, но не совпадают, т. е. плунжер расположен в гильзе эксцентрично. Это вызвано тем, что в параллельной щели независимо от высоты зазора давление изменяется по линейному закону от p_0 до p_i [7]. Поэтому давление в любой плоскости, перпендикулярной оси, будет сохраняться одинаковым для всех точек зазора по периферии окружности независимо от того, движется плунжер или находится в покое.

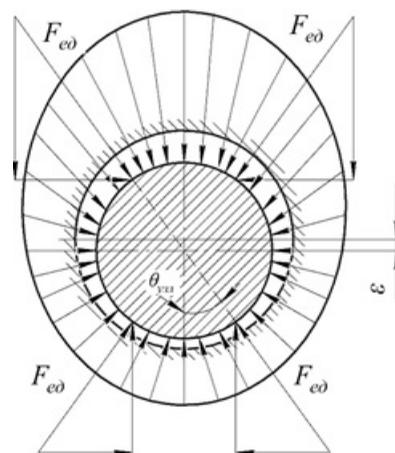


Рис. 3. Схема к определению «заземляющей» силы

Известно, что неравномерное распределение давления, вызывающее появление боковой неуравновешенной силы, действующей на плунжер, возникает тогда, когда характер зазора между плунжером и гильзой в различных сечениях неодинаков, т. е. поток жидкости в зазоре будет либо расширяющимся, либо сужающимся, либо другой иной формы [8].

Зная закон изменения давления вдоль щели, можно определить единичную силу давления, т. е. силу, действующую на поверхность единичной ширины:

$$F_{e0} = \int_0^1 p(z) dz.$$

Подставляя в это выражение формулу для определения давления потока в конусной щели, когда жидкость движется и под действи-

ем перепада давления, и увлекается подвижным плунжером [9], и учитывая, что $p(z) = \bar{p}(\bar{z})\Delta p$, $z = \bar{z}l$ получим силу, действующую на поверхность единичной ширины в виде:

$$F_{e\partial} = l\Delta p \left[\bar{p}_0 - \frac{c+k}{2c+k} + \frac{q_{\vartheta}}{k} \left(\frac{2}{2c+k} + \frac{1}{k} \ln \frac{c}{c+k} \right) \right].$$

Для определения полной силы необходимо просуммировать по окружности единичные силы давления, действующие на всю боковую поверхность плунжера.

Так как рассматриваемая система (плунжер и гильза) симметрична относительно плоскости, проходящей через их оси (рис. 3), то будем учитывать только элементарные силы, проходящие параллельно плоскости симметрии, так как другие составляющие элементарных боковых сил взаимно уравновешиваются. С учётом этого обстоятельства сила давления, действующая на плунжер, будет равна:

$$F = 2r_0 \int_0^{\pi} F_{e\partial} \cos \theta d\theta = 2r_0 l \Delta p \int_0^{\pi} \left[\bar{p}_0 - \frac{c+k}{2c+k} + \frac{q_{\vartheta}}{k} \left(\frac{2}{2c+k} + \frac{1}{k} \ln \frac{c}{c+k} \right) \right] \cos \theta d\theta.$$

После интегрирования:

$$F = \frac{2\pi r_0 l \Delta p}{k\bar{\varepsilon}} \left\{ \frac{k^2}{4} \left[1 - \frac{2+k}{\sqrt{(2+k)^2 - 4\bar{\varepsilon}^2}} \right] + q_{\vartheta}(2+k) \times \left[\frac{1}{\sqrt{(2+k)^2 - 4\bar{\varepsilon}^2}} \frac{1}{\sqrt{1-\bar{\varepsilon}^2}} + \frac{1}{\sqrt{(1+k)^2 - \bar{\varepsilon}^2}} \right] \right\}. \quad (14)$$

Раскрывая неопределённость в этом уравнении, можно убедиться, что результирующая боковая сила, действующая на осесимметричный плунжер, расположенный концентрично в осесимметричной гильзе ($\bar{\varepsilon} = 0$), равна нулю. Точно так же будет равна нулю сила F если параметр $k = 0$, независимо от того, концентрично или эксцентрично располагается плунжер в гильзе.

Когда плунжер неподвижен ($\vartheta_{\Pi} = 0$) то боковая сила, действующая на плунжер, равна:

$$p_0 p_i, F = \frac{\pi r_0 l k}{2\bar{\varepsilon}} \left[1 - \frac{2+k}{\sqrt{(2+k)^2 - 4\bar{\varepsilon}^2}} \right] \Delta p. \quad (15)$$

Если влияние радиуса плунжера r_0 его длины l и перепада давления $\Delta p = p_0 - p_i$ на величину F боковой силы очевидно, то этого нельзя сказать о параметрах k и $\bar{\varepsilon}$. Для выяснения такого влияния приведём формулу (15) к безразмерному виду:

$$\bar{F} = \frac{F}{\pi r_0 l \Delta p} = \frac{k}{2\bar{\varepsilon}} \left[1 - \frac{2+k}{\sqrt{(2+k)^2 - 4\bar{\varepsilon}^2}} \right]. \quad (16)$$

Затем построим графическую зависимость $\bar{F} = f(k, \bar{\varepsilon})$ (рис. 4). Правая часть графика построена для расширяющейся щели, левая часть с $k < 0$ – для щели сужающейся. Отрицательные значения \bar{F} в расширяющейся щели свидетельствуют о возникновении сил, стремящихся поджать плунжер к стенке гильзы. При совпадении осей плунжера и гильзы, когда $\bar{\varepsilon} = 0$ безразмерная боковая сила \bar{F} , а значит, и сама сила F равны нулю. Увеличение параметра k приводит вначале к сравнительно быстрому росту абсолютной величины \bar{F} , а затем $|\bar{F}|$ медленно уменьшается. Максимальное значение сила $|\bar{F}|$ приобретает в момент касания плунжера стенки гильзы, т. е. при $\bar{\varepsilon} = 0$ и параметре $k \approx 1$. В этом случае сила равна приблизительно $|\bar{F} = -0,17|$.

У плунжерных пар, образующих сужающиеся в направлении утечки щели, с ростом значения параметров k и $\bar{\varepsilon}$ боковая сила, центрирующая плунжер, увеличивается. На рис. 4 слева очерчена граница \bar{F} для предельных значений $\bar{\varepsilon}_{\text{пред}}$ для сужающейся щели, полученных для случаев, при которых плунжер касается гильзы. Так как радиальному перемещению плунжера в гильзе

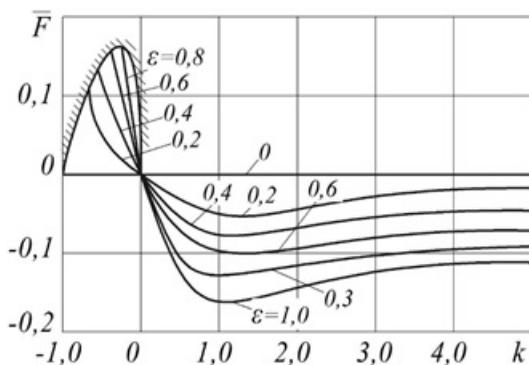


Рис. 4. График зависимости $\bar{F} = f(k, \epsilon)$

обычно ничто не препятствует, можно предполагать, что под действием возникшей боковой силы плунжер, образуя в гильзе расширяющуюся в направлении утечки щель, займёт положение, при котором $\bar{\epsilon} = 1$. Тогда подсчёт максимального значения боковой силы может быть выполнен в предположении, что $\bar{F} = -0,17$ и $\bar{\epsilon} = 1$:

$$F_{max} = \bar{F}_{max} \pi r_0 l \Delta p = -0,53 r_0 l \Delta p. \quad (17)$$

Если плунжер имеет поясков, разделяющих давления p_0 и p_i то и боковая сила увеличивается в раз:

$$F_{max} = -0,53 r_0 l \Delta p n. \quad (18)$$

Определение величины боковой силы по формуле (15) является только некоторым приближением к реальному. Истинную величину этой силы можно получить, если учесть, что кроме течения жидкости вдоль пояска плунжера появляется поток жидкости вокруг него [10-12]. Формулами также не учтено, что зазор и сам характер щели могут изменяться в результате деформации деталей плунжерной пары под действием давления. Кроме того, переменной также является вязкость жидкости вдоль щелевого зазора. Общего решения для определения величины запирающей силы при действительном течении потока в зазоре получить не удалось. Результаты выполненного теоретического анализа можно подтвердить экспериментами, которые могут быть использованы в практических расчетах, а также при доводке и наладке приводов гидравлических систем.

Выводы. 1. Определена скорость потока вязкой жидкости в щелевом зазоре при различных сочетаниях напорного и фрикционного воздействий в случае подвижного и неподвижного плунжера.

2. Рассмотрено влияние конусности зазора на фрикционное течение вдоль неподвижной стенки.

3. Найдены координаты перехода однонаправленного движения жидкости в разнонаправленное. Это происходит потому, что в конусных щелях течение, вызванное перепадом давления, направлено против увеличивающегося давления.

4. Найдены силы, действующие на подвижный плунжер бесконтактного уплотнения. Для обеспечения полного статического равновесия радиальных и аксиальных сил необходимо, чтобы отверстия в гильзе золотника были строго диаметрально противоположными.

5. Для снижения усилия, необходимого для передвижения плунжера, находящегося под давлением, применяют электромагниты с большим тяговым усилием.

6. Точно рассчитать силы, действующие на плунжер, обычно не представляется возможным, поэтому любая бесконтактная пара должна проходить стендовые испытания.

7. Построены графические зависимости силы, действующей на плунжер, в зависимости от конусности и эксцентриситетности щели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крестин Е.А., Серебряков Г.В. Гидродинамический расчет бесконтактных уплотнений с плоскими щелевыми зазорами приводов электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2021. т. 11. №2. С. 171-177. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.22.
2. Никитин Г.А., Черкун В.Е., Дидур В.А. Повышение качества сборки плунжерных пар золотниковых распределителей // Технология и организация производства. Киев, 1971. № 1. С. 77–80.
3. Крестин Е.А. Определение утечек жидкости через зазор бесконтактного уплотнения поршня гидравлического вибратора // Научное обозрение. 2014. №5. С. 108–110.
4. Васильев В.А. Метод расчета гидродинамических сил в щелевых уплотнениях роторов мощных питательных насосов // Вестн. ЮУрГУ. Сер. Машиностроение. 2004. № 5. С. 115–120.
5. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта и др. 5-е изд., стер. М.: Альянс, 2011. 422 с.
6. Численное исследование устойчивости течения Тейлора между двумя цилиндрами в двумерном случае / О. М. Белоцерковский [и др.] // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2009. № 4. С. 754–768.
7. Уплотнительные устройства в машиностроении / Б. Жирных [и др.]. М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2017. 24 с.
8. Никитин О.Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 288 с.

9. Машиностроительный гидропривод /авт.: Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев, В. Я. Скрицкий, В. Л. Сосонкин / под ред. В. Н. Прокофьева. М.: Машиностроение, 1978. 495 с.

10. Найгерт К.В., Редников С.Н., Япарова Н.М. Процессы полимеризации рабочей среды в зазорах золотниковых пар // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника: сб. статей. Челябинск, 2016. № 46. С. 125–123.

11. Крестин Е.А., Серебряков Г.В. Влияние облитерации щелевых уплотнений плунжерных пар на работу приводов электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10. №1. С. 172–178. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.22.

12. Крестин Е.А., Серебряков Г.В. Влияние чистоты рабочей жидкости на облитерацию щелевых уплотнений плунжерных пар приводов электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10. №3. С. 170–176. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.21.

REFERENCES

1. Krestin E.A., Serebryakov G.V. Hydrodynamic calculation of contactless adhesions with flat jaw gaps of drives of electric energy systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 171–177. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.22

2. Nikitin G.A., Cherkun V.E., Didur V.A. Increase in quality of plunger pairs of gold distributors. *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva* [Technology and organization of production], 1971, no. 1, pp. 77–80. (in Russian)

3. Krestin E.A. Determination of fluid leaks through the gap of contactless adhesion of the hydraulic vibrator piston. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific insight], 2014, no. 5, pp. 108–110. (in Russian)

4. Vasil'ev V.A. The method of calculation of hydrodynamic forces in jaw pumps. *Vestnik YuUrGU* [Journal of UUrSU], 2004, no. 5, pp. 115–120. (in Russian)

5. Bashta T.M. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody: uchebnykh dlya studentov vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives: a tutorial for students of higher technical educational institutions]. Moscow, Alliance, 2011. 422 p.

6. Belotserkovskiy O.M. Numerous studies of Taylor's stability between two cylinders in a two-dimensional case. *Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki* [Journal of Mathematical and Mathematical Physics], 2009, no. 4, pp. 754–768. (in Russian)

7. Zhirnykh B. *Uplotnitel'nye ustroystva v mashinostroenii* [Stubborn devices in machinery]. Moscow, MGTU publishing them. Bauman, 2017. 24 p.

8. Nikitin O.F. *Rabochie zhidkosti i uplotnitel'nye ustroystva gidroprivodov* [Working fluids and hydropower devices]. Moscow, MGTU publishing them. Bauman, 2013. 288 p.

9. Kondakov L.A., Nikitin G.A., Prokof'ev V.N., Skritskiy V.Ya., Sosonkin V.L. *Mashinostroitel'nyy gidroprivod* [Machinobuilding hydropride]. Moscow, Machinery, 1978. 495 p.

10. Naygert K.V. Processes of polymerization of work Wednesday in the gaps of spongy pairs. *Vestnik PNIPIU. Aerokosmicheskaya tekhnika* [Journal of PNIPIU. Aerospace technology], 2016, no. 46, pp. 123–125. (in Russian)

11. Krestin E.A., Serebryakov G.V. Influence of obliteration of gap seals of plunger pairs on the operation of drives of electric power systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 172–178. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.22

12. Krestin E.A., Serebryakov G.V. Influence of working fluid purity on obliteration of gap seals of plunger pairs of drives of electric power systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 170–176. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.21

Об авторах:

КРЕСТИН Евгений Александрович

кандидат технических наук, профессор кафедры
теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: krestin@bk.ru

KRESTIN Evgeny A.

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

СЕРЕБРЯКОВ Григорий Владимирович

инженер производственно-технического отдела (ПТО)
ООО «Весна»
446442, Россия, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. 4-я
Парковая, 2 к. г.
E-mail: karately123@mail.ru

SEREBRYAKOV Grigoriy V.

Engineer of Production and Technical Department (PTD)
LLC «Vesna»
446442, Russia, Kinel, Ust-Kinelsky, 4th Park Street, 2 k. g.
E-mail: karately123@mail.ru

Для цитирования: Крестин Е.А., Серебряков Г.В. Определение скорости потока и сил, действующих на плунжер, в уплотнениях гидравлического привода строительных машин // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 90–97. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.13.

For citation: Krestin E.A., Serebryakov G.V. Determination of the Flow Speed and Forces, Acting on the Plunger, in Seals of Hydraulic Drive of Construction Machines. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 90–97. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.13.

Д. В. ПОПОВ

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБ ИЗ ПЛАСТМАССЫ В КАЧЕСТВЕ ОБСАДНЫХ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В НЕУПЛОТНЁННЫХ ПЕСЧАНЫХ ОСНОВАНИЯХ

JUSTIFICATION OF THE USE OF PLASTIC PIPES
IN UNCOMPACTED SANDY GROUNDS

Рассматривается методика определения максимального давления на внешнюю поверхность обсадной трубы, от веса обрушившегося грунта стенок буровой скважины, а также методика расчёта толщины стенки самой обсадной трубы. Целью работы является обоснование возможности применения пластиковых труб в качестве обсадных, используемых при бурении скважин в неуплотнённых песчаных основаниях для изготовления буровых свай. Представленная методика позволяет определять толщину стенки обсадной трубы из любого материала и любого диаметра буровой скважины. Также в статье приводятся результаты расчётов толщин стенок обсадных труб, изготовленных из стеклопластика и поливинилхлорида для разных диаметров буровых скважин и произведено их сравнение с аналогичными стальными.

Ключевые слова: строительные материалы, конструкции фундаментов, обсадные трубы, пластиковые трубы, бурение скважин, неуплотнённые основания, обрушение грунта, устойчивость грунта

Развитие мирового строительного комплекса ставит всё более сложные задачи перед инженерным сообществом. На сегодняшний день здания и сооружения растут не только вверх, но и в подземное пространство, при этом больше внимания стало уделяться ещё и защите объектов от террористических, техногенных, климатических угроз. Всё вышперечисленное усложняет проектную документацию дополнительными решениями и мероприятиями, которые в свою очередь приводят к конечному удорожанию строящегося объекта. Одним из способов удешевления стоимости возведения зданий и сооружений без потери качества является внедрение новых строительных материалов, более дешёвых и легких по сравнению с традиционно применяемыми, но при этом особо не уступающих последним по прочностным показателям.

Наиболее существенная статья расходов при возведении зданий и сооружений связана с работами нулевого цикла, затраты на которые

The article discusses a method for determining the maximum pressure on the outer surface of the casing pipe, from the weight of the collapsed soil of the borehole walls, as well as a method for calculating the wall thickness of the casing pipe itself. The aim of the work is to substantiate the possibility of using plastic pipes as casing pipes used when drilling wells in unconsolidated sandy bases for the manufacture of bored piles. The presented technique allows to determine the wall thickness of the casing pipe from any material and any borehole diameter. Also, this article presents the results of calculations of the wall thicknesses of casing pipes made of fiberglass and PVC for different diameters of boreholes and compared them with similar steel ones.

Keywords: construction materials, foundation structures, casing pipes, plastic pipes, well drilling, loose foundations, soil collapse, soil stability

могут достигать до 30 % от общей сметной стоимости [3, 4]. Основными материалами, которые применяют при возведении конструкций фундаментов, являются бетон и сталь [6, 7]. На сегодняшний день, согласно современным научным достижениям в строительном материаловедении, уверенно можно утверждать, что заменить бетон пока невозможно [5, 8]. При этом сталь уже сегодня успешно вытесняется современными пластиками. Как один из примеров – всё более широкое применение пластиковой арматуры взамен стальной используется при изготовлении железобетонных конструкций различного назначения [4]. Также стоит обратить внимание на то, что в настоящее время наружные водонесущие коммуникации всё чаще прокладывают с применением экструзионных пластмассовых труб.

При возведении свайных фундаментов с применением буронабивных свай, на неуплотнённых песчаных основаниях бурение скважин производят под защитой обсадной

стальной толстостенной трубы, цель которой сохранять геометрическую целостность скважины до момента укладки в неё бетонной смеси [3, 4]. При этом следует отметить, что как такового расчёта обсадных труб, применяемых при бурении скважин под сваи, в нормативной литературе, как действующей, так и уже не действующей, нет. В связи с этим была поставлена задача изучить механизм обрушения стенок буровой скважины и определить максимально возможное обжимающее давление, действующее на наружную поверхность обсадной трубы [2]. Была проведена серия лабораторных экспериментов по извлечению обсадных труб из разуплотнённого песчаного массива с целью фиксации формы и численных параметров обрушения стенок буровой скважины [1]. Исследования показали, что форма обрушения стенок скважины со стороны дневной поверхности грунтового массива имеет кольцеобразную форму, повторяющую форму скважины. Толщина кольца обрушения стенок скважин, имеющих диаметр от 300 до 1500 мм, постоянна и соответствует $0,6d$ (где d – диаметр буровой скважины) вне зависимости от глубины выработки. Соответственно форму обрушения стенок скважины можно представить в виде трубы с внутренним диаметром, соответствующим диаметру самой буровой скважины с толщиной стенки $0,6d$ и длиной, равной глубине выработки. При этом введём допущение, что в момент обрушения стенок скважины будут отсутствовать силы трения между обрушившимся грунтом и грунтом, находящимся в равновесии в окружающем массиве, а также отсутствуют силы трения между обрушившимся грунтом и обсадной трубой [4]. Согласно вышеописанному, вес обрушившегося грунта будет приложен к последнему участку обсадной трубы, опирающемуся на забой скважины высотой 1 п.м.

Согласно результатам проведённых экспериментов, т. е. зная геометрическую форму обрушения грунта стенок буровой скважины, выполненной в неуплотнённых песчаных основаниях, а также принятые выше допущения, можно произвести расчёты на прочность обсадных труб, изготавливаемых из пластических материалов по нижеописанной методике.

Максимальное давление на внешнюю сторону обсадной трубы, на уровне забоя буровой скважины, можно определить по формуле

$$P = \frac{F}{A}, \quad (1)$$

где F – вес грунта обрушения, кН, определяется как вес трубы по формуле

$$F = \pi(R^2 - r^2)H \cdot \gamma_{гр}, \quad (2)$$

где R – радиус обрушения грунта, м, со стороны дневной поверхности, определяемый по формуле

$$R = \frac{(d + 2 \cdot 0,6d)}{2}, \quad (3)$$

где d – диаметр скважины, м.

r – радиус буровой скважины, м;

H – глубина буровой скважины, м;

$\gamma_{гр}$ – удельный вес грунта обрушения стенок буровой скважины, кН/м³;

A – площадь внешней поверхности 1 п.м обсадной трубы, м², на которую оказывает давление потерявший устойчивость грунт стенки скважины, вычисляется по формуле

$$A = 2\pi rH = 2\pi 0,5dH = \pi dH, \quad (4)$$

где d – диаметр буровой скважины, м;

H – глубина буровой скважины, м.

Подставляя выражения (2) и (4) в формулу (1), получим

$$P = \frac{(R^2 - r^2)\gamma_{гр}}{d}, \quad (5)$$

где R – радиус обрушения грунта со стороны дневной поверхности, определяемый по формуле (3), м;

r – радиус буровой скважины, м;

d – диаметр буровой скважины, м;

$\gamma_{гр}$ – удельный вес грунта обрушения стенок буровой скважины, кН/м³.

Расчёт толщины стенки обсадной трубы следует вести исходя из того, чтобы обжимающее трубу давление от обрушившегося грунта не превышало предельной жесткости кольца самой обсадной трубы, т. е. соблюдалось следующее неравенство:

$$P < S, \quad (6)$$

где P – максимальное внешнее давление на внешнюю поверхность обсадной трубы, определяемое по формуле (5), кН/м²;

S – жесткость кольца поперечного сечения обсадной трубы, вычисляемая по формуле

$$S = \frac{EJ}{D_{cp}^3}, \quad (7)$$

где E – модуль деформации материала обсадной трубы, кПа;

J – момент инерции площади поперечного сечения кольца обсадной трубы на единицу длины, м⁴/м, определяемый по формуле

$$J = \frac{t^3}{12}, \quad (8)$$

где t – толщина стенки обсадной трубы, м;
 D_{cp} – средний диаметр кольца обсадной трубы, м, определяемый по формуле

$$D_{cp} = \left(r_{скв} + \frac{t}{2} \right) \cdot 2, \quad (9)$$

где $r_{скв}$ – радиус буровой скважины, м;
 t – толщина стенки обсадной трубы, м.

Расчёт на прочность выполнялся на минимальную толщину стенки для обсадных труб, изготовленных из стеклопластика (с модулем упругости материала $E = 30000$ МПа и его плотностью $\rho = 1800$ кг/м³) и ПВХ(НПВХ) ($E = 3000$ МПа, $\rho = 1410$ кг/м³), при этом определялся и их вес. Согласно исходным данным, для проведения расчёта была принята буровая скважина глубиной 10,0 м, пробуренная в неуплотнённом песчаном основании, имеющем удельный вес 17,5 кН/м³. Диаметр скважин был принят от 300 до 1000 мм, с шагом 100 мм, а также диаметрами 1200 и 1500 мм. Для аналитического сравнения был выполнен расчёт минимальной толщины стенки стальной обсадной трубы. Результаты расчётов приведены в табл. 1. При выполнении сравнения толщин стенок труб можно отметить, что толщина стенки обсадной трубы, материалом которой служит ПВХ(НПВХ), в среднем в 2,9 раза больше, чем у стальной трубы, а у трубы из стеклопластика в 1,7 раза больше, чем у стальной.

Во второй части расчёта, зная минимальную толщину стенок обсадных труб из стали, стеклопластика и ПВХ(НПВХ), был вычислен их вес и проведено между ними сравнение. Вес обсадных труб приведен в табл. 2. Результаты сравнения показывают, что трубы из ПВХ(НПВХ) в среднем легче стальных в 1,9 раза, а трубы из стеклопластика легче стальных в 2,6 раза.

Результаты выполненных расчётов показывают, что минимальная толщина стенки трубы, изготовленной из стеклопластика, по сравнению со стальной в среднем в 1,6 раза меньше, а вес самой обсадной трубы, изготовленной из стеклопластика, в 2,6 раза легче классической стальной трубы. При этом следует отметить, что разницу толщин труб из стеклопластика и стали на величину в 60 % нельзя считать критичной, поскольку это существенно не сказывается на положении арматурного каркаса в теле будущей буронабивной сваи. При этом более лёгкий вес пластмассовых обсадных труб существенно снизит расходы на транспортировку

Таблица 1

Результаты расчётов толщин стенок обсадных труб, изготовленных из стали, стеклопластика, ПВХ(НПВХ)

Диаметр обсадной трубы, мм	Толщина стенки обсадной трубы, мм по материалу, МПа		
	стальная E = 206000	стеклопластик E = 30000	ПВХ (НПВХ) E = 3000
300	11,0	18,0	31,0
400	15,0	25,0	44,0
500	20,0	33,0	58,0
600	25,0	42,0	72,0
700	30,0	51,0	87,0
800	36,0	60,0	102,0
900	41,0	69,0	118,0
1000	47,0	78,0	135,0
1200	59,0	98,0	169,0
1500	77,0	129,0	222,0

Таблица 2

Вес обсадных труб, изготовленных из стали, стеклопластика, ПВХ(НПВХ)

Диаметр обсадной трубы, мм	Вес обсадной трубы, кг по материалу, кг/м ³		
	стальная $\rho = 7850$	стеклопластик $\rho = 1800$	ПВХ (НПВХ) $\rho = 1410$
300	814,0	305,0	412,0
400	1479,0	565,0	779,0
500	2465,0	933,0	1284,0
600	3697,0	1425,0	1913,0
700	5176,0	2018,0	2697,0
800	7099,0	2713,0	3613,0
900	9096,0	3510,0	4702,0
1000	11585,0	4409,0	5977,0
1200	17452,0	6647,0	8979,0
1500	28470,0	10937,0	14743,0

и погрузо-разгрузочные работы. Следует также отметить, что стыковка пластмассовых труб производится менее технологически сложным оборудованием по сравнению с электросваркой, соответственно сокращаются расходы на оплату привлекаемых высококвалифицированных кадров. Еще двумя фактами в пользу применения обсадной трубы из пластика следует считать её дешевизну по сравнению

с аналогичной трубой, изготовленной из стали, и неподверженность коррозии. На основе вышеизложенного можно сказать, что пластмассовые трубы, с модулем упругости материала 30000 МПа и более, могут быть использованы в качестве обсадных труб не только по прочностным параметрам, но и в первую очередь по экономическим.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов D.V., Savinova E.V. Method for determining the casing pressure in uncompacted sandy bases when installing bored piles // XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021). Selected Papers. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. P. 215–218. doi: 10.1007/978-3-030-86001-1_25
2. Попов D.V. Mathematical modeling of the collapse form of the borehole walls // XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021). Selected Papers. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. P. 163–169. doi: 10.1007/978-3-030-86001-1_19
3. Смородинов М.И., Федоров Б.С., Ржаницын Б.А., Тер-Галустов С.А. Основания и фундаменты: справочник строителя. М.: Стройиздат, 1976. 279 с.
4. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения: издание второе, дополненное и переработанное / под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2016. 1040 с.
5. Мангушев Р.А. и др. Современные свайные технологии (2-е доп. изд.). М.: Изд-во АСВ, 2010. 235 с.
6. Мангушев Р.А., Готман А.Л., Знаменский В.В., Пономарев А.Б. Сваи и свайные фундаменты. Конструирование, проектирование, технологии / под ред. Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2015. 320 с.
7. Леонтьев А.И., Мальцев А.В., Исаев В.И. Разработка эффективного способа повышения несущей способности буронабивной сваи // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2016. С. 206–210.
8. Патент №RU 2014387 С1. Способ изготовления набивной сваи в грунте и устройство для изготовления набивной сваи / Исаев В.И.; заяв. №5028191/33 от 03.01.1992; Самарский государственный архитектурно-строительный институт; опубл. 15.06.1994.

REFERENCES

1. Popov D.V., Savinova E.V. Method for determining the casing pressure in uncompacted sandy bases when installing bored piles. XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021). Selected Papers. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. P. 215–218. doi: 10.1007/978-3-030-86001-1_25
2. Popov D.V. Mathematical modeling of the collapse form of the borehole walls. XXX Russian-

Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021). Selected Papers. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. P. 163–169. doi: 10.1007/978-3-030-86001-1_19

3. Smorodinov M.I., Fedorov B.S., Rzhantsyn B.A., Ter-Galustov S.A. *Osnovaniya i fundamente: spravochnik stroitelja* [Foundations and foundations: a builder's handbook]. Moscow, Stroyizdat, 1976. 279 p.

4. Ilyichev V.A., Mangushev R.A. *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamente i podzemnye sooruzheniya: izdanie vtoroe, dopolnennoe i pererabotannoe* [Geotechnics Reference book. Foundations, foundations and underground structures: the second edition, supplemented and revised]. Moscow, ASV, 2016. 1040 p.

5. Mangushev R.A. *Sovremennye svajnye tehnologii (2-e dop. izd.)* [Modern pile technologies (2nd expanded edition)]. Moscow, ASV, 2010. 235 p.

6. Mangushev R.A., Gotman A.L., Znamensky V.V., Ponomarev A.B. *Konstruirovanie, proektirovanie, tehnologii* [Piles and pile foundations. Designing, designing, technologies]. Moscow, ASV, 2015. 320 p.

7. Leontiev A.I., Maltsev A.V., Isaev V.I. Development of an effective way to increase the bearing capacity of a bored pile. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture: collection of articles]. Samara, SSTU, 2016. pp. 206–210. (In Russian).

8. Isaev V.I. *Sposob izgotovleniya nabivnoj svai v grunte i ustrojstvo dlja izgotovleniya nabivnoj svai* [A method for making a stuffed pile in the ground and a device for making a stuffed pile]. Patent RF, no. 2014387 C1, 1994.

Об авторе:

ПОПОВ Дмитрий Валериевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
строительной механики, инженерной геологии,
оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: popov38@yandex.ru

POPOV Dmitry V.

Phd in Engineering Science, Associate Professor of the
Structural Mechanics, Engineering Geology, Bases and
Foundations Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: popov38@yandex.ru

Для цитирования: Попов Д.В. Обоснование применения труб из пластмассы в качестве обсадных при бурении скважин в неуплотнённых песчаных основаниях // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 98–102. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.14.

For citation: Popov D.V. Justification of the Use of Plastic Pipes in Uncompacted Sandy Grounds. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 98–102. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.14.

Г. Н. РЯЗАНОВА
Е. С. КОЗЛОВА

АНАЛИЗ ТИПОВ НЕСЪЕМНЫХ ОПАЛУБОК ИЗ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

ANALYSIS OF TYPES OF NON-REMOVABLE FORMWORKS
FROM WOOD-CEMENT COMPOSITIONS

В современном мире монолитное строительство остается одним из самых востребованных вариантов возведения зданий и сооружений. В настоящее время в монолитном строительстве все чаще используется несъемная опалубка – конструкция из блоков, которая заполняется бетоном и при необходимости арматурой. После возведения конструкция не снимается и служит частью готового здания или сооружения. Преимущество такой технологии заключается в объединении различных работ в один производственный процесс. Таким образом, монтаж опалубки, утепление здания, звукоизоляция и подготовка стен к отделке происходит в едином комплексе. В данной статье рассматриваются типы технологий возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке. Проводится анализ, сравнение и дается заключение о наиболее выгодном варианте.

Ключевые слова: монолитное строительство, ограждающие конструкции, опалубка, несъемная опалубка, щепоцементные плиты, VELOX, пенополистирол, цементно-стружечные плиты, тяжелый бетон, полистиролбетон

Монолитное строительство в современном мире с каждым годом становится всё популярнее. Конкуренция на рынке строительства приводит к новым различным вариантам возведения конструкций для обеспечения прочной, быстрой и дешевой технологии строительства. Значительная часть таких инноваций приходит в основном из международных компаний. Современные технологии в России, как правило, применяются на крупных объектах, имеющих социальное значение. А освоение технологий приводит к применению их уже в типовых зданиях. При сравнительной характеристике бетонных стен и стен из кирпича предпочтение отдается монолиту. С учётом одинаковых теплопроводности, изоляционных свойств и устойчивости, монолитная стена тоньше и легче на 15-20 %, что облегчает всю конструкцию. Меньший вес дома предполагает облегчение и удешевление фундамента. При строитель-

In the modern world, monolithic construction remains one of the most popular options for the construction of buildings and structures. Monolithic construction is applied using formwork, which is a classic construction solution. Currently, fixed formwork is increasingly being used – a block structure that is filled with concrete and, if necessary, reinforcement. After erection, the structure is not removed and serves as part of the finished building or structure. The advantage of this technology lies in the combination of various works in one production process. Thus, the installation of formwork, building insulation, sound insulation and preparation of walls for finishing takes place in a single complex. This article discusses the types of technology for the construction of enclosing structures in fixed formwork. An analysis, comparison is carried out and a conclusion is made about the most advantageous option.

Keywords: monolithic construction, enclosing structures, formwork, fixed formwork, chip-cement slabs, VELOX, expanded polystyrene, cement-bonded particle boards, heavy concrete, polystyrene concrete

стве монолитного дома процесс изготовления осуществляется непосредственно на стройплощадке, в результате происходит уменьшение трудозатрат за счет того, что не нужно обрабатывать стены, осуществлять герметизацию и заделку швов после монтажа, как это было бы при сборном строительстве.

По данным исследований за последние пять лет, использование монолитной технологии в строительстве новых жилых комплексов составляет 75-94 %. Кроме того, увеличивается количество коттеджных и дачных поселков, загородных и частных домов. На рис. 1 показан рост монолитного строения с 2009 по 2020 гг. [1].

Основные задачи в проектировании наружного ограждения направлены на поиск наиболее перспективных материалов, позволяющих снизить материалоемкость, стоимость и трудоемкость работ при возведении конструкций.

Выделим важные критерии оценки наружных ограждающих конструкций:

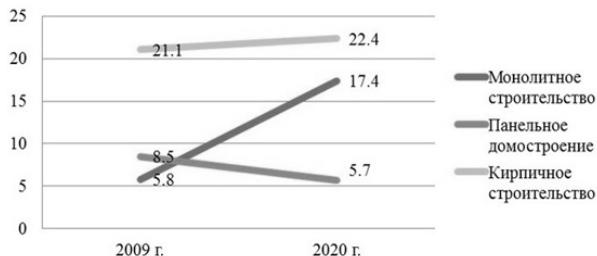


Рис. 1. Структура технологии возведения строительства с 2009 по 2020 гг., млн. м²

- эксплуатационные (конструктивные, теплотехнические, санитарно-гигиенические, эстетические);
- технологические (простота монтажа, снижение трудозатрат, уменьшение сроков строительства, сокращение материалоемкости);
- экономические (снижение стоимости изготовления, возведения, эксплуатации);
- экологические (экологичность материала, конструкции, утилизации);
- требования к безопасности (безопасность при изготовлении, в процессе эксплуатации, обеспечение противопожарных требований) [2].

В данной статье сравниваются два варианта несъемной опалубки. Первый – уже готовая опалубка австрийской компании VELOX, второй – опалубка из цементно-стружечных плит и полистиролбетона.

Австрийская компания VELOX представляет технологию возведения монолитного строительства в несъемной опалубке из щепоцементных плит. Такие плиты производят путем прессования древесной (хвойной) щепы, цемента и минеральных добавок. Технология производства обеспечивает полную переработку сырья и является экологически безопасной. Плиты сохраняют лучшие свойства древесины и при этом отличаются высокой прочностью, обеспечивают хорошую звуко- и теплоизоляцию. За счет минерализации щепы, плиты VELOX защищены от горения, гниения, влаги, сохраняют геометрические размеры и не подвержены процессам старения древесины [3] (рис. 2).

Для улучшения теплотехнических характеристик в несъемной опалубке используется двухслойная плита VELOX WS-135 (рис. 3), она имеет щепоцементный слой толщиной 35 мм и приклеенный на цементном растворе утеплитель (пенополистирол) толщиной 100 мм.

Пенополистирол по теплотехническим свойствам имеет высокие показатели. В качестве сравнения с наиболее применяемыми

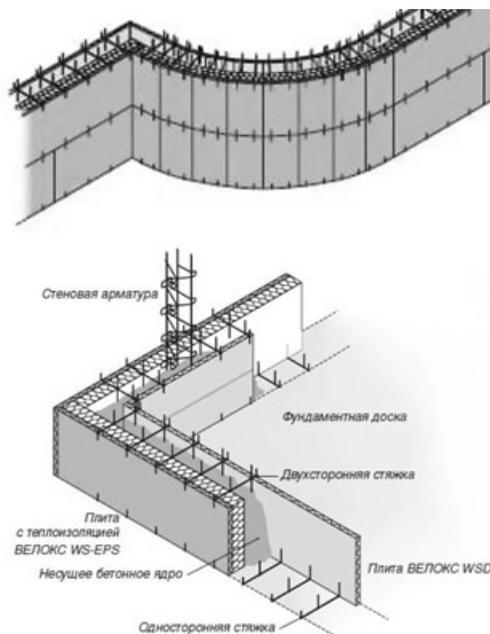


Рис. 2. Несъемная опалубка VELOX [3]

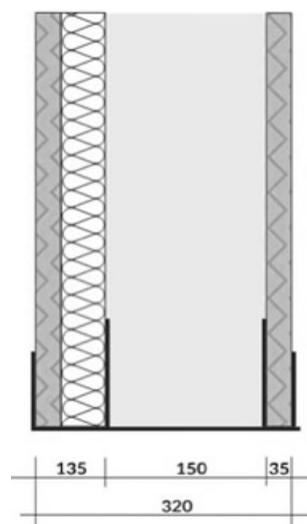


Рис. 3. Разрез конструкции опалубки VELOX UL 32 [3]

в строительстве материалами его можно сопоставить с минеральной ватой (табл. 1).

Пенополистирол – горючий материал, выделяющий при горении токсические продукты. Кроме того, при монтаже и отделке помещения необходимо учитывать ряд специальных мероприятий по обработке поверхностей, обеспечивающих защитные свойства в местах оконных, дверных проемов, электрических сетей, розеток и выключателей (табл. 2).

После монтажа несъемная опалубка VELOX заполняется тяжелым бетоном. Он со-

стоит из трех основных компонентов: вяжущего вещества, крупного и мелкого заполнителей. В качестве вяжущего материала могут быть использованы цементы марок М200-М800. Благодаря заполнителям, например плотного щебня разных фракций, мелкого и среднего песка, и тщательной трамбовке раствора, сразу после укладки достигается высокая плотность тяжелого бетона. Для придания раствору пластичности в него вносят пластификаторы [4]. Обычно для заливки стен используется бетон марок М250-М350. В табл. 3 приведены физико-механические свойства тяжелых бетонов.

Второй вариант для анализа технологии стеновых ограждающих конструкций – цементно-стружечные плиты и заполненный между ними полистиролбетон.

Цементно-стружечная плита (ЦСП) (рис. 4) – это материал, изготовленный путем прессования смеси из цемента, деревянной стружки и химических добавок. Использо-

мым цементом должен быть портландцемент. Состав цементно-стружечных плит представлен на рис. 5. В качестве химических добавок используются: хлорид кальция, «жидкое стек-



Рис. 4. Цементно-стружечные плиты [5]

Таблица 1

Сравнительные показатели теплопроводности

Материал	Полистирол	Минеральная вата	Древесина	Кирпич	Тяжелый бетон
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,037	0,039	0,14	0,56	1,1-1,3

Таблица 2

Физико-механические показатели пенополистирола

Показатель	Значение показателя
Водопоглощение за 24 часа, %, не более	0,4
Предел прочности при изгибе, МПа	0,25
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,037
Морозостойкость, число циклов переменного замораживания и оттаивания	Около 60
Группа горючести	Г-3 (опасные)
Гарантийный срок эксплуатации, лет	Не менее 30 лет
Экологичность	Нет окончательных исследований по безопасности для здоровья

Таблица 3

Основные физико-механические свойства бетона марок М250-М350

Показатель	М250	М350
Прочность на сжатие	В20	В25
Подвижность (текучесть смеси)	П2-П4	П3-П5
Морозостойкость	Класс F75-F100	Класс F200-F300
Водопроницаемость	W2-W6	W8
Плотность	2300 кг/м ³	2400 кг/м ³

до», хлорид или сульфат алюминия. Они применяются для защиты материала от гниения, поражения грибом, уменьшают способность впитывать воду и увеличивают стойкость к мо-



Рис. 5. Содержание компонентов в ЦСП

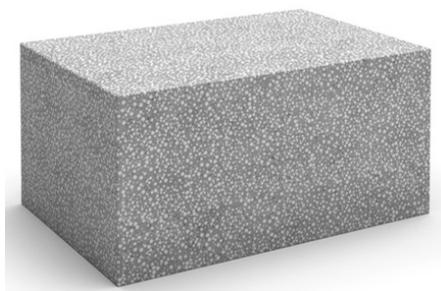


Рис. 6. Полистиролбетон [8]

розу [2]. ЦСП является продуктом российского производства и его стоимость гораздо меньше, чем стоимость несъемной опалубки VELOX. Физико-механические показатели ЦСП представлены в табл. 4.

Листы ЦСП выпускаются двух размеров: при ширине 1250 мм длина может быть 2700 или 3200 мм. При этом толщина плит ЦСП может быть 8, 10, 12, 16, 20, 24, 36 мм. Вес листов ЦСП указан в табл. 5, 6.

Полистиролбетон (рис. 6) является разновидностью легких бетонов и характеризуется наличием в составе следующих компонентов: воды, песка, цемента, специализированных добавок и гранул полистирола, заменяющих крупный наполнитель размером 0,7–5 мм, в зависимости от марки и класса бетона. Наполнитель получают способом однократного или многократного вспенивания суспензионного полистирольного бисера. Воздухововлекающие добавки, такие как СДО (смола древесно-омыленная), предотвращают всплытие гранул, обеспечивая однородность раствора [6]. Полистирол обладает рядом положительных характеристик: низкой влагонепроницаемостью, хорошими показателями по морозостойкости и звукоизоляции, материал устойчив к появлению микроорганизмов, плесени и гнили (табл. 7). Полистиролбетон является негорючим материалом, но высокая температура воздуха может привести гранулы к разрушению и соответственно к потере прочности конструкции [7]. Для стеновых ограждающих конструкций обычно используется марка полистиролбетона D500 (табл. 7).

Таблица 4

Физико-механические показатели ЦСП (ГОСТ 26816-2016 «Плиты цементно-стружечные. Технические условия»)

Показатель	Значение показателя
Плотность, кг/м ³	1100-1400
Влажность, %	6-12
Разбухание по толщине за 24 ч, %, не более	1,5
Водопоглощение за 24 ч, %, не более	16
Предел прочности при изгибе, МПа	7-12
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа, не менее	0,35-0,5
Твердость, МПа	45-65
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,26
Морозостойкость, число циклов переменного замораживания и оттаивания	50
Группа горючести	Г-1 (трудногорюемые)
Гарантийный срок эксплуатации, лет	50

Таблица 5

**Вес цементно-стружечных плит
в зависимости от размеров и толщины**

Размеры, мм			Вес одного листа, кг	Объем листа, м ³	Кол-во листов в 1 м ³
длина	ширина	толщина			
2700	1250	8	36,45	0,0270	37,04
		10	45,56	0,0338	29,63
		12	54,69	0,0405	24,69
		16	72,90	0,0540	18,52
		20	91,12	0,0675	14,81
		24	109,32	0,0810	12,53
		36	163,78	0,1215	8,23

Таблица 6

**Вес цементно-стружечных плит
в зависимости от размеров и толщины**

Размеры, мм			Вес одного листа, кг	Объем листа, м ³	Кол-во листов в 1 м ³
длина	ширина	толщина			
3200	1250	8	43,20	0,0320	31,25
		10	54,00	0,0400	25,00
		12	64,80	0,0480	20,83
		16	86,40	0,0640	15,63
		20	108,00	0,0800	12,50
		24	129,60	0,0960	10,42
		36	194,40	0,1440	6,94

Таблица 7

Показатели полистиролбетона D500

Показатель	Значение показателя
Прочность на сжатие	B2, 0-B2, 5
Прочность на растяжение при изгибе, МПа, не менее	0,7
Морозостойкость (долговечность)	Класс F75-F100
Водопоглощение, %	До 8%
Экологичность	Безопасен для здоровья
Теплоизоляция, Вт/м ² С	0,14
Шумоизоляция, дБ	61
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,075
Огнестойкость	Слабогорючий
Долговечность, лет	≈ 100

В табл. 8 показано сравнение вариантов ограждающих конструкций в несъемной опалубке.

Таблица 8

Сравнение вариантов ограждающих систем в несъемной опалубке

Показатель	Несъемная опалубка VELOX	Несъемная опалубка из ЦСП и полистиролбетона
Толщина стены, мм	320	310
Сопrotивление теплопередаче, м ² (°C / Вт)	2,73	2,05
Стоимость на 1 м ² , руб.	2851	1750
Экологичность	Нет окончательных исследований пенополистирола по безопасности о здоровье	Безопасен для здоровья
Огнестойкость	Может выделять токсические вещества	Слабогорючая
Шумоизоляция, дБ	51	61
Долговечность	≈100 лет	≈100 лет

Вывод. Предлагаемая конструктивная система из цементно-стружечных плит и полистиролбетона позволяет снизить стоимость строительства на 30–50 %, производить параллельно различные виды строительных работ после возведения каркаса и сократить сроки строительства на 13–15 %. Одним из преимуществ перед несъемной опалубкой VELOX является показатель по теплотехническим характеристикам с учетом того, что в представленном варианте ограждения отсутствует пенополистирол. Отсутствие пенополистирола сказывается на комфорте и экологической безопасности ограждающих конструкций. Следует отметить малые расхождения в показателях по шумоизоляции и долговечности. Рассматриваемая система несъемной опалубки из ЦСП и полистиролбетона особенно актуальна в современных условиях санкций политики Запада.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Число монолитных домов в России выросло втрое [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2021/05/16/chislo-monolitnyh-domov-v-rossii-vyroslo-vtroe.html> (дата обращения: 02.12.2022).
2. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г. Совершенствование технологии возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке: монография. Пенза: ПГУАС, 2010. 168 с.
3. Несъемная опалубка VELOX [Электронный ресурс]. URL: <http://rosstro-velox.ru/> (дата обращения: 20.11.2022).
4. Технические характеристики бетона [Электронный ресурс]. URL: <https://mosbetontorg.ru/informatsiya/tekhnicheskie-kharakteristiki-betona-m350-b25/> (дата обращения: 02.12.2022).

5. Отделочный материал универсального типа – ЦСП плиты: размеры, цены, способы укладки, характеристики [Электронный ресурс]. URL: <https://homius.ru/tssp-plityi-razmeryi-tsenyi.html> (дата обращения: 02.12.2022).

6. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Специальные бетоны. М.: Инфра-Инженерия, 2012. 368 с.

7. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности: основы теории, методы расчета и технологическое проектирование / Ю.М. Баженов, Е.А. Король, В.Т. Ерофеев, Е.А. Митина. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 305 с.

8. Полистиролбетон – характеристики и сфера применения [Электронный ресурс]. URL: <https://kvartirnyj-remont.com/polistirolobeton.html> (дата обращения: 02.12.2022).

REFERENCES

1. *The number of monolithic houses in Russia has tripled.* Available at: <https://rg.ru/2021/05/16/chislo-monolitnyh-domov-v-rossii-vyroslo-vtroe.html> (accessed 2 December 2022).
2. Ryazanova G.N., Kamburg V.G. *Sovershenstvoovanie tehnologii vozvedeniya ograzhdajushih konstrukcij v nes#emnoj opalubke* [Improvement of Construction Technology of Enclosing Structures in Permanent Formwork]. Penza, PGUAS, 2010. 168 p.
3. *Permanent formwork VELOX.* Available at: <http://rosstro-velox.ru/> (accessed 20 November 2022).
4. *Technical characteristics of concrete.* Available at: <https://mosbetontorg.ru/informatsiya/tekhnicheskie-kharakteristiki-betona-m350-b25/> (accessed 2 December 2022).
5. *Finishing material of universal type – DSP plate: dimensions, prices, laying methods, characteristics.* Available

at: <https://homius.ru/tssp-plityi-razmeryi-tsenyi.html>
(accessed 2 December 2022).

6. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. *Special'nye betony* [Special concretes]. Moscow, Infra-Engineering, 2012. 368 p.

7. Bazhenov Yu.M., Korol E.A., Erofeev V.T., Mitina E.A. *Ograzhdajushhie konstrukcii s ispol'zovaniem betonov nizkoj teploprovodnosti: osnovy teorii, metody rascheta i tehnologicheskoe proektirovanie* [Enclosing structures using concretes of low thermal conductivity: fundamentals of theory, calculation methods and technological design]. Moscow, Publishing house of the Association of Construction Universities, 2008. 305 p.

8. *Polystyrene Concrete – Characteristics and Scope*. Available at: <https://kvartirnyj-remont.com/polistirolobeton.html> (accessed 2 December 2022).

Об авторах:

РЯЗАНОВА Галина Николаевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии
и организации строительного производства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ryazanovagn55@mail.ru

RYAZANOVA Galina N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Technology of Construction Organization Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: ryazanovagn55@mail.ru

КОЗЛОВА Елена Сергеевна

инженер факультета промышленного
и гражданского строительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: banannnnnnnn@gmail.com

KOZLOVA ELENA S.

Engineer of the Faculty of Industrial
and Civil Engineering
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: banannnnnnnn@gmail.com

Для цитирования: Рязанова Г.Н., Козлова Е.С. Анализ типов несъемных опалубок из древесно-цементных композиций // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 103–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.15.
For citation: Ryazanova G.N., Kozlova E.S. Analysis of Types of Non-Removable Formworks from Wood-Cement Compositions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 103–109. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.15.

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



УДК 72.01:711-1+001.895

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.16

М. А. ВАВИЛОНСКАЯ

ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРАДИЦИОННОГО ГОРОДА

PRINCIPAL DIAGRAM OF INTELLECTUALIZATION OF A TRADITIONAL CITY

В статье интеллектуализация традиционного города рассматривается как процесс, который проявляет себя в сфере градостроительства через посредство создания целой сети градостроительных образований, служащих маркерами инновационного развития, среди которых – «технополисы», «иннополисы», «технопарки», «технополы», «технологические ареалы», «исследовательские парки» и «научные парки». Перечисленные объекты являются, прежде всего местами приложения труда и с этих позиций имеют градообразующее значение, однако все они не обладают сложившейся социально-бытовой инфраструктурой в отличие от традиционного города, что не позволяет им мгновенно стать привлекательными для населения мегаполисов. Различный территориальный уровень и локация инновационных градостроительных образований (ИНГСО) позволили выявить четыре принципиальные схемы интеллектуализации традиционного города: опосредованная, локальная интегрированная, распространенная. Распространенная интеллектуализация характеризуется тем, что каждой отрасли экономики соответствует свой ИНГСО, а следовательно, все сферы деятельности попадают в поле инноватики. Такая схема интеллектуализации является наиболее перспективной и жизнеспособной.

Ключевые слова: инновационные градостроительные образования, «умные города», интеллектуализация, инфраструктура, традиционный город

Первоначально «умные города» противопоставлялись традиционному городу, имеющему существенный пласт культурных, социальных, материальных и иных ценностей. Идея «умного города» связывалась

In the article, the intellectualization of a traditional city is considered as a process that manifests itself in the field of urban planning through the creation of a whole network of urban formations that serve as markers of innovative development, including “technopolises”, “innopolises”, “technoparks”, “technopoles”, “technological areas”, “research parks” and “science parks”. The listed objects are, first of all, places of application of labor and from this position have a city-forming significance, however, all of them do not have an established social infrastructure, unlike a traditional city, which does not allow them to instantly become attractive to the population of megacities. Different territorial level and location of innovative town-planning formations (INGSO) made it possible to identify four principal schemes of intellectualization of a traditional city: indirect, local integrated, widespread. Widespread intellectualization is characterized by the fact that each sector of the economy has its own INGSO, and therefore, all areas of activity fall into the field of innovation. This intellectualization scheme is the most promising and viable.

Keywords: Key words: innovative urban formations, “smart cities”, intellectualization, infrastructure, traditional city

с прорывом в науке, в том числе и в теории градостроительства. Поэтому идея «умного города» связывается с созданием новых градостроительных образований, основанных на отличных от традиционных принципах орга-

низации материальной среды. Рейтинги умных городов, в которых более 50 % являются традиционными городами, показывают, что процессы интеллектуализации традиционного города осуществляются достаточно успешно. Интеллектуализацию традиционных городов можно считать наиболее трудоемким процессом, но более перспективным, нежели создание новых. В данной статье предпринята попытка на основании анализа международной практики выявить возможные схемы интеллектуализации сложившихся городов, что может быть актуально с позиций планирования градостроительной стратегии их инновационного развития.

Постановка задачи

В отличие от индустриального общества основным вектором развития постиндустриального или информационного, инновационно ориентированного общества является использование знаний и информационных продуктов [1], когда основной градобразующей базой городов становится не материальное производство, а научные институты, интегрированные с наукоёмкими производствами, ориентированные на создание инновационного продукта. Градобразующей базой современных научно-производственных городов становятся предприятия нового типа, направленные на создание интеллектуального продукта и внедрение его в повседневную жизнь, основанные на трансфертной технологии, т. е. на сближении науки и производства. Наукограды или технополисы становятся новой формой расселения и по отношению к современным историческим городам представляют собой в какой-то мере города-спутники. Феномен таких наукоградов видится в следующем:

- их автономия практически невозможна (достаточно вспомнить пустующий южнокорейский «умный город» Сонгдо);
- они лишь территориально привязаны к определенному историческому городу, но работают на гораздо большие территории, объединяя и привлекая специалистов из разных регионов страны;
- они работают на имидж исторического города, в зоне влияния которого расположены;
- они работают на интеллектуализацию исторического города, к которому привязаны.

Можно говорить о том, что наукограды или технополисы не являются в полной мере самостоятельными урбанистическими образованиями, они привязаны и являются неотъемлемой частью того или иного крупного мегаполиса, неотъемлемой частью кото-

рого являются и способствуют их развитию. Можно сказать, что иннополисы или технополисы – это новый тип интегрированного наукоемкого производства, это новые типы градобразующих объектов, это выход градобразующей базы на расселенческий уровень, когда градобразующий объект по своему функциональному составу приобретает черты градостроительного объекта, включая жилую (селитебную) и производственную территории. Происходит качественная трансформация всей теории градостроительства под влиянием складывающейся национальной инновационной системы.

Ключевыми элементами инфраструктуры национальной инновационной системы являются градостроительные новообразования, которые в разных странах имеют различные наименования, такие как «технополис», «иннополис», «технопарк», «технопол», «технологический ареал», «исследовательский парк» и «научный парк». Все эти несколько различающиеся по своему функционалу объекты предлагается именовать **инновационные градостроительные образования** (далее ИНГСО или инновационные образования), поскольку каждое из них в той или иной мере является градобразующим или имеет градобразующее значение. ИНГСО могут иметь разный территориальный уровень, но при этом все они выступают в качестве маркеров инновационного развития. Все они имеют примерно одинаковое целеположение, а именно создание новой производственной инфраструктуры, основанной на территориальном объединении и интеграции научных учреждений, высокотехнологического производства и учебных заведений, готовящих для них научные и инженерные кадры, и создание отвечающих этим целям жилой среды и социальной инфраструктуры.

Технополисы способствуют становлению качественно новой экономики, существующей на базе высоких технологий, но также являются собой пример абсолютно новых подходов градостроительного развития. Именно на градостроительном уровне в настоящее время ведется активный поиск новых форм взаимодействия традиционных городов и указанных выше инновационных образований. Инновационные образования могут представлять собой как отдельные объекты, служащие маркерами инновационного развития, так и крупномасштабные территории и даже новые города. Образование таких во многом продиктовано волевыми решениями властных структур различного уровня, и без государственной поддержки не приходится уповать на то, что такие города будут стабильно привлекательными для

населения. Достаточно вспомнить один из новых «умных городов» – Сонгдо, куда было инвестировано порядка 35 млрд долларов пока не оправдавших себя инвестиций (генеральный план разработан в 2003 г.). Размещаясь, как правило, в зоне влияния традиционного города, подобные инновационные градостроительные образования сродни городам-спутникам или городам-садам.

Однако, в отличие от городов-садов, которые служили прежде всего местом отдыха и свободного времяпрепровождения горожан, иннополисы являются прежде всего местом приложения труда. В первом случае новое городское образование характеризовалось перевесом селитебных территорий, во втором – перевесом производственных наукоёмких предприятий, а именно градообразующей базы. И те и другие служат по сути спутниками крупных мегаполисов, но их воздействие на традиционный город кардинально различается. Даже биоритмы таких новообразований радикально различаются. Город-сад оживает в вечерние часы, а иннополисы, наоборот, работают в дневное время.

Интересен тот факт, что и в том и другом случае подобные новообразования служат результатом волевых решений и целевых программ. И в том и другом случае происходит постепенное приращение социально-бытовой инфраструктуры, однако конечный результат радикально отличается. Так, город-сад в большинстве случаев всё же преобразуется в образование городского типа, постепенно наполняясь местами приложения труда. При этом иннополис, на ранних этапах испытывая мощные инвестиционные влияния сверху, без дальнейшей целевой поддержки может не перерасти в полноценное образование городского типа, а остаться исключительно местом приложения труда для жителей мегаполиса, как, например, «Жигулевская долина» в Самарской области.

Градостроительная роль иннополисов или технополисов можно оценить как субцентров, в терминах С.Б. Поморова, которые обуславливают городской полицентризм [2]. Первые прообразы технополисов возникли в США еще в 1960-е гг. и связаны они были со сдачей в аренду площадей отдельным наукоёмким предприятиям. В 1970-е гг. в Европе данная идея была дополнена идеей бизнесинкубатора, позволившего не просто развивать существующие наукоёмкие предприятия, но и способствовать созданию новых. Учредителями таких образований становятся научные или образовательные учреждения, обеспечивающие научную поддержку, и власть (городские или региональные администрации), предоставля-

ющие территорию развития, обеспеченную соответствующей инфраструктурой. Развитием данной «территории инноваций» занимается агентство по развитию территории или организация, обеспечивающая грантовую и иную ресурсную поддержку технополиса. Интересен тот факт, что если в России интеллектуализации первоначально были подвержены мегаполисы крупнейших столичных городов (Москва, Санкт-Петербург), т. е. города с высокоразвитой экономикой, то в Европе технопарки служили, наоборот, для интенсификации развития и повышения уровня жизни населения в слаборазвитых районах страны [3].

Впервые идея создания технополисов была выведена на уровень развития новых систем расселения в Японии, где с 1980-х гг. началось целенаправленное формирование единой национальной инновационной системы. Так, по программе «Технополис» (1982) планировалось строительство 19 новых наукоградов, равномерно рассредоточенных по всей территории Японии. Важен тот факт, что многие из таких технополисов были привязаны к городам, экономика которых базировалась на абсолютно традиционных отраслях, что придавало этим отраслям новый, инновационный импульс развития за счет внедрения электроники, программного обеспечения, робототехники, биотехнологии и др. Это заставляет задуматься о том, что интеллектуализация, первоначально охватывая одни сферы деятельности, постепенно захватывает новые и новые отрасли. В конечном счете с позиций интеллектуализации будут пересмотрены достижения абсолютно всех видов деятельности, в которых задействованы городские сообщества. В этом случае можно будет говорить о полной интеллектуализации городов.

Теоретическая часть

Опираясь на международный опыт, можно выделить несколько принципиальных схем интеллектуализации городов (рис. 1):

1) опосредованная интеллектуализация, когда ИНГСО формируется за пределами традиционных городов и их влияние на традиционный город может быть незначительным, при этом ИНГСО формируется комплексно и предполагает, наряду с созданием инновационной градообразующей базы, развитие социально-бытовой инфраструктуры нового поселения, формирование которого отдается приоритет в данной схеме (например Иннополис в зоне влияния Казани);

2) локальная интеллектуализация, когда ИНГСО образует локальный центр на перифе-

рии традиционного города, вращая в его границы, при этом центр не обладает собственной социально-бытовой инфраструктурой и играет роль исключительно градообразующего объекта;

3) интегрированная интеллектуализация, когда ИНГСО интегрирован в городскую среду и представлен целым рядом объектов, формирующих сразу несколько взаимосвязанных очагов внедрения инноватики, например на платформе вузов, каких-либо предприятий и т. п.;

4) распространенная интеллектуализация, при этом интеллектуализация достигает такой стадии, когда практически каждой отрасли экономики соответствует свой ИНГСО, в пределах традиционного города формируется инфраструктура территории инноваций.

Данные принципиальные схемы можно рассматривать как варианты интеллектуализации городов, выбор которого является планомерным или естественным процессом. В каждой из этих схем ИНГСО рассматривается во взаимосвязи и взаимовлияниях на сложившийся город.

Первый вариант интеллектуализации мегаполиса – **опосредованная интеллектуализация**, он предполагает создание нового инновационного образования за границами традиционных крупных и крупнейших городов, – самый простой путь, который не требует существенной перестройки сложившейся материальной среды и социальных преобразований внутри традиционных городов для осуществления перехода к новому образу жизни, которому сопутствует инноватика. Таким образом, создание на новом месте новых городских структур, сориентированных на инновационное производство, должно транслировать инновационные технологии в среду традиционных городов. Однако это происходит не всегда. Построенные на

новом месте инновационные «города» часто не оказывают существенного влияния на мегаполисы, порождением которых они в конечном счете являются. Например, казанский Иннополис демонстрирует некую элитарность, приобретая по существу черты закрытости, транслируя клубную идею на градостроительный уровень. Такой эффект является результатом избирательности и жесткой фильтрации кадров для работы на территории инноваций. Возможность проживания на территории Иннополиса имеют только сотрудники развернутых на его территории компаний. Такого рода «закрытость», на наш взгляд, служит причиной того, что просачивание инновационной идеологии в сложившийся город происходит крайне медленно или не происходит совсем. В связи с этим идея развития территорий инноваций за пределами крупных городов не оправдала себя в полной мере. Однако именно такое размещение инновационного градостроительного образования можно считать одним из самых распространенных вариантов интеллектуализации городов, сваянный с перестройкой системы расселения крупных мегаполисов на новый инновационный лад.

Градообразующую роль в данном случае играет наука, а не производство, пусть даже инновационно ориентированное. В зависимости от того, что является градообразующей базой **инновационных градостроительных образований**, они могут стать отправной точкой развития новых городов или сохранить за собой роль мест приложения труда. В любом случае, для того чтобы инновационные градостроительные образования превратились в полноценный город, необходимо время, на протяжении которого подпитка ИНГСО со стороны традиционного города является непременным условием его существования.

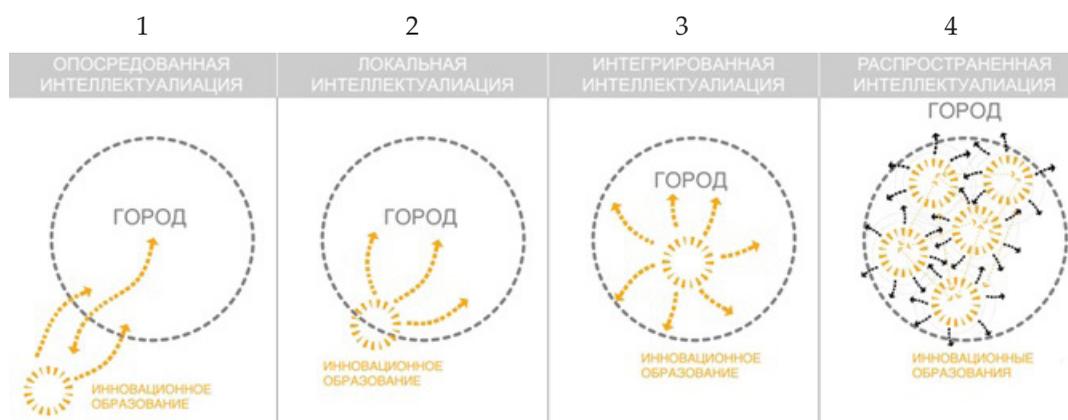


Рис. 1. Принципиальные схемы интеллектуализации городов:

1 – опосредованная интеллектуализация; 2 – локальная интеллектуализация; 3 – интегрированная интеллектуализация; 4 – распространенная интеллектуализация

Примером опосредованной интеллектуализации по отношению к городу-порту Инчону служит Сонгдо (Южная Корея), пример которого свидетельствует о важности взаимосвязей между традиционным городом и ИНГСО. Пример Сонгдо наглядно демонстрирует, что даже крупнейшие инвестиционные вливания не способны поддержать жизнь города в отсутствие развитой инфраструктуры, являющейся неотъемлемой частью любого традиционного города. Насыщенная последними инновациями и современным благоустройством высококомфортная среда Сонгдо оказалась малопривлекательной для населения, и процесс заселения города занимает гораздо больший промежуток времени, нежели создание его интеллектуальной среды (рис. 2).

Итак, в первом варианте связи между городом и инновационным образованием относительны. ИНГСО обладает градообразующим потенциалом, формирует вокруг себя самостоятельное поселение и служит своего рода городом-спутником, подпитываемым и существующим за счет ресурсного потенциала (трудовые ресурсы, интеллектуальный потенциал, инвестиции) крупных и крупнейших городов, рядом с которыми оно возникает. В связи с этим влияние сложившихся городов оказывается более ощутимым, нежели обратное влияние ИНГСО. Опосредованная интеллектуализация традиционных городов носит директивный характер, поскольку принятый курс на создание и поддержание ИНГСО должен иметь видимую отдачу.

Вторым вариантом инновационного развития крупных мегаполисов является **локальная интеллектуализация** традиционного города за счет внедрения ИНГСО в его структуру. Территории инноваций связаны в этом случае со штаб-квартирами высокотехнологичных компаний, развернувшихся в современной застройке традиционных городов, преимущественно на их периферии. ИНГСО имеет уже более тесную взаимосвязь и взаимовлияние на традиционный город. Размещение ИНГСО на периферии городов обычно мотивировано наличием значительных территориальных ресурсов, отсутствующих в центральной и срединной частях города. Территориальную организацию ИНГСО и интеграцию науки с промышленностью в этом случае легко обеспечить. Однако и при данном варианте влияние ИНГСО не будет столь очевидным для горожан мегаполиса, поскольку не связано с общегородским функционированием и общегородскими территориями, где презентация высоких технологий является предпочтительной. Примером может служить г. Киото, где размещается известная

компания по производству видеоигр и игровых систем Nintendo, а также еще ряд высокотехнологичных компаний (см. рис. 2). Влияние их на социально-экономическое развитие традиционного города выше, а интеллектуализация города происходит как естественный процесс по мере городского развития.

Третий вариант – **интегрированная интеллектуализация** – можно назвать «город в городе», когда инновационное образование уже полностью встроено в городскую ткань. В этом случае оно не может быть незаметным для горожан и будет оказывать влияние на различные сферы деятельности. ИНГСО служит своего рода флагманом процессов интеллектуализации сложившегося города. Наличие развитой научно-образовательной и производственной базы обеспечивает полный цикл интеллектуализации города от генерирования идеи до производства экспериментальных образцов и их внедрения [4].

Не каждый сложившийся город обладает, прежде всего, территориальными ресурсами для размещения такого развитого градостроительного образования даже при условии, что оно представлено не единым, а несколькими рассредоточенными в его ткани научно-образовательными кампусами и взаимосвязанными с ними высокотехнологичными производствами. Такие производства в сложившейся ткани города могут быть развернуты на базе утративших свою актуальность промышленных гигантов, которые могут стать полигоном для размещения ИНГСО, но это справедливо лишь для крупных промышленных центров при условии затухания производственных функций на их территории. Кроме того, традиционный город должен обладать высоким научно-образовательным потенциалом. Многие из исторически сложившихся городов не смогут следовать такому варианту интеллектуализации в отсутствие либо первой, либо второй составляющей.

Примером интегрированной интеллектуализации служит г. Томск, в структуре которого располагается более 200 инновационных предприятий, связанных со сферой IT-технологий. Число таких предприятий ежегодно растет, катализатором служат научно-образовательные комплексы, формированные на платформе университетов (см. рис. 2). Интегрированная интеллектуализация в большей мере является результатом сложившихся условий в традиционном городе, он подготовлен всей историей его предшествующего поступательного развития и в этом плане может рассматриваться как естественный путь интеллектуализации.

Наиболее эффективным вариантом можно считать **распространенную интеллектуали-**

зацию, именно данный вариант позволяет достичь комплексного социально-экономического развития территории на платформе высоких технологий. Эффективность данного варианта обусловлена многообразием видов деятельности человека, которые в последние годы охватываются процессами интеллектуализации. Именно с интеллектуализацией практически всех видов деятельности человека без исключения связаны представления об «умных городах». В этом случае ИНГСО не просто вплетены в ткань сложившихся городов, но привязаны к определенной отрасли, сфере деятельности человека и отвечают за ее интеллектуализацию. При таком подходе не требуется каких-нибудь существенных территориальных ресурсов, поскольку сам процесс интеллектуализации децентрализуется и происходит по совершенно разным направлениям. Взаимосвязи между городом и ИНГСО утрачивают своё преобладающее значение. Особую роль приобретают взаимосвязи между отраслевыми, профильными ИНГСО, которые как нейросеть охватывают сложившуюся городскую инфраструктуру.

Благодаря мощной научно-образовательной и технологической базе примером распространенной интеллектуализации является Москва (см. рис. 2). Инновации охватывают абсолютно различные сферы деятельности и во многом такая ситуация связана с особенностями развития этого города и его столичным статусом, благодаря которому здесь аккумулировался и продолжает аккумулироваться значительный ресурсный потенциал.

В XX веке в Москве начала формироваться сеть отраслевых научных учреждений и академическая сеть, что способствовало инновационному развитию различных отраслей. Направления интеллектуализации города в рамках директивного подхода были намечены в стра-

тегии Москва – «Умный город –2030», среди них перечислены транспорт, связь, финансы, промышленность, торговля и услуги, здравоохранение, образование, культура, социальная сфера, туризм и др. [5]. Последнее является наглядным отражением распространенной на все сферы деятельности интеллектуализации. Безусловно, Москва как столичный город сочетает в себе практически все из перечисленных вариантов интеллектуализации. Так, за МКАДом разместился инновационный центр Сколково, местоположение которого служит примером локальной интеллектуализации.

Кроме того, на территории Москвы и также на периферии расположена особая экономическая зона – технополис «Москва». Всего на территории Москвы расположено 24 ИНГСО, а именно технопарка и технополиса, при этом 21 из них – в пределах МКАДа и только один расположен в Центральном административном районе, практически на его границе (технопарк «Рикор», специализирующийся на информационно-коммуникационных технологиях).

Таким образом, признаки интегрированной интеллектуализации в Москве также наблюдаются. Но всё же о принятом курсе на распространённую интеллектуализацию свидетельствуют заявленные стратегические направления развития Москвы как «умного города». Вышесказанное объясняет то, почему Москва занимает 38-е место из 500 «умных городов» в глобальном индексе инновационных городов мира международного австралийского агентства 2thinknow (Innovation Cities Global Index 2019). Для сравнения Санкт-Петербург находится на 109-м, Казань – на 393-м, а Самара – на 440-м месте [6]. В то же время по рейтингу Минстроя 2020 г., определившему индекс цифровизации городского хозяйства «IQ городов», из 191 российского города Казань занима-

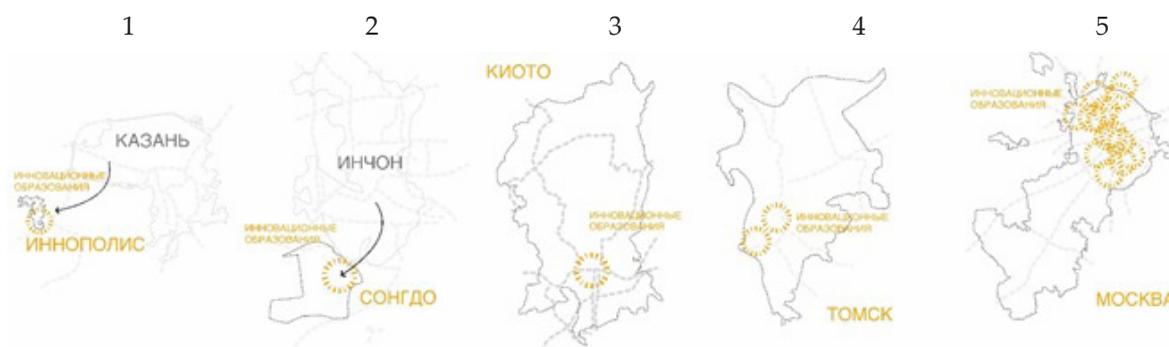


Рис. 2. Пример различных вариантов интеллектуализации сложившихся городов: 1 – Иннополис – пример опосредованной интеллектуализации Казани; 2 – Сонгдо – пример опосредованной интеллектуализации Инчона; 3 – Киото – пример локальной интеллектуализации; 4 – Томск – пример интегрированной интеллектуализации; 5 – Москва – пример распространенной интеллектуализации



Рис. 3. Направления развития умного города из стратегии Москва – «Умный город –2030» как выражение курса на распространенную интеллектуализацию, когда практически каждой отрасли экономики соответствует свой ИНГСО, в пределах традиционного города формируется инфраструктура территории инноваций

ет 2-е место, расположившись между Москвой и Санкт-Петербургом. Самара по данным Минстроя находится на 9-м месте [7].

Преимущество распространенной интеллектуализации заключается в том, что она сочетает в себе как директивный подход, так и естественный путь интеллектуализации городов, поскольку требует социально-экономического программирования, целенаправленной инвестиционной отраслевой поддержки, наличия научно-образовательного потенциала и производственных мощностей, которые можно использовать для достижения генеральной цели интеллектуализации мегаполиса.

Вывод

В результате проведенного исследования сделан вывод о том, что на протяжении последних десятилетий интеллектуализация проявляется в сфере градостроительства через посредство создания целой сети градостроительных образований, служащих маркерами инновационного развития, среди которых – «технополисы», «иннополисы», «технопарки», «технополы», «технологические ареалы», «исследовательские парки» и «научные парки». Перечисленные объекты служат прежде всего

местами приложения труда и с этих позиций имеют градообразующее значение, однако все они не обладают сложившейся социально-бытовой инфраструктурой в отличие от традиционного города, что не позволяет им мгновенно стать привлекательными для населения мегаполисов. Различный территориальный уровень и локация инновационных градостроительных образований (ИНГСО) позволили выявить четыре принципиальные схемы интеллектуализации традиционного города: опосредованная, локальная интегрированная, распространенная. Распространенная интеллектуализация характеризуется тем, что каждой отрасли экономики соответствует свой ИНГСО, а следовательно, все сферы деятельности попадают в поле инноватики. Такая схема интеллектуализации является наиболее перспективной и жизнеспособной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зенкина Е.В. Постиндустриализация как общая закономерность современных изменений в экономических процессах // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2018. № 4 (38). С. 74–77.

2. Поморов С. Б., Жуковский Р. С. Ретроспектива развития городского полицентризма и теоретических представлений о нем // *Архитектон: известия вузов* № 52 / Декабрь 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://old.archvuz.ru/PDF/%23%2052%20PDF/ArchPHE%2352pp13-36PomorovZhukovsky.pdf> (дата обращения: 14.02.2023).

3. Орда О.В. Технополисы как элемент инфраструктуры национальной инновационной системы // *Экономический журнал*. 2011. №1 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnopolisy-kak-element-infrastruktury-natsionalnoy-innovatsionnoy-sistemy/viewer> (дата обращения: 20.01.2023).

4. Ахмедова Е.А., Вавилонская Т.В. Принципы поэтапной реорганизации архитектурно-пространственной структуры городской среды на основе инновационных технологий // *Градостроительство и архитектура*. 2019. Т. 9. № 2 (35). С. 68–79. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.10.

5. Проект стратегии «Москва – «Умный город-2030» [Электронный ресурс]. URL: https://www.mos.ru/upload/alerts/files/3_Tekststrategii.pdf (дата обращения 08.03.2023)

6. Рейтинг инновационной привлекательности мировых городов [Электронный ресурс]. URL: <https://gcii.hse.ru/> (дата обращения: 10.12.2022).

7. Рейтинг умных городов в России 2021/10/26 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 10.12.2022).

2. Pomorov S. B., Zhukovsky R. S. Retrospective of the development of urban polycentrism and theoretical ideas about it. *Arhitekton: izvestija vuzov* [Architects: news of universities], 2015, no. 52. Available at: <http://old.archvuz.ru/PDF/%23%2052%20PDF/ArchPHE%2352pp13-36PomorovZhukovsky.pdf> (accessed 14 February 2023).

3. Orda O.V. Technopolis as an element of the infrastructure of the national innovation system. *Jekonomicheskij zhurnal* [Economic Journal], 2011, no.1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnopolisy-kak-element-infrastruktury-natsionalnoy-innovatsionnoy-sistemy/viewer> (accessed 20 January 2023).

4. Akhmedova E.A., Vavilonskaya T.V. Principles of Phased Reorganization of the Architectural and Spatial Structure of the Urban Environment Based on Innovative Technologies. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 68–79. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.10

5. *Draft strategy "Moscow – "Smart City-2030"*. Available at: https://www.mos.ru/upload/alerts/files/3_Tekststrategii.pdf (accessed 08 March 2023).

6. *Rating of innovative attractiveness of world cities*. Available at: <https://gcii.hse.ru/> (accessed 10 December 2022).

7. *Rating of smart cities in Russia 2021/10/26*. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php> (accessed 10 December 2022).

REFERENCES

1. Zenkina E.V. Postindustrialization as a general pattern of modern changes in economic processes. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Jekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom* [News of higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Manufacturing Management], 2018, no. 4(38), pp. 74–77. (in Russian)

Об авторе:

ВАВИЛОНСКАЯ Марина Андреевна
аспирант кафедры градостроительства
ассистент кафедры реконструкции и реставрации
архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: marinavavilonskaya@mail.ru

VAVILONSKAYA Marina A.
Postgraduate Student of the Urban Planning Chair,
Assistant of the Reconstruction and Restoration of
Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: marinavavilonskaya@mail.ru

Для цитирования: Вавилонская М.А. Принципиальные схемы интеллектуализации традиционного города // *Градостроительство и архитектура*. 2023. Т. 13, № 2. С. 110–117. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.16.

For citation: Vavilonskaya M.A. Principal Diagram of Intellectualization of a Traditional City. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 110–117. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.16.

Т. В. ВАВИЛОНСКАЯ
А. В. КАРПЕНКО

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРАНИЦ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

METHODOLOGICAL APPROACHES TO DETERMINING THE BORDERS OF THE TERRITORIES OF SMALL HISTORICAL SETTLEMENTS

В статье раскрываются сложившиеся методические подходы определения границ территорий исторических поселений из числа малых городов и сельских исторических поселений. Проводится анализ разработанных границ территорий для 30 исторических поселений страны, предложена классификация методических подходов к определению границ исторических поселений, наиболее детально рассмотрен предложенный авторский подход, при котором в границы исторического поселения включаются преимущественно элементы исторического каркаса (исторические улицы, исторические площади, исторические парковые ландшафты), т. е. общественные пространства. Теканевые элементы включаются в границы исторического поселения только при признании их ценности.

Ключевые слова: историческое поселение, границы территории, методические подходы, архитектурно-историческая среда

С введением Закона об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) в 2002 г. на смену ранее утвердившемуся понятию «исторический город» приходит расширенная трактовка «историческое поселение» (ИП). Несомненно позднее исторические поселения по аналогии с объектами культурного наследия по своему значению были разделены на региональные и федеральные. Относительно исторических поселений федерального значения принимается ряд Постановлений Правительства и Приказов Минкультуры РФ, регламентирующих деятельность по наделению их соответствующим статусом, в то время как нормативно-правовая база для исторических поселений регионального значения остается пока не сформированной.

В отсутствие нормативно-правовой базы, которая устанавливает методику определения границ исторического поселения, важно проанализировать накопленный в этой сфере практический опыт и методические подходы. Кроме того, в последние годы наблюдается феномен увеличения количества исторических поселе-

The article reveals the established methodological approaches to determining the boundaries of the territories of historical settlements from among small towns and rural historical settlements. The analysis of the developed boundaries of territories for 30 historical settlements of the country is carried out, a classification of methodological approaches to determining the boundaries of historical settlements is proposed, the proposed author's approach is considered in most detail, in which the boundaries of the historical settlement include mainly elements of the historical framework (historical streets, historical squares, historical park landscapes and etc.), i.e. public spaces. Fabric elements are included in the boundaries of the historical settlement only if their value is recognized.

Keywords: historical settlement, territory boundaries, methodological approaches, architectural and historical environment

ний регионального значения из числа малых городов и сельских населенных мест. В данной статье авторы попытались обосновать причины этого явления. Одной из таких субъективных причин видится ежегодно проводимый по поручению Президента России с 2018 г. Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды. К конкурсу допускаются города с численностью населения до 100 тыс. человек, а также исторические поселения федерального и регионального значения. Основной целью конкурса является обеспечение привлечения инвестиций в развитие малых городов и исторических поселений, а также повышение уровня благоустроенности территорий. С каждым годом растет число участников конкурса и его призовой фонд, параллельно с этим увеличивается число малых исторических поселений. Думается, что такой эффект от реализации данного конкурсного проекта нельзя считать ожидаемым. При поверхностном взгляде данный эффект может восприниматься как своего рода перегиб, однако количественный рост малых исторических поселений влечет за собой ка-

чественные изменения их среды, которые носят безусловно позитивный характер. Так, государственные инвестиции не рассчитаны непосредственно на восстановление объектов культурного наследия или развитие культурного туризма, но тем не менее они способствуют привлечению внимания местных сообществ к проблемам сохранения наследия, культивируют к нему бережное отношение и выводят уровень комфорта исторической среды малых городов и сельских поселений на современный уровень, что оказывается ощутимым для коренного населения и привлекательным для туристов.

Сложившийся подход к определению границ исторического поселения был сформирован в ЦНИИП градостроительства в 1980-1990-х гг. Таким подходом можно считать выделение границ исторического поселения по следующим критериям: 1) историчность территории, которая определяется путем наложения архивных планов поселения на его современную карту; 2) целостность исторической среды, образованной памятниками и ценными градостроительными объектами; 3) ценность разнообразия морфологии исторической среды. Последний критерий отражает необходимость сохранения исторической среды каждого из выявленных её морфотипов.

С тех пор произошли существенные изменения в законодательной базе в сфере охраны наследия, и это сказалось на методических подходах к определению границ исторического поселения. К таким изменениям можно отнести укрепляющуюся с 2000-х гг. взаимосвязь охранного, градостроительного и земельного законодательства. Влияние последнего на вопросы охраны наследия становится очевидным, а иногда и первостепенным. Границы территории исторического поселения тщательным образом увязываются со сложившейся системой землепользования и в свою очередь отражаются в градостроительной документации или, вернее сказать, в документации территориального планирования (генеральный план поселения) и правового зонирования (правила землепользования и застройки поселения).

Материалы и методы

В проведенном научном исследовании для сравнительного анализа имеющихся в настоящее время методических подходов к определению границ территорий малых исторических поселений были использованы следующие методы: анализ предпосылок для выработки новых методических подходов, сравнительный анализ и графоаналитический метод, который позволил выявить целый ряд достаточно разнообразных подходов.

Анализ предпосылок для выработки новых методических подходов

На момент вступления в силу закона «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ в стране числилось 478 исторических поселений. 29 июля 2010 г. был издан совместный приказ Минкультуры РФ № 418 и Минрегионразвития РФ № 339, установивший перечень исторических поселений, состоящий из 40 городов и сельских населённых пунктов (на текущий момент в перечне исторических поселений страны 45 городов и сельских населённых пунктов). Данные поселения имеют статус федерального значения. Приказ был связан с Постановлением правительства № 2 от 16 января 2010 г., утверждавшим порядок согласования планирования и застройки исторических поселений. Усложненная процедура согласования градостроительной документации для исторических поселений сказалась на том, что их число, опять же по субъективным причинам, существенно уменьшилось. С тех пор многие регионы страны вступили на путь придания историческим поселениям, ранее входившим в федеральный список, статуса поселений регионального значения. С каждым годом число исторических поселений регионального значения в нашей стране неуклонно растёт. Имеются примеры появления малых исторических поселений, которые ранее не имели такого статуса (рис. 1).

Министерством культуры Российской Федерации разработана Концепция по развитию исторических поселений, поддержке и популяризации культурных и туристских возможностей, развитию экономики культурного наследия на период до 2030 года (далее – Концепция).



Рис. 1. Динамика изменения количества исторических поселений в Поволжье и РФ в целом

Целью данной Концепции является подготовка предложений по формированию комплекса мер по сохранению и развитию исторических поселений. В данной Концепции особое внимание уделено малым историческим городам, архитектурно-историческая среда которых в меньшей степени подвержена трансформациям в сравнении с крупными и крупнейшими городами. Неслучайно пилотный проект в соответствии с принятой Концепцией проходит реализацию на примере малого исторического поселения федерального значения город Касимов Рязанской области [1]. Данный пилотный проект в части предложений по благоустройству общественных пространств подвергает достаточной жесткой критике А.С. Щенков, который считает, что перенос некоторых клише с крупных городов на малые города в части благоустройства их территории способствует утрате их своеобразия [2].

Малые исторические поселения становятся крупномасштабными социокультурными объектами, на базе которых происходит изучение, сохранение и дальнейшее развитие региональной архитектуры. Именно такие территории становятся наиболее притягательными для развития строительства, бизнеса, рекреации и туризма. В связи с этим в ряде регионов страны развернулось своего рода соревнование между сельскими поселениями и малыми городами за признание их историческими поселениями. В большинстве случаев инициатива исходит «снизу», от местных администраций, и поддерживается на региональном уровне. Таким образом, один из путей к достижению комфортной городской среды для проживающего населения предполагает следующие шаги: наделение поселения статусом исторического – разработка пилотных проектов – подготовка заявки на правительственные гранты – вхождение в государственные программы. Учет специфики данного пути находит отражение в методике определения границ исторического поселения, которая претерпевает существенные изменения в сравнении с той, которую можно считать устоявшейся с 1980-1990-х гг.

Сравнительный анализ методики определения границ территорий малых исторических поселений

Исследование опирается на международную классификацию территорий исторических поселений в соответствии с рабочим руководством к внедрению Конвенции о Всемирном наследии, в соответствии с которым подлежат номинированию на включение в Список Всемирного наследия исторические города следующих типов:

- тип I – город в целом (возможно, с природным окружением);
- тип II – историческое ядро (четко выделенный «старый город»);
- тип III – историческая зона города (с устанавливаемой границей экспертным путем);
- тип IV – исторический фрагмент на территории города (как правило, не центральный) [3].

Предложенная далее классификация методических подходов к определению границ малого исторического поселения получена на основе имеющегося отечественного опыта и является более широкой. Для анализа приведены утвержденные и предложенные к утверждению границы территорий исторических поселений федерального и регионального значения для малых городов и сельских поселений с численностью населения до 12 тыс. человек, расположенных в Центральной России и Поволжье (рис. 2).

Выявлено семь методических подходов к определению границ малых исторических поселений в зависимости от планировочной структуры и историко-культурной ценности наследия:

1. ИП = НП + ИЛ. Такой подход предполагает, что территория исторического поселения (ИП) включает весь комплекс застройки поселения в границах населенного пункта (НП) и окружающий исторический природный ландшафт (ИЛ), благодаря которому историческое поселение «укоренено» [4].

2. ИП = ИЦ + БЗ. Историческое поселение включает часть поселения в его исторических границах, представляющую собой его исторический центр (ИЦ), а остальная часть населенного пункта, включающая позднюю и современную застройку, выполняет функции буферной зоны (БЗ). Такой подход характерен для исторических поселений, готовящихся к номинированию или уже включенных в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО, и отправляется нормативно-правовыми документами данной организации. В настоящее время, не будучи подкрепленным на уровне федерального законодательства, понятие «буферной зоны» исторического поселения не имеет широкого распространения, однако попытки выделить особо ценную, целостную архитектурно-историческую среду и её ближайшее неструктурное окружение предпринимались, например, при разработке границ исторического поселения Самары [5].

3. ИП = ИЦ + ИЗ. При данном подходе исторический центр (ИЦ) и очаги исторической застройки (ИЗ) за его пределами определяют конфигурацию границ территории исторического поселения, охватывая полностью или большую часть населенного пункта.

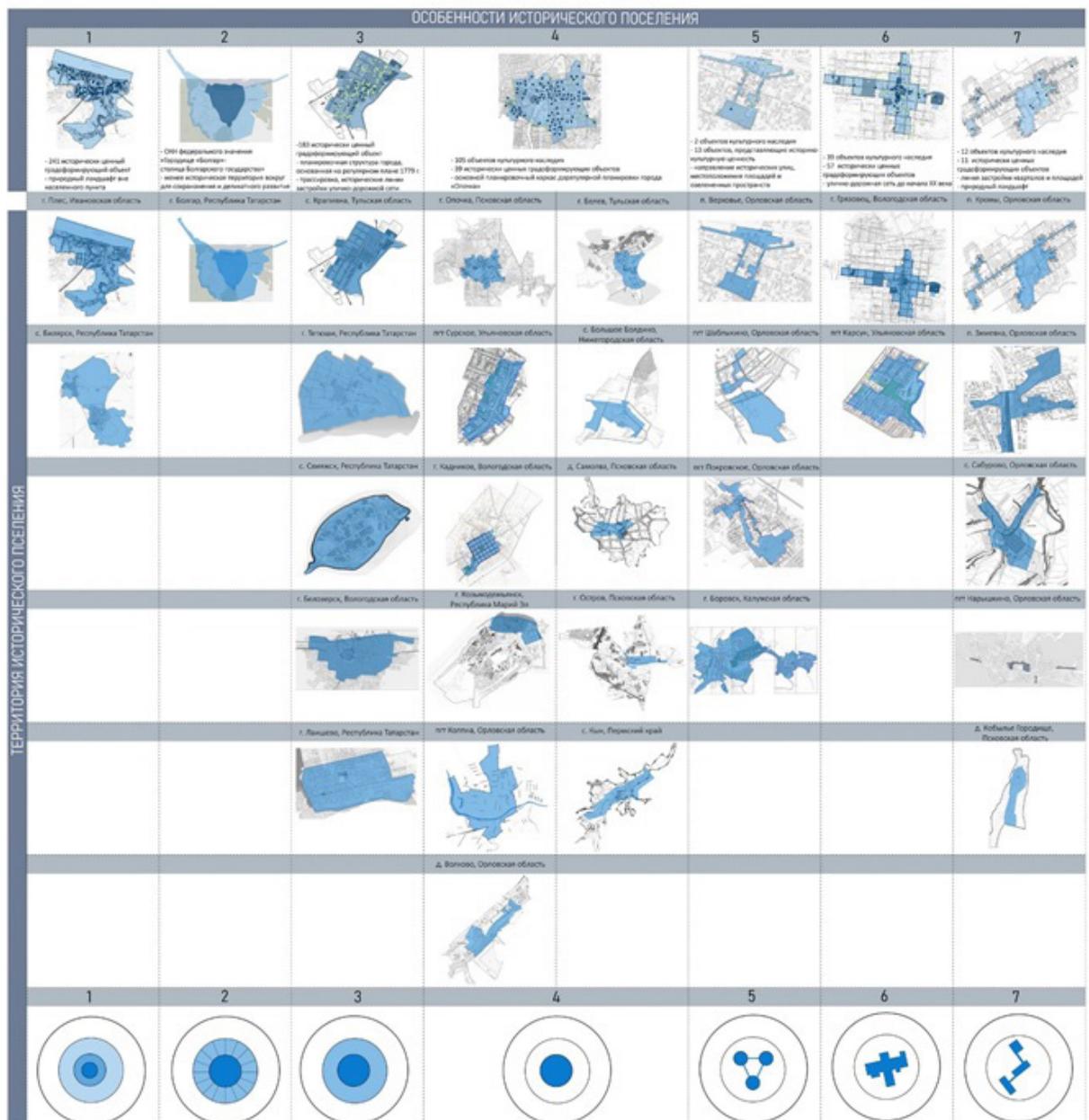


Рис. 2. Классификация малых исторических поселений по методическим подходам к определению границ их территорий: 1) ИП = НП + ИЛ; 2) ИП = ИЦ + БЗ; 3) ИП = ИЦ + ИЗ; 4) ИП = ИЦ; 5) ИП = ИТ (2,3); 6) ИП = ИТ+ИК; 7) ИП = ИК, где ИП – историческое поселение, НП – населенный пункт, ИЛ – исторический ландшафт, ИЦ – исторический центр, БЗ – буферная зона, ИЗ – историческая застройка, ИТР – исторические территории, ИТ – историческая ткань, ИК – исторический каркас

4. ИП = ИЦ. В данном случае историческое поселение охватывает исключительно исторический центр (ИЦ) населенного пункта. При этом исторический центр может не являться географическим центром населенного пункта.

5. ИП = ИТР (2, 3). Границы территории исторического поселения определяет ряд исторических территорий (ИТР), образующих

несколько взаимосвязанных друг с другом локаций (историческая улица, мост, природный ландшафт и др.). Исторических территорий может быть две, три и более.

6. ИП = ИК+ИТ. Самым логически ясным подходом можно считать такой, при котором в границы территории исторического поселения входят фрагменты: 1) исторического каркаса

(ИК) – исторические улицы и площади; 2) исторической ткани (ИТ) – исторические кварталы.

7. ИП = ИК. Одним из радикально новых подходов можно считать такой, при котором в границы исторического поселения включаются исключительно элементы исторического каркаса (исторические улицы, исторические площади, исторические парковые ландшафты и т. п.), т. е. общественные пространства, которые «составляют и формируют идентичность места и преемственность пространственного развития» [6, 7]. По словам А.С. Щенкова, для малых городов это «те формы, в которые может облекаться благоустройство городских улиц и площадей» [8]. При данном подходе возможно включение в границы поселения тканевых элементов с ценной градоформирующей застройкой. Последний подход разработан специалистами кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия СамГТУ (науч. рук. Т.В. Вавилонская) и адаптирован преимущественно к историческим поселениям из числа сельских населенных пунктов. Данный подход учитывает несколько аспектов при разработке границ территории малого исторического поселения. Первый аспект связан с ценностью собственно архитектурно-исторической среды, которая во многих сельских поселениях сохранилась исключительно вдоль центральной улицы и центральной площади, а следовательно, локация наследия по сути воспроизводит исторический каркас населенного пункта. Вторым аспектом связаны с особенностями хозяйственной и строительной деятельности в границах малого исторического поселения. В условиях исторического поселения сельского типа обычно не встает вопрос с регламентацией высоты застройки, что является первостепенным вопросом для регулирования развития крупных и крупнейших исторических городов. Сельские поселения развиваются медленными темпами, преимущественно сохраняя традиционные формы строительной деятельности. В связи с этим смысл во включении в границы малого исторического поселения тканевых элементов часто отсутствует.

Далее рассмотрены примеры малых исторических поселений, границы которых определены по семи выявленным методическим подходам, сделан вывод о том, что в каждом конкретном случае на выборе подхода сказались особенности исторического поселения.

Примером первого подхода служит историческое поселение г. Плес Ивановской области. На его территории расположен 241 исторически ценный градоформирующий объект. Имеется природный ландшафт, расположенный вне населенного пункта, но играющий

важную роль в восприятии видовых панорам исторического поселения. Таким же образом определены границы исторического поселения с. Билярск Республики Татарстан.

Второй подход можно проследить на примере исторического поселения «Булгар», расположенного в Республике Татарстан и номинированного в списке ЮНЕСКО. Территория объекта культурного наследия федерального значения «Городище «Булгар» – столица Булгарского государства» формирует историческое поселение, а территория вокруг образует буферную зону для сохранения и дальнейшего развития исторического поселения с учетом ценности его культурного наследия.

Третьему подходу соответствует историческое поселение с. Крапивна Тульской области, в котором сохранилось 183 исторически ценных градоформирующих объекта, а также ценная планировочная структура города, основанная на регулярном плане 1779 года. Весь исторический центр населенного пункта включен в границы исторического поселения. В соответствии с таким подходом определены границы исторических поселений г. Тетюши, г. Лаишево, с. Свияжск в Республике Татарстан и г. Белозерск в Вологодской области.

Четвертый подход прослеживается на примере исторического поселения г. Опочка Псковской области, в котором расположено 105 объектов культурного наследия, 39 исторически ценных градоформирующих объектов, расположенных компактно в центральной части поселения. С позиций такого подхода были определены границы исторических поселений: пгт. Сурское Ульяновской области, г. Белев Тульской области, г. Кадников Вологодской области, д. Самолва и г. Остров Псковской области, пгт. Колпна и д. Волково Орловской области, с. Кын Пермского края. Включение в границы исторического поселения исключительно территории его исторического центра является традиционным и наиболее массовым из всех выявленных подходов.

Примером пятого подхода служит п. Верховье Орловской области, в котором зафиксированы все исторические территории: исторические улицы, исторические площади, вокзал и мемориальный парк, т. е. самые разнообразные исторические территории. По той же методике определялись границы исторических поселений пгт. Шаблыкино и пгт. Покровское Орловской области, г. Боровск Калужской области.

К шестому подходу относится историческое поселение «Грязовец» Вологодской области, в котором сохранилось 39 объектов культурного наследия и 57 исторически ценных градоформирующих объектов. Все они распо-

ложены вдоль исторических улиц, в исторических кварталах, часть из них, обладающая ценной исторической застройкой, была включена в границы исторического поселения. Примером такого же подхода в определении границ исторического поселения служит пгт. Карсун Ульяновской области.

Седьмой подход иллюстрирует историческое поселение пгт. Кромы Орловской области. В этом поселении сохранились исторические валы, где располагалась старая крепость, историческая улица с застройкой XIX в., историческая мемориальная площадь, где некогда располагался храм, исторический вокзал, пересыльная тюрьма, элементы природного ландшафта. Аналогичный подход использован при определении границ исторических поселений пгт. Змиевка, с. Сабурово, пгт. Нарышкино Орловской области, а также д. Кобылье городище Псковской области.

Заключение

Рассмотренный отечественный опыт определения границ территорий исторических поселений позволил расширить их международную классификацию и предложить семь методических подходов к определению границ малых исторических поселений. Установлено, что малое историческое поселение может включать исторический населенный пункт и окружающий его ландшафт; исторический центр и буферную зону вокруг него; исторический центр, границы которого определяются не границами кварталов, а границами исторической застройки; целостный исторический центр; ряд взаимосвязанных исторических территорий; историческую ткань и каркас, когда границы исторического центра вмещают кварталы исторической застройки целиком; преимущественно исторический каркас территорий, когда в границах поселения преобладают объекты общественного назначения, а включение жилой застройки поселения сведено к минимуму. Последний подход применим исключительно к негородским поселениям, является авторским и апробирован в ряде научно-практических работ авторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция по развитию исторических поселений, поддержке и популяризации культурных и туристских возможностей, развитию экономики культурного наследия на период до 2030 года (утв. Минкультуры России). М., 2017 [Электронный ресурс] URL: <https://rulaws.ru/acts/Kontseptsiya-po-razvitiyu-istoricheskikh-poseleniy-podderzhke-i-populyarizatsii-kulturnyh-i-turistskih-vozm/> (дата обращения: 15.03.2023).

2. Щенков А.С. Роль городского благоустройства в формировании образа малых русских городов. Социальные задачи и проблемы своеобразия поселения // *Архитектура и современные информационные технологии*. 2018. № 4 (45). С. 159–172.

3. Щенков А.С. Охранный регламент территорий общего пользования малых исторических городов // *Архитектура и современные информационные технологии*. 2019. № 4 (49). С. 87–97.

4. Шевченко Э.А. Что фактически фиксируется в качестве исторического поселения // *Academia. Архитектура и строительство*. 2020. № 2. С. 107–112.

5. Вавилонская Т.В. Методологические подходы к сохранению и развитию среды исторического поселения (на примере г. Самары) // *Строитель Донбасса*. 2019. № 1 (6). С. 23–26.

6. Ахмедова Е.А., Кузнецов И.И. Принципы сохранения историко-культурной многослойности общественных пространств: диалог времен // *Градостроительство и архитектура*. 2022. Т. 12. № 2 (47). С. 54–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.09.

7. Ахмедова Е.А. Методика комплексных исследований пространственно-планировочной структуры исторического поселения (на примере Самары) // *Проблемы градостроительной реконструкции: сборник статей*. Самара: СамГТУ, 2019. С. 28–35.

8. Крогуис В.Р. Исторические города России как феномен ее культурного наследия. М.: Прогресс-Традиция, 2009. 312 с.

REFERENCES

1. *The concept for the development of historical settlements, support and popularization of cultural and tourist opportunities, the development of the cultural heritage economy up to 2030 (approved by Ministry of Culture of Russia)*. Moscow, 2017. Available at: <https://rulaws.ru/acts/Kontseptsiya-po-razvitiyu-istoricheskikh-poseleniy-podderzhke-i-populyarizatsii-kulturnyh-i-turistskih-vozm/> (accessed 15 March 2023).

2. Shhenkov A.S. The role of urban improvement in the formation of the image of small Russian cities. Social problems and problems of the originality of the settlement. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and Advanced Information Technology], 2018, no. 4 (45). pp. 159–172. (in Russian)

3. Shhenkov A.S. Protection Regulations of Public Areas of Small Historical Towns. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and Advanced Information Technology], 2019, no. 4 (49), pp. 87–97. (in Russian)

4. Shevchenko E.A. What is actually fixed as a historical settlement. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2020, no. 2, pp. 107–112. (in Russian)

5. Vavilonskaja T.V. Methodological approaches to the preservation and development of the environment of the historical settlement (on the example of Samara).

Stroitel' Donbassa [Builder of Donbass], 2019, no. 1 (6), pp. 23–26. (in Russian)

6. Akhmedova E.A., Kuznetsov I.I. Principles of preserving the historical and cultural multilayer of public spaces: dialogue of times. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 2 (47), pp. 54–62. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.09

7. Akhmedova E.A. Methodology of complex studies of the spatial and planning structure of a historical settlement (on the example of Samara). *Problemy gradostroitel'noj rekonstrukcii: sbornik statej* [Problems of urban reconstruction: a collection of articles]. Samara, SamGTU, 2019, pp. 28–35. (In Russian).

8. Krogus V.R. *Istoricheskie goroda Rossii kak fenomen ee kul'turnogo nasledija* [Historical cities of Russia as a phenomenon of its cultural heritage]. Moscow, Progress-Tradition, 2009. 312 p.

Об авторах:

ВАВИЛОНСКАЯ Татьяна Владимировна

доктор архитектуры, доцент,
заведующая кафедрой реконструкции и реставрации
архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: baranova1968@mail.ru

VAVILONSKAYA Tatiana V.

Doctor of Architecture, Associate Professor,
Head of the Reconstruction and Restoration
of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: baranova1968@mail.ru

КАРПЕНКО Ангелина Вячеславовна

архитектор
ООО «Кадастр. Недвижимость»
443100, Россия, г. Самара, ул. Саранская, 19 оф. 110
E-mail: anesmashnaja@mail.ru

KARPENKO Angelina V.

Architect
LLC «Cadastre. Real Estate»
443100, Russia, Samara, Saranskaya str., 19, 110 of.
E-mail: anesmashnaja@mail.ru

Для цитирования: *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.*

For citation: *Vavilonskaya T.V., Karpenko A.V. Methodological Approaches to Determining the Borders of the Territories of Small Historical Settlements. Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 118–124. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.17.

А. Г. ВАЙТЕНС

ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ КАМЕНСКИЙ (1907 – 1975): ЭТАПЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VALENTIN KAMENSKY (1907 – 1975):
THE STAGES OF URBAN PLANNING ACTIVITIES

Рассматривается творчество выдающегося ленинградского архитектора-градостроителя Валентина Александровича Каменского (1907 – 1975). С его именем связаны этапы градостроительного развития Ленинграда конца 1930-х – начала 1970-х годов. В.А. Каменский являлся одним из авторов послевоенного Генерального плана восстановления и развития Ленинграда 1948 г. В первые послевоенные годы он также возглавлял проектирование реконструкции и застройки Кировского района Ленинграда. С 1951 по 1971 гг. он был Главным архитектором Ленинграда и руководил развитием этого города, одновременно разрабатывая Генеральный план Ленинграда, утвержденный в 1966 г. Этот документ был полностью реализован к середине 1980-х гг. В соответствии с ним сложилась планировочная и инженерная инфраструктура города, сохранившаяся по настоящее время. Градостроительная деятельность В.А. Каменского, ее результаты и их обобщения стали важными сторонами градостроительного развития Ленинграда в послевоенные десятилетия.

Ключевые слова: Генеральный план, градостроительное развитие, Главный архитектор города, проекты планировки, проекты застройки

В этом году исполняется 115 лет со дня рождения Валентина Александровича Каменского (1907 – 1975), выдающегося ленинградского архитектора и градостроителя. Он был третьим Главным архитектором Ленинграда после Л.А. Ильина и Н.В. Баранова. С его именем связано послевоенное восстановление города на Неве и его развитие в 1950-х – начале 1970-х гг.

Психологический портрет и поиски жизненного и творческого пути В.И. Каменского представлены в публикации независимого исследователя З.Б. Клюквиной «В.А. Каменский. Путь в профессию». Это был нелегкий путь формирования творческой личности, поисков профессионального пути. Из этой публикации можно сделать вывод о том, что В.А. Каменский сформировался как архитектор к началу 1930-х гг. [1]. По существу, его учителем в то время был известный петербургский и ленинградский архитектор Андрей Андреевич Оль (1883–1958). Профессиональная деятельность

The work of the outstanding Leningrad urban architect Valentin Alexandrovich Kamensky (1907 – 1975) is considered in the article. His name is associated with the stages of urban development of Leningrad in the late 1930s – early 1970s. V.A. Kamensky was one of the authors of the post-war General Plan for the Reconstruction and Development of Leningrad in 1948. In the first post-war years, he also headed the design of the reconstruction and development of the Kirovsky district of Leningrad. From 1951 to 1971 he was the Chief Architect of Leningrad and led the development of this city, while developing the General Plan of Leningrad, approved in 1966. This document was fully implemented by the mid-1980s. In accordance with it, the planning and engineering infrastructure of the city, which has been preserved to the present, has developed. Urban planning activity of V.A. Kamensky, its results and their generalizations became important aspects of the urban development of Leningrad in the post-war decades.

Keywords: General plan, urban development, Chief architect of the city, planning projects, development projects



КАМЕНСКИЙ
Валентин Александрович
(1907–1975)

В.А. Каменского началась в первой половине 1930-х гг. в мастерской этого зодчего, в творческом коллективе, занимавшемся проектированием и строительством в Кировском районе Ленинграда. Под руководством А.А. Оля В.А. Каменский выполнил проект комплекса зданий Гидрографического управления ВМФ на набережной Невы, проект санатория «Пикет» в Кисловодске. В конце 1930-х он участвовал в разработке генерального плана застройки проспекта Стачек с завершением в районе Краснопутиловской улицы, реализация которого была завершена в послевоенные годы (рис. 1). Поэтому данный период можно считать первым этапом его архитектурно-градостроительной деятельности.

Во время войны В.А. Каменский оставался в осажденном Ленинграде. Его разносторонняя деятельность в этих чрезвычайных условиях – руководство маскировкой промышленных объектов, спасением от голода архитекторов, оставшихся в блокадном Ленинграде, наконец как талантливого художника, автора акварелей и рисунков «Ленинград в блокаде» – описана достаточно полно [2, с.108].

В середине 1942 г. по инициативе Главного архитектора Ленинграда Н.В. Баранова было создано Архитектурно-планировочное управление Ленгорисполкома. В.А. Каменский принял в этом самое активное участие [3, с.19]. В начале 1943 г. возобновили деятельность архитектурно-планировочные мастерские восстановленного института «Ленпроект». Каждая из этих мастерских была ответственна за восстановление и застройку отдельных городских магистралей и районов Ленинграда. В.А. Каменский руководил мастерской №7, которая занималась восстановлением Кировского района – юго-западной части Ленинграда, наиболее пострадавшей во время войны. Ведь линия фронта в 1941 г. проходила именно здесь. Поэтому началом второго этапа архитектурно-градостроительной деятельности В.А. Каменского можно считать 1943 г.

С 1944 г. началась разработка Генерального плана восстановления и развития Ленинграда. В.А. Каменский, как руководитель районной мастерской «Ленпроекта», был в числе авторов данного градорегулирующего документа, утвержденного на городском уровне в 1948 г. (рис. 2). Параллельно с этим, до 1951 г., Каменский руководил проектированием малоэтажного строительства (рис. 3) и разработкой проектов планировки, реконструкции и застройки главной магистрали Кировского района – проспекта Стачек, а также районов Автово и Дачное (рис. 4). Многие идеи застройки этой магистрали и прилегающих к ней территорий,

задуманные в предвоенные годы, были реализованы в послевоенное десятилетие [2, с.109]. В.А. Каменский был автором проекта ансамбля Комсомольской площади в Кировском районе Ленинграда (рис. 5). Этот важный градостроительный узел был реализован в начале 1950-х гг.

Таким образом, завершением второго этапа архитектурно-градостроительной деятельности Каменского можно считать его участие в разработке Генплана восстановления и развития Ленинграда 1948 г. и руководство районной мастерской «Ленпроект», разрабатывавшей в соответствии с этим Генпланом проекты планировки и застройки знакомого ему Кировского района.

Третьим, самым важным этапом творчества Каменского, можно считать его деятельность как Главного архитектора Ленинграда в 1951–1971 гг. Этот этап можно разбить на два периода: подготовку предварительных стадий будущего Генплана Ленинграда, утвержденного в 1966 г., и начальный период реализации данного документа.

В 1951 г. под руководством В.А. Каменского начали разрабатывать Генеральный план развития Ленинграда, основной задачей которого было строительство новых жилых домов и восстановление разрушенного жилья. Архитектурно-планировочное управление Ленгорисполкома, которое возглавлял В.А. Каменский и в состав которого входил институт «Ленпроект», стало центром градостроительной деятельности в Ленинграде. Этот Генеральный план рассчитывался в срок до 1960 г. (рис. 5). Следующий Генеральный план в связи с изменениями общесоюзного планирования рассчитывался на период 1956–1965 гг., [4, с.164]. Согласно ему, объем жилищного строительства и пригородах с 1957 г. резко возрос, размеры кварталов увеличивались, достигая иногда 20–25 га. В этот период произошел отказ от принципов ансамблевой застройки и переход к поквартальной застройке панельными пятиэтажными домами [4, с. 164]. В соответствии с Генпланом развития Ленинграда 1956–1965 гг. под руководством В.А. Каменского был разработан Семилетний план размещения жилищного строительства на этот же период. Руководство страны, в особенности Н.С. Хрущев, активно вмешивалось в разработку Генеральных планов, в основном непрофессионально.

В 1958–1965 гг. В.А. Каменский в содружестве с архитектором А.И. Наумовым и специалистами мастерской №1 «Ленпроекта» принял активное участие в разработке Техничко-экономического обоснования (ТЭО) Генерального плана развития Ленинграда на 20–25 лет [2, с.110]. В этом документе расчетная численность населения Ленин-

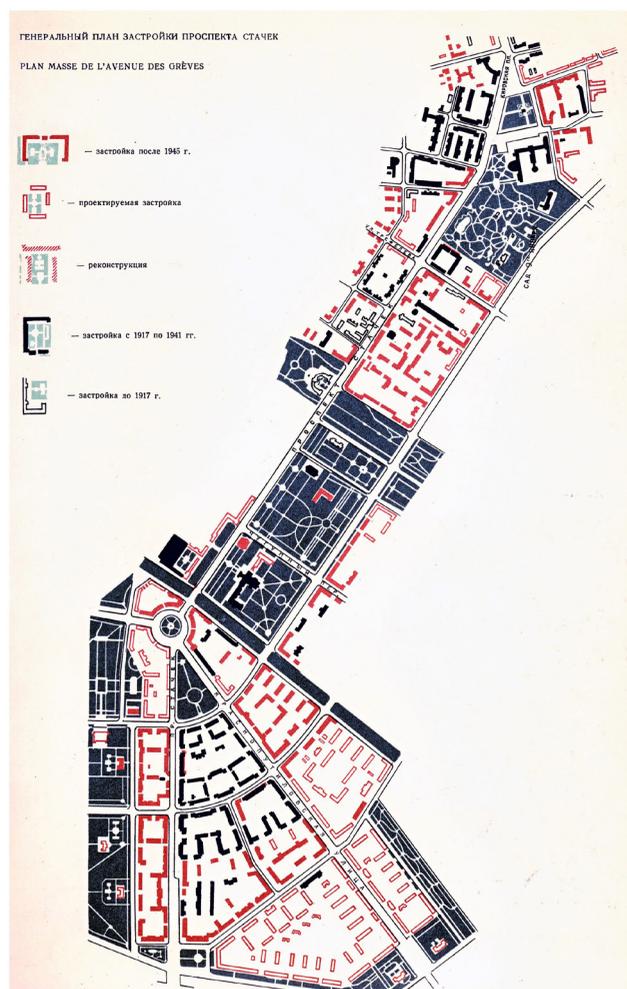


Рис. 1. Генеральный план застройки проспекта Стачек (А.А. Оль, В.А. Каменский) (1930–1950-е гг.)

града была определена в 3400–3500 тыс. человек, площадь территории города – 527 км², с расширением территории городской застройки с 278 до 484 км² в южном, северном и восточном направлениях развития города от исторически сложившегося центра с выходом застройки к побережью Финского залива [4, с.169]. По существу, за этот расчетный период было необходимо сформировать еще один город. Следовало развивать город согласно концепции «К заливу».

Утвержденный Советом Министров СССР в июне 1966 г. Генеральный план развития Ленинграда определил формирование города до середины 1980-х гг. (рис. 6, 7). Идея выхода города к берегам Финского залива, впервые заявленная в Генплане 1948 г., получила в новом Генплане дальнейшее развитие и реализацию. Однако многие идеи, заложенные в этом Генплане, в частности внутригородское транспортное полукольцо, позднее реализованы не были [2, с.110].

Разработанный в составе Генерального плана 1966 г. Проект планировки Пригородной зоны Ленинграда (рис. 8), включавший лесопарковый защитный пояс города, в своих основных положениях был подготовлен в конце 1950-х гг. В.А. Каменским и руководимой им группой специалистов сектора планировки Ленинградского филиала Академии строительства и архитектуры (Ленфилиал АсиА) [2, с.110]. Важной работой Каменского в конце 1960-х гг. стало руководство разработкой вариантов проекта планировки и застройки западной части Васильевского острова (рис. 9). Идеи Морского фасада Ленинграда, заложенные в этом проекте, были частично реализованы позднее, в 1980-х гг.

В.А. Каменский также находил время и возможности участвовать в конкурсном проектировании центров других городов: Таллина (1945), Петрозаводска (1946), Челябинска (1947), Ростка (1965) [2, с.111]. В 1970 г. ему было присвоено

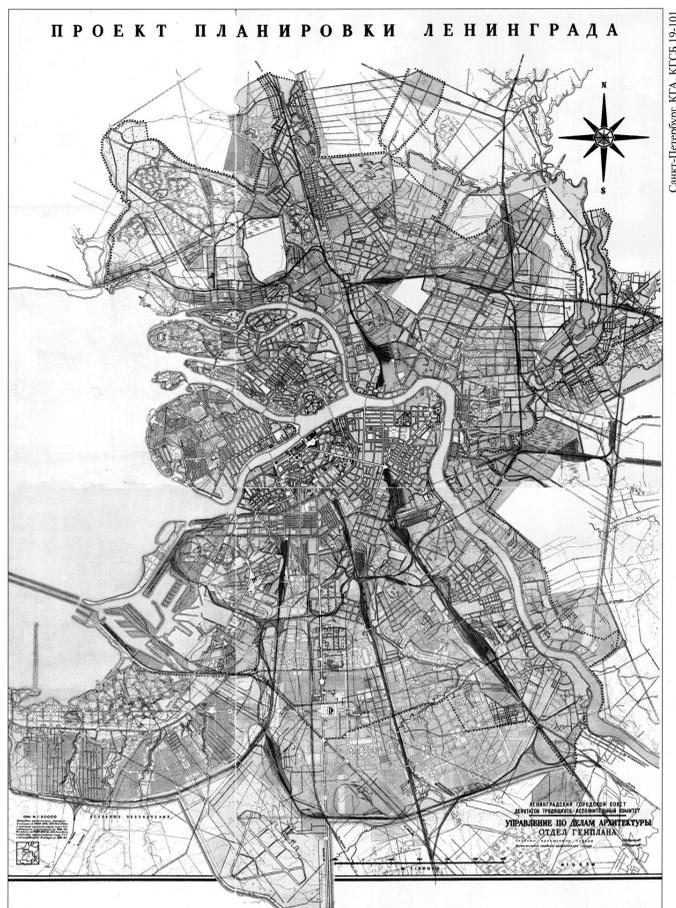


Рис. 2. Проект планировки Ленинграда (Генеральный план восстановления Ленинграда), 1948 г.

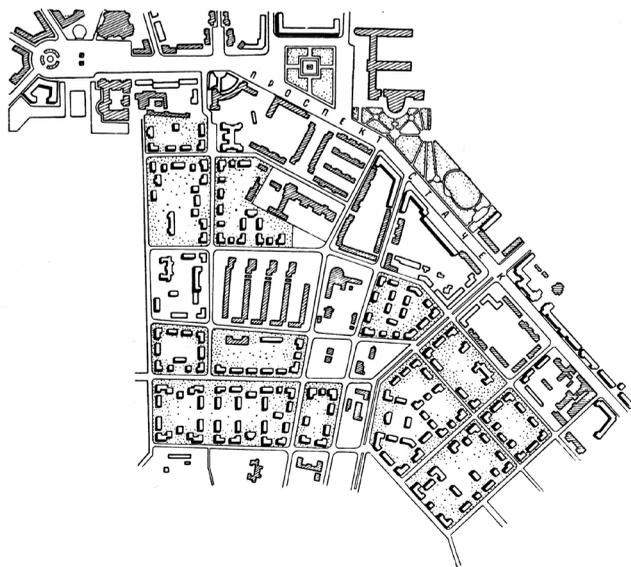


Рис. 3. Кварталы малоэтажного строительства западнее проспекта Стачек (В.А. Каменский) (конец 1940-х гг.)

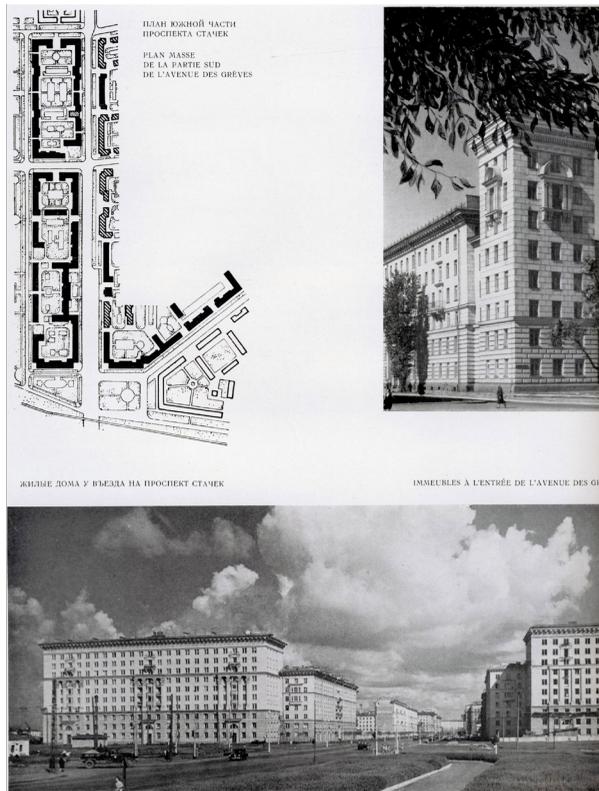


Рис. 4. Генеральный план застройки южной части проспекта Стачек (В.А. Каменский, начало 1950-х гг.) (фрагмент)

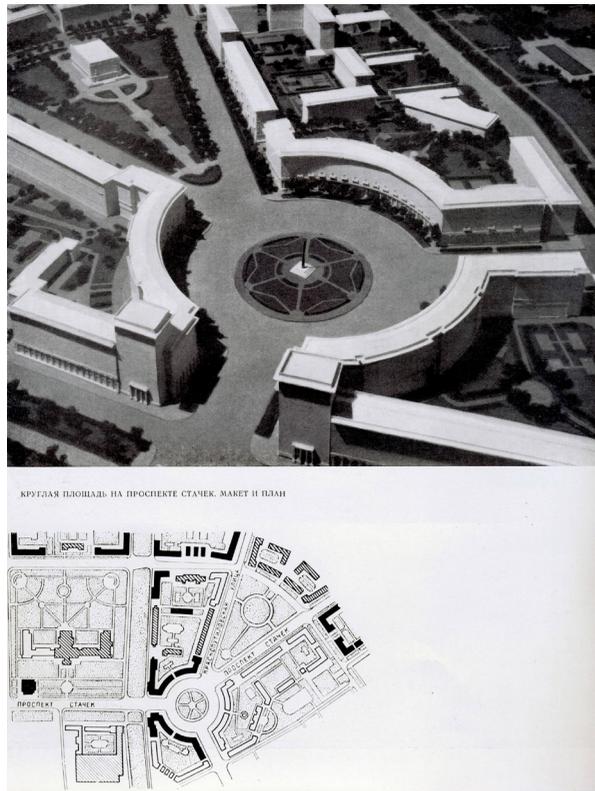


Рис. 5. Комсомольская площадь (Автово) (В.А. Каменский, А.Г. Майофис) (1950–1953 гг.) (Макет и план)

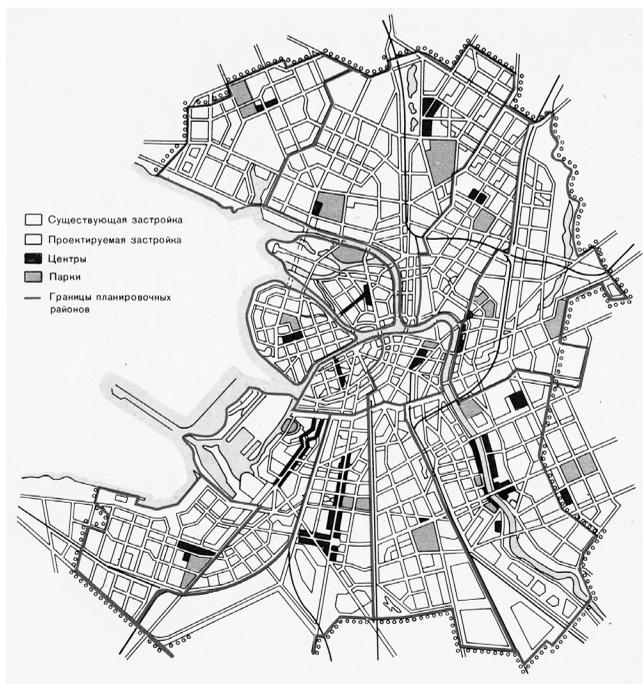


Рис. 6. Проект Генерального плана Ленинграда 1966 г. Планировочная структура



Рис. 7. Проект Генерального плана Ленинграда 1966 г.
Композиция городского центра

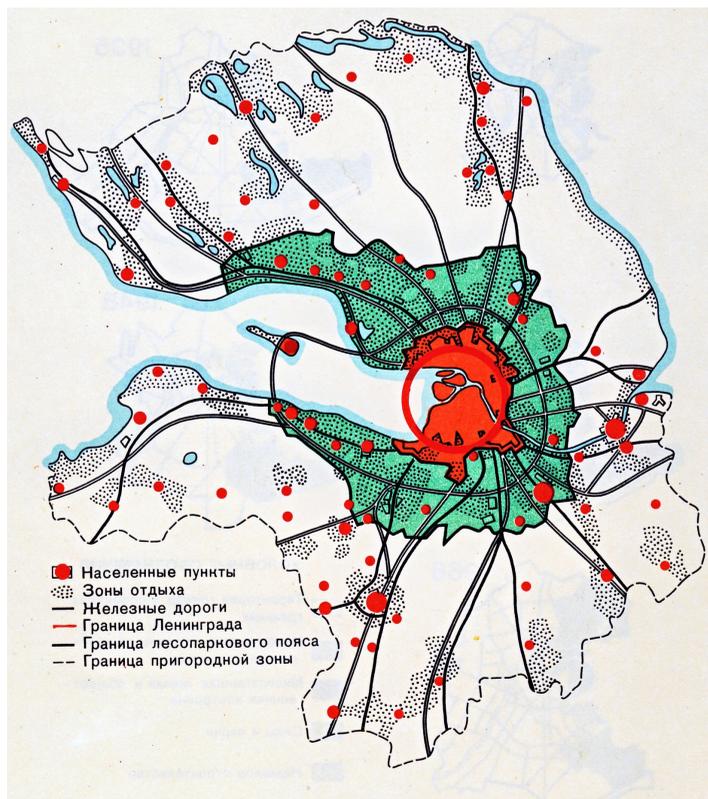


Рис. 8. Пригородная зона Ленинграда. Проектное расселение

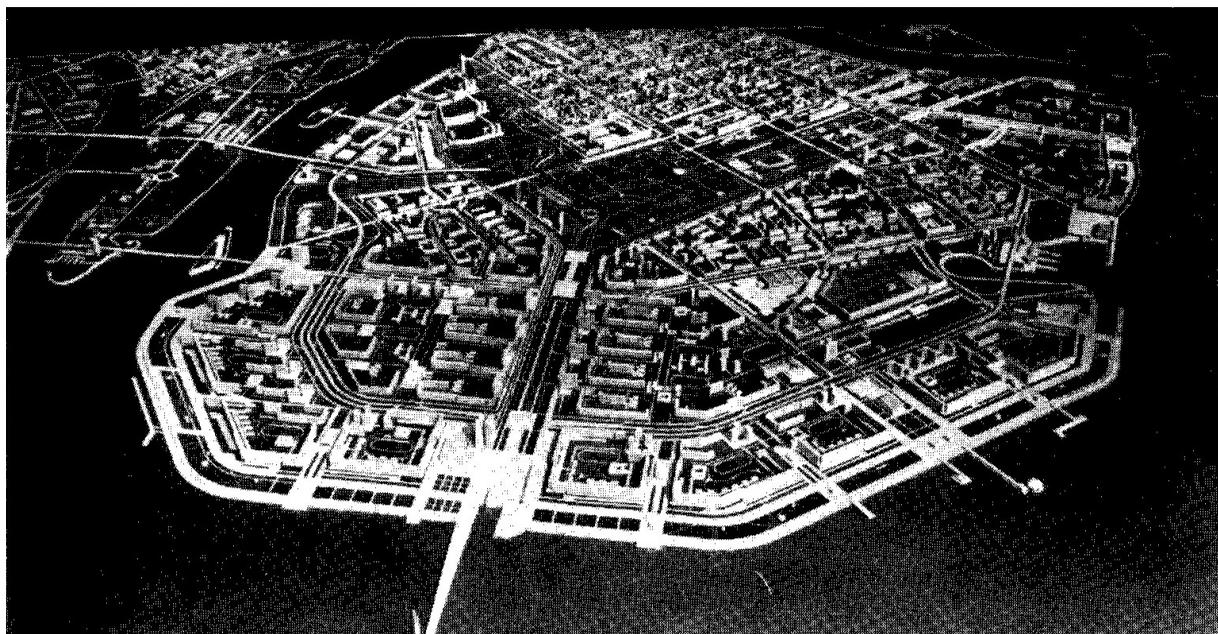


Рис. 9. Проект планировки и застройки западной части Васильевского острова. Вид со стороны залива. Макет. Архитекторы: Н.В. Баранов, В.А. Каменский, С.И. Евдокимов, И.И. Фомин, А.И. Наумов, Н.Н. Баранов, Н.Н. Башнин, О.Н. Башинский, С.С. Борисов, В.Н. Соколов, В.П. Рузанов, В.А. Сохин

почетное звание «Народный архитектор СССР». Валентин Александрович был человеком твердым и подчас резким. Отстаивание собственных профессиональных убеждений и творческих позиций перед партийным руководством города не прошло бесследно, и в середине 1971 г. ему пришлось уйти с поста Главного архитектора города. Но он оставался профессором кафедры архитектурного проектирования ЛИСИ.

В.А. Каменский был автором ряда монографий, посвященных Генеральному плану 1966 г. В 1972 г. была издана монография «Ленинград. Генеральный план развития города» [5]. В книге «Ленинград. Градостроительные проблемы развития», написанной В.А. Каменским в соавторстве с архитектором А.И. Наумовым, одним из главных авторов Генплана 1966 г. был обобщен многолетний опыт разработки данного градорегулирующего документа [6]. Изучение этих монографий позволяет проследить процесс формирования концепции Генплана 1966 г. и рассмотреть В.А. Каменского как создателя устойчивой системы градостроительного правопорядка в Ленинграде. Достаточно вспомнить созданные под его руководством в начале 1950-х «Правила застройки Ленинграда», предусматривавшие серьезные наказания за нарушение утвержденных градостроительных проектов.

Результаты многолетней творческой деятельности по градостроительному развитию города

были обобщены В.А. Каменским в докторской диссертации на тему «Исследование и разработка вопросов отечественного градостроительства на примере Ленинграда и опыте формирования его развития». Диссертация была представлена в форме научного доклада и защищена в диссертационном совете ЛИСИ в 1972 г. Диссертация стала важной частью теории отечественного градостроительства послевоенного времени.

Вывод. Показана многосторонняя деятельность В.А. Каменского как архитектора-градостроителя. Направления его творческой деятельности были гораздо шире – он внес значительный вклад в развитие жилищной архитектуры Ленинграда 1950–1970-х гг., был автором многих общественных и мемориальных сооружений. Архитектурно-градостроительное и теоретическое наследие Каменского Валентина Александровича требует дальнейшего подробного изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клюквина З.Н. В.А. Каменский. Путь в профессию // Современные проблемы истории и теории архитектуры: материалы IV научно-практической конференции СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 87–89.
2. Вайтенс А.Г. Валентин Александрович Каменский (1907–1975) // Архитекторы-градостроители Петербурга-Ленинграда XX века: творческие пути и судьбы. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 107–113.

3. Фомин И.И. Валентин Александрович Каменский // Архитектура СССР. 1971. №8. С.18–21.
4. Ершова С.А. Генеральные планы Санкт-Петербурга. 1703-2013 гг. СПб.: Питер.ру, 2014. 500 с.: ил.
5. Каменский В.А. Ленинград. Генеральный план развития города. Л.: Лениздат, 1972. 191 с.: ил.
6. Каменский В.А., Наумов А.И. Ленинград. Градостроительные проблемы развития. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1973. 359 с.: ил.

REFERENCES

1. Klyukvina Z.N. V.A. Kamensky. The Path to the Profession. *Sovremennye problemy istorii i teorii arhitektury. Materialy IV nauchno-prakticheskoy konferencii* [Modern problems of history and theory of architecture. Materials of the IV Scientific and Practical Conference]. St. Petersburg, SPbGASU, 2018, pp. 87-89. (In Russian).
2. Vajtens A.G. Valentin Aleksandrovich Kamenskij (1907–1975). *Arhitektory-gradostroiteli Peterburga-Leningrada XX veka: tvorcheskie puti i sud'by* [Architects-urban planners of St. Petersburg-Leningrad of the XX century: creative ways and fates]. St. Petersburg, SPbGASU, 2022, pp. 107–113. (In Russian).
3. Fomin I.I. Valentin Kamensky. *Arhitektura SSSR* [Architecture of the USSR]. 1971, no. 8, pp. 18–21. (In Russian).
4. Ershova S.A. *General'nye plany Sankt-Peterburga. 1703-2013 gg.* [Master plans of St. Petersburg. 1703-2013]. St. Petersburg, Piter.ru, 2014. 500 p.
5. Kamensky V.A. *Leningrad. General'nyj plan razvitiya goroda* [Leningrad. City Master Plan]. Leningrad, Lenizdat, 1972. 191 p.
6. Kamensky V.A., Naumov A.I. *Leningrad. Gradostroitel'nye problemy razvitiya* [Leningrad. Urban development problems]. Leningrad, Stroyizdat, 1973. 359 p.

Об авторе:

ВАЙТЕНС Андрей Георгиевич

доктор архитектуры, профессор кафедры градостроительства
член Союза архитекторов России, Советник РААСН
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: vaytens@lan.spbgasu.ru

VAYTENS Andrey G.

Doctor of Architecture, Professor
of the Urban Planning Chair
Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, Saint Petersburg,
2d Krasnoarmeyskaya str., 4
E-mail: vaytens@lan.spbgasu.ru

Для цитирования: Вайтенс А.Г. Валентин Александрович Каменский (1907–1975): этапы градостроительной деятельности // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 125–132. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.18.
For citation: Vajtens A.G. Valentin Kamensky (1907 – 1975): Stages of Urban Planning Activities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 125–132. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.18.

А. С. ИСАКОВ**ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ФАБРИК-КУХОНЬ ЮГА РОССИИ****FEATURES OF ARCHITECTURE OF FACTORIES-KITCHENS OF THE SOUTH OF RUSSIA**

Рассматривается опыт строительства фабрик-кухонь, построенных в 1930-е годы в южных регионах России (Запорожье, Мариуполь, Сталино-Донецк, Ростов-на-Дону, Сталинград-Волгоград, Саратов). Анализируются исторические и социальные условия их реализации, обстоятельства возникновения. Исследуются градостроительные ситуации, в которых появились фабрики-кухни, объемно-пространственные и функционально-планировочные решения, архитектурные и композиционные особенности. Дается оценка существующему состоянию сохранившихся объектов рассматриваемой типологии, определяются направления их дальнейшего исследования.

Ключевые слова: юг России, фабрика-кухня, общественное питание, конструктивизм, объемно-пространственная композиция

Особенности архитектуры фабрик-кухонь ряда географических районов юга страны почти не учитывались при исследовании путей развития советской архитектуры, и это сужало общую картину. Оставшиеся вне поля зрения исследователей материалы важны для анализа процесса формирования новых в социальном отношении типов общественных зданий.

Выявление таких новых материалов возможно при изучении архитектуры промышленных центров юга России. Здесь в годы становления советского общества процесс формирования нового социального заказа в архитектуре протекал особенно интенсивно и ярко. Результатом этого было появление и становление в архитектуре многих новых типов общественных зданий, в том числе и исследуемых фабрик-кухонь.

В статье была поставлена цель исследовать фабрики-кухни юга России и Поволжья, в частности в таких городах, как Запорожье, Мариуполь, Сталино (Донецк), Ростов-на-Дону, Сталинград (Волгоград) и Саратов (рис. 1). Ввиду сложной военно-политической обстановки в данном регионе представилось возможным осуществить командировки только в Волгоград и Саратов. В дальнейшем, в Российской государственной библиотеке в отделе газет, который находится в г. Химки, удалось найти уникальный и ранее не опубликованный

The experience of building factory-kitchens built in the 1930s in the southern regions of Russia is considered, the historical and social conditions of their implementation and the circumstances of their occurrence are analyzed. City-building situations in which kitchen factories, spatial and functional planning solutions, architectural and compositional features have appeared are investigated. Assessment of the existing state of stored objects of the considered typology is given, the directions of their further research are determined.

Keywords: south of Russia, kitchen factory, catering, constructivism, spatial composition

материал по фабрике-кухне в г. Мариуполь Донецкой народной республики.

В аспекте заявленной темы особый интерес вызывает карта-схема передвижения выездной редакции газеты «Общественное питание». Полученный материал помог в поиске и исследовании материалов по фабрикам-кухням юга России (рис. 2).

В середине 1920-х – начале 1930-х гг. для широкого использования в производстве женского труда остро стояла проблема перестройки быта с задачей освобождения женщин для вовлечения их в общественное производство.

Эта причина, наряду с другими, привела к интенсивным попыткам внедрить в жизнь новые типы общественных зданий, жилых домов с развитым комплексом коммунально-бытового обслуживания, стимулировала строительство детских садов и как ключевая точка всей этой общественной застройки явилось появление в 1925 г. первой в СССР фабрики-кухни в г. Иваново, опыт эксплуатации которой вызвал в конце 1920-х гг. массовое строительство зданий данного типа во многих промышленных центрах страны.

Фабрика-кухня – уникальный типологический феномен советской архитектуры. Большой вклад в развитие этого типа зданий внес видный общественный деятель Артемий Баратович Халатов. Приведем цитату из книги М. Сейфи

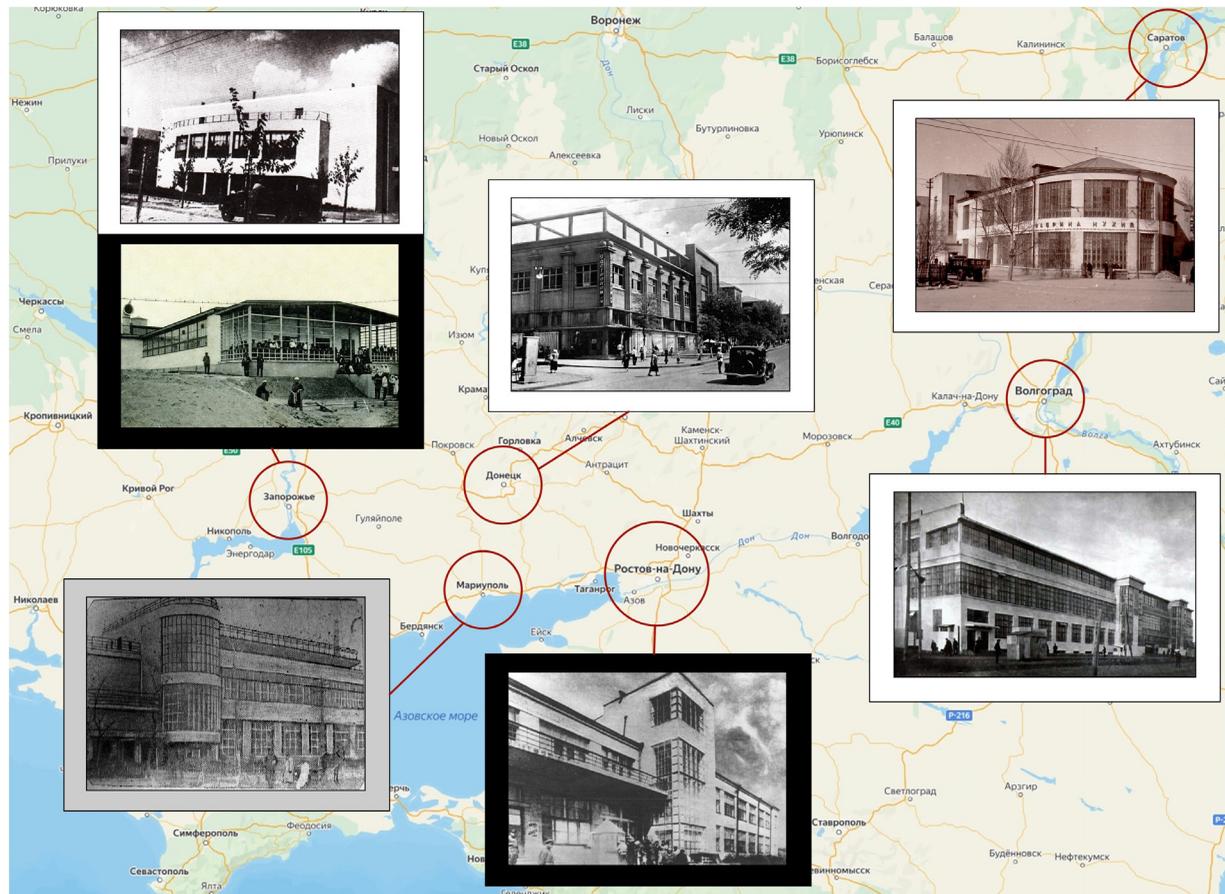


Рис. 1. География рассматриваемых объектов (серым цветом выделены объекты, которые публикуются впервые, черным – утраченные)

«Фабрика-кухня» о том, как создавалось паевое товарищество «НАРПИТ» (Народное питание).

«В первые годы после революции не было возможности заняться полностью вопросами осуществления правильного рабочего питания. В годы гражданской войны было организовано лишь «коммунальное питание», ставящее первоочередной задачей борьбу с продовольственной разрухой. По окончании войны, когда мы вошли в полосу мирного строительства, необходимость и своевременность организации массового питания трудящихся была продиктована как самими рабочими, так и рядом партийных, советских и хозяйственных организаций. Отделы работниц повсеместно поддержали мысль об общественном питании, которое дает «раскрепощение женщин от мелкой притупляющей работы по кухне»... Здравотделы также сказали свое веское слово о том, что здоровье рабочей семьи и женщины в особенности будет укреплено при условии развития правильного общественного питания. Органы промыш-

ленности тоже учли, что недоедание рабочих влияет на производительность труда.

В результате высказанных пожеланий и постановлений рабочих организаций при фабриках и заводах, а также по городам стала расти сеть общественных столовых. Столовые эти главным образом приспособлялись к существующим помещениям. Для этого использовались самые различные здания, начиная от пустующих цехов и мастерских отдельных фабрик и заводов и кончая бывшими трактирами и ресторанами. Такое приспособление зданий было проще и требовало, конечно, значительно меньше затрат, чем новое строительство, хотя в общем затраты оказались не столь малыми, если их сравнить со стоимостью последующих ремонтов. Кроме того, здания были тесны, неблагоустроены и неблагополучны в санитарном отношении. Пропускная способность их также была ограничена (в большинстве случаев в 1922 г. находились главным образом в руках фабрик и заводов. Кооперация в то время еще



Рис. 2. Карта-схема маршрута выездных редакций газеты «Общественное питание» (публикуется впервые, источник: Российская государственная библиотека, отдел газет)

была слаба и все свое внимание уделяла развитию торговой сети; опыта же в постановке дела массового питания не было. Чувствовалось, что нужна направляющая рука, двигающая и развивающая дело общественного питания вперед. Такой направляющей организацией и явилось паевое товарищество «Нарпит», которое призвано было в СССР осуществлять, развивать, планировать и рационализировать дело общественного питания, Нарпит начал свою деятельность с мая 1923 г.

Учредителями Нарпита были ВСНХ, НКПС, Наркомздрав, Наркомтруд, Наркомпрод, Наркомпочтель, ВЦСПС, Центросоюз, Церабсекция, Транпосекция, ЦК Последгол при ВЦИК, Московский и Ленинградский советы РК и КД. Указанные организации вложили свои средства в виде паевых взносов. В основу деятельности т-ва были положены следующие задачи: пропаганда идей общественного питания, организация образцовых предприятий и содействие кооперативным и общественным организациям в деле общественного питания

как в отношении рациональной постановки его, так и путем предоставления кредитов и снабжения соответствующим инвентарем и оборудованием. Являясь формально паевым (акционерным) т-вом, Нарпит по существу сильно отличается от обычных акционерных обществ. В то время как последние ставят целью большей частью извлечение прибылей, Нарпит во главу угла своей работы поставил развитие общественного дела, совершенно не преследуя коммерческих целей, фактическое освобождение женщины от домашней кухни [1, с. 7].

В нашем распоряжении имеется уникальный документ, который автор статьи получил из личного архива семьи Максимовой, отзыв о сотруднике Нарпита – Максимовой Екатерине Николаевне, автора самарской фабрики-кухни и ряда других.

«Во время моего руководства Нарпитом инженер-строитель Максимов Е.Н. с 1924 г. принимала активное участие в разработке проекта фабрик-кухонь и столовых, как в качестве проектировщика, так и секретаря строитель-

ной комиссии Научно-пищевого совета Нарпита. При ближайшем участии г. Максимовой прорабатывался проект фабрики-кухни на Днепрострое, 1-й Московской фабрики-кухни, Свердловской и ряда других... Арт. Халатов» [2, с.109].

Вышеизложенное позволяет утверждать, что фабрика-кухня на Днепрострое проектировалась и строилась при участии Е.Н. Максимовой. Перейдем к краткому описанию строительства уникальной ГЭС и отдельно взятой для изучения фабрики-кухни для рабочих и служащих Днепроостроя.

Проект, принятый в 1920 г. в рамках плана ГОЭЛРО, предполагал производство дешевой электроэнергии для индустриализации страны. Идея строительства на запорожской земле комплекса энергоемких производств и ГЭС принадлежала профессору Ивану Александрову – одному из теоретиков экономического районирования территорий и создателей школы экономической географии. Для Запорожья он разработал проект на тот момент крупнейшей в Европе Днепровской ГЭС и определил место ее строительства – неподалеку от острова Хортица на участке с названием «Волчье горло». Параллельно с производством электроэнергии для промышленности строительством гидросооружения планировалось решить давнюю проблему обеспечения судоходности Днепра, а также вопросы орошения степных земель и железнодорожного сообщения строящихся в нескольких километрах от Запорожья металлургических заводов с сырьевой базой Донбасса и Криворожья.

Официальная дата начала строительства Днепровской ГЭС – 15 марта 1927 г. Именно в этот день, согласно архивным данным, на берегу Днепра на скале «Любовь» был торжественно установлен красный флаг с надписью «Днепрострой начат».

Невероятными усилиями, тяжелым трудом и жертвами за пять лет Днепрогэс был построен. Торжественное открытие Днепровской ГЭС состоялось 10 октября 1932 г. и стало событием не только для СССР, но и для мировой общественности. Американская газета «Нью-Йорк Ивнинг Пост» писала об этом так: «Без сомнения, возведение Днепровской станции является триумфом техники, которым могла бы гордиться каждая страна» [3, с. 2] (рис. 3).

«Начнем с фабрики-кухни!» – такое заявление Винтера, начальника Днепроостроя, в 1927 г. удивило многих. Но свое слово Александр Васильевич сдержал – через год на Правом берегу (на месте теперешнего ДК «Энергетиков») открылась общественная столовая на 8 тыс обедов в день. Днепростроевская фабрика-кухня стала первой «школой общественного питания», открытой на террито-

рии УССР и третьей в СССР. Предприятие вполне оправдывало свое «фабричное» название – огромные производственные помещения, в которых почти весь процесс приготовления пищи, мытья посуды, нарезки овощей и хлеба выполнялся с помощью машин известной фирмы «Сименс».

Сумасшедшей была и производительность: 8 тыс. обедов в день – это 18–20 тыс. различных блюд в день! При этом днепростроевская фабрика-кухня запросто выполняла и функции дома культуры – достаточно было освободить обеденный зал от столов.

В 1928 г. была открыта фабрика-кухня на Днепрострое – архитекторы В. Веснин, Н. Колли, Г. Орлов, С. Маслих (и Е. Максимова, *прим. автора*).

Исучаемая фабрика-кухня при Днепрогэсе не сохранилась, на ее месте в 1950-х(?) был построен ДК «Энергетиков» (рис. 4).

Предположительно в одноэтажном объеме располагался обеденный зал, в примыкающей части – производственные помещения кухни. Одноэтажный объем имел двухскатную кровлю. На фабрике-кухне витражи равномерно распределены по всей боковой плоскости здания. Витражи имеют мелкие членения переплетов, и линия завершения рисуется по уклону скатной кровли. На сохранившейся фотографии интерьера (рис. 5) видны конструктивные особенности объекта – на центральные опоры опиралась большепролетная ферма, дополнительную подсветку обеденному залу и производственным помещениям давали зенитные фонари в центральной части кровли (рис. 6).

Перейдем к описанию второй фабрики-кухни в г. Запорожье, расположенной на ул. 40-летия Советской Украины (рис. 7).

За основу разработки планировки Большого Запорожья был принят конкурсный проект, разработанный коллективом под руководством В. Веснина. Территория города делилась на 7 районов с самостоятельными культурно-общественными и административными подцентрами, подчиненными общегородскому центру, запроектированному во 2-м районе. К этому району примыкала территория первой очереди строительства (6-й поселок – соцгород), состоявшая из ряда кварталов. За несколько лет, с 1930 по 1933 гг., 6-й поселок (соцгород) был в основном застроен, причем его отдельные кварталы дают наглядную картину поисков различного типа жилкомбинатов, поисков, которые велись большим коллективом архитекторов: В. Весниным, С. Андреевским, Г. Орловым, К. Князевым, С. Маслихом, О. Яфой, В. Летавиным, Н. Колли, И. Купецио, В. Лавровым, В. Поповым, Э. Чериковером и др.

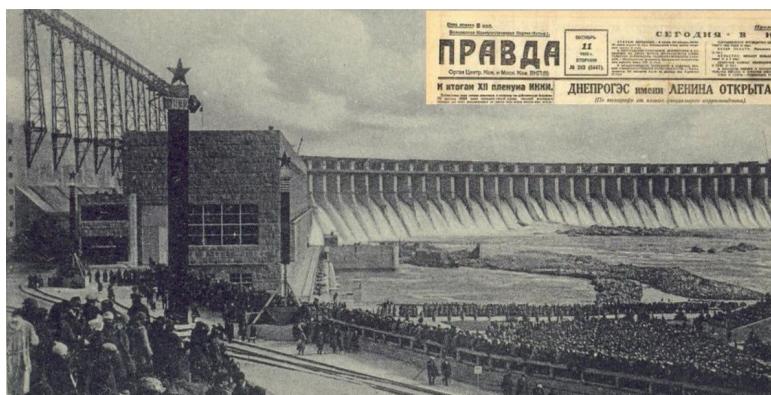


Рис. 3. Торжественное открытие Днепрогэса
(источник «Краеведческий музей имени В. А. Громова»)

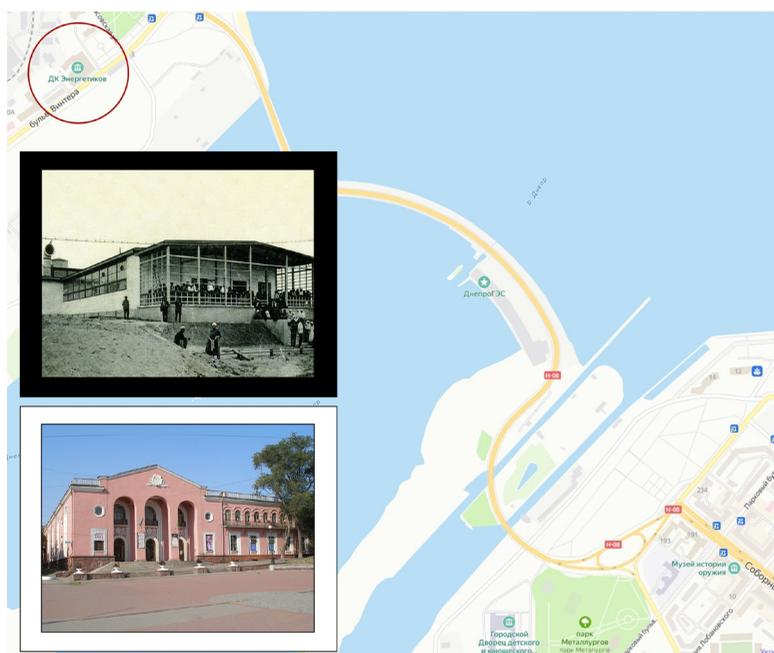


Рис. 4. Карта с расположением фабрики-кухни. Архивная фотография фабрики-кухни при Днепрострое, современная фотография ДК «Энергетиков» на месте снесенной фабрики-кухни
(источник: www.artantique.ru, www.bjcxzd.com, www.yandex.ru/maps)

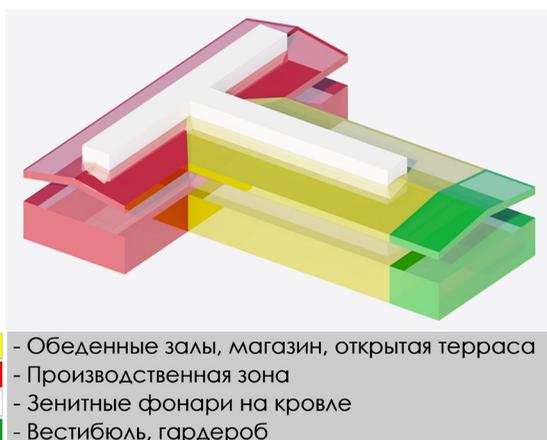
В социально-политическом отношении любопытен такой факт. Для рабочих и инженерно-технических работников Днепроостроя в Запорожье строился соцгород с жилищем типа дома-коммуны, общежития или квартирные дома с различной степенью обобществления быта. При этом сама идея перестройки быта и внедрения в жилые кварталы элементов коммунально-бытового обслуживания считалась перспективной целью и связывалась с задачей постепенного внедрения коллективных форм быта, с которыми связывали смысл и характер общества будущего. На такой путь движения к социализму ориентировали тогда

трудящихся. А вот формировавшаяся тогда хозяйственно-партийная номенклатурная элита считала, что к ней, к ее образу и стилю жизни, все это не имеет прямого отношения» [4, с. 232].

Что такое «Соцгород» определил в одноименной, написанной в 30-х гг. прошлого века книге Николай Милютин – архитектор и один из теоретиков советского градостроительства: «Миллиарды рублей, которые мы тратим на наше жилищное и социально-бытовое строительство, должны служить делу внедрения нового быта, то есть социалистической организации культурного и бытового обслуживания населения, что является предпосылкой к осво-



Рис. 5. Архивная фотография интерьеров фабрики-кухни на Днепрогэсе (источник: Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. М., 1996. С. 619)



- Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- Производственная зона
- Zenитные фонари на кровле
- Вестибюль, гардероб

Рис. 6. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни на Днепрогэсе (авторская реконструкция)

бождению женщины от домашнего рабства». На практике «новый быт» предусматривал ликвидацию домашнего хозяйства и семейного уклада жизни для возможности максимально использовать в качестве рабочей силы на производстве не только мужчин, но и женщин.

Жилые дома предполагалось построить в виде корпусов с длинными коридорами, по обеим сторонам которых должны быть отдельные комнаты для супружеских пар. Именно комнаты. Без кухонь и подсобных помещений. Все бытовые хлопоты «строителей светлого будущего» якобы брало на себя государство. Для этого организовывались фабрики-кухни, банно-прачечные комбинаты, столовые. От забот о детях должны освободить ясли и детсады. Свободное от работы время «строители коммуниз-

ма» должны были проводить с себе подобными в общественных местах: учиться, заниматься спортом и развиваться идеологически. Надо отдать должное благоразумию архитекторов, создававших запорожский «Соцгород», – при строительстве жилых домов до абсурда, красноречиво описанного Булгаковым в «Трактате о жилище», все же не дошло. Вместо дома-коммуны в Запорожье построили квартал-коммуны из трехэтажных жилых корпусов – «домов с обобществленным бытом», клубом-столовой, зданий яслей и детского сада, со спортивными площадками во дворе. Жилые комнаты в этих «домах с обобществленным бытом» были условно-просторные, звукоизоляция все же существовала, были не только большие комнаты общего пользования на первом этаже, но и общие кухни на каждом. Здесь можно было разогреть принесенную из фабрики-кухни еду и самим приготовить что-то не слишком мудреное. Согласно проекту, корпуса должны были соединяться между собой и с клубом-столовой утепленными переходами, чтобы максимально упростить и рационализировать перемещение граждан. В соседнем квартале этот же подход был реализован и при строительстве «амбулаторного городка», который объединил переходами здания поликлиники, диспансера и аптеки. Знаменитый «круглый дом» – воплощение «идеальной коммуны»: просторный двор, отдельные выходы для жильцов первых этажей, лавочки, фонтан посреди двора [5, с. 10].

Фабрика-кухня имела три этажа, с выходом на летнюю террасу на третьем этаже (рис. 5). Главный вход ориентирован на ул. 40-летия Советской Украины, он решался в виде плоскости, находящейся в глубине за колоннадой, поддер-

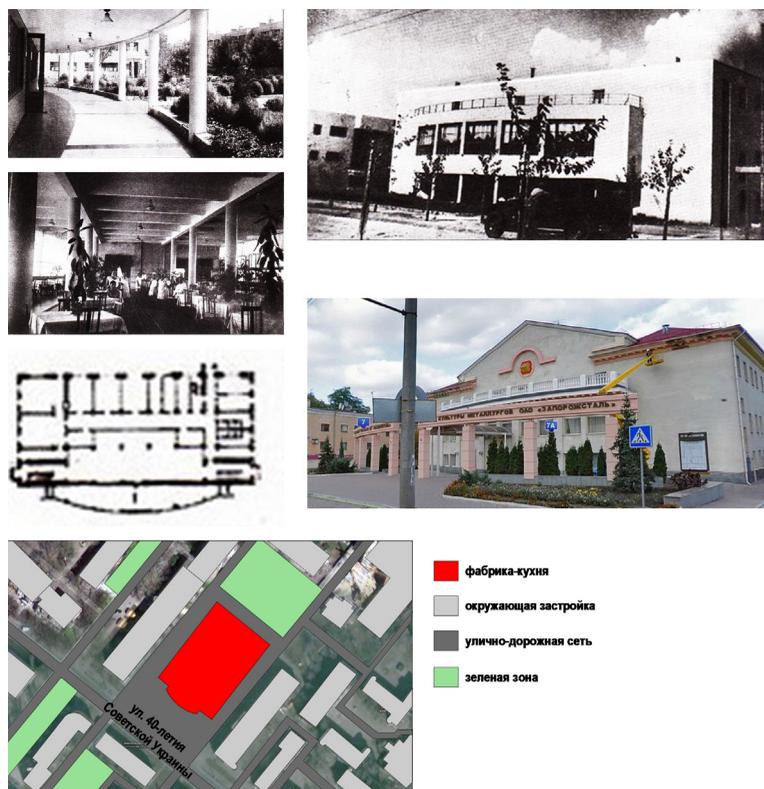


Рис. 7. Архивные и современные фотографии фабрики-кухни, план фабрики-кухни и схема генплана (источник: Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. М., 1996 / www.yandex.ru/maps)

живающей второй этаж. Ощущение легкости фасаду придавали большие плоскости оконных витражей обеденного зала второго этажа, находящиеся над главным входом. Из вестибюля с обеих сторон от главного входа располагались две лестничные клетки, которые объединяли обеденные залы второго и третьего этажей. Построение фасада своими композиционными и пластическими решениями отвечало стилю конструктивизм. Впоследствии фабрика-кухня была реконструирована в ДК «Запорожсталь».

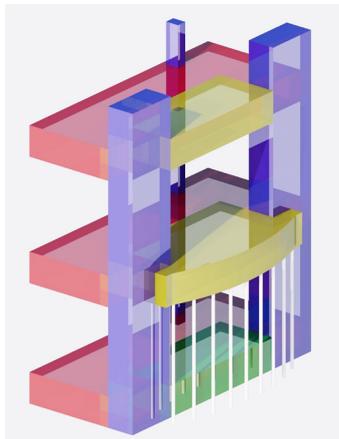
Следующий объект – фабрика-кухня при Мариупольском металлургическом комбинате имени Ильича. Прежде чем перейти к описанию объекта, обратимся к истории завода.

Конец XIX в., пожалуй, можно назвать ключевым периодом в летописи Донбасса – именно в это время здесь совершается судьбоносный поворот в сторону масштабной индустриализации, который определил не только экономическое будущее этого края, но и его менталитет, культуру и всю последующую историю. Донбассу суждено стать индустриальным сердцем России. И огромная роль в этом отведена одному из его старейших предприятий – Мариупольскому металлургическому комбинату Ильича, история которого захватила три столетия.

С 1898 по 1902 гг. на Никополь-Мариупольском заводе работал выдающийся металлург, основатель школы российских доменщиков Михаил Курако. Он принципиально усовершенствовал конструкцию домны и технологию доменного процесса, существенно сократив срок капитального ремонта печей. Разработки Курако применяются по всему миру до сих пор почти без изменений.

В 1919 г. оба предприятия национализированы советской властью, а в 1920-м было принято решение объединить два металлургических завода в один – Мариупольский объединенный металлургический государственный завод. Его восстановление новая власть сразу обозначила как приоритетную задачу – и работа закипела, тем более что металл был остро необходим для народного хозяйства и оборонной отрасли.

В 1924 г. завод получает имя вождя мирового пролетариата В.И. Ленина. В это время здесь идет масштабная реконструкция, запущено три мартеновские печи и три прокатных стана, строится крупнейший в Европе трубопрокатный цех, который уже к 1930 г. дает стране порядка 50 % всей трубной продукции. Вскоре будет возведен второй такой цех, и на их базе возникнет самостоятельный трубный завод.



- Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- Производственная зона
- Вертикальные связи
- Вестибюль, гардероб, администрация

Рис. 8. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни в г. Запорожье (авторская реконструкция)

В 30–40-х гг. на заводе действует управление капитального строительства (УКС) – масштабный орган, объединявший ремонтно-отделочный цех, котельную, лесораму и деревоотделочный цех, автогараж, несколько строительных участков, конный двор и большой магазин. Здесь было задействовано около 7 тыс. человек. Благодаря УКС восстановительные и строительные работы на заводе велись максимально качественно и в рекордно короткие сроки.

В эти годы страна переживала острейший дефицит стали, ее приходилось дорого покупать за границей. Даже кузова и кабины автомобилей из-за нехватки металла одно время изготавливали из древесины. Поэтому в 1933 г. на заводе начинают вплотную заниматься выплавкой собственной высококачественной стали, запускают первый в стране листоделочный цех, собранный из зарубежного оборудования. Необходимости закупать сталь у иностранцев больше не было.

За время первых пятилеток завод завоевал статус одного из мощнейших металлургических центров юга России. Рабочие поселения к тому времени сформировали Заводской район города. Кроме жилых домов для работников, здесь были построены школы, детские сады, клуб досуга, учреждения сферы услуг, парки отдыха, библиотеки, кинотеатр, техникум и институт. К началу войны тут проживало около 80 тыс. человек.

Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича стал целой эпохой расцвета металлургии не только Донбасса, но и всего Советского Союза [6].

Фабрика-кухня в Мариуполе располагается на проспекте Ильича, д. 54 (рис. 9, 10). Авторство на данный момент установить не удалось, год постройки ориентировочно 1931(?). Фабрика-кухня отвечала лучшим образцам архитектуры конструктивизма – ярко выраженное ленточное остекление располагалось как на объеме полукруглой лестничной клетки, так и на объеме обеденного зала второго этажа. Первый этаж решался большими витражными плоскостями на всю высоту этажа с простенками. Третий этаж завершала летняя терраса. Главный вход организован слева от лестничной клетки, за ним размещалась вестибюльная группа и далее обеденные залы. После Великой Отечественной войны фабрику-кухню приспособили под кинотеатр, который просуществовал до середины 1960-х гг.

Развитие общественного питания в столице Донбасса в г. Сталино (Донецк) освещалось в газете «За отличное питание».

Исследование разных материалов не привело к вновь выявленным объектам общественного питания – фабрикам-кухням, но удалось получить описание полифункционального объекта, схожего по функции с фабрикой-кухней – ресторана-гастронома «Москва», расположенного в самом центре Донецка, на ул. Артема (рис. 11, 12).

«В центре города Сталино, на улице Артема открывается новый ресторан «Москва». По своему оборудованию это будет лучший ресто-

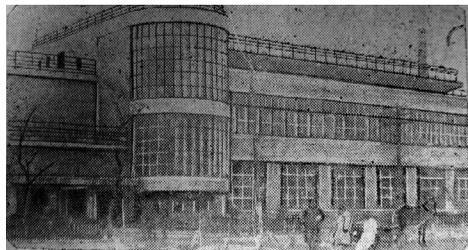
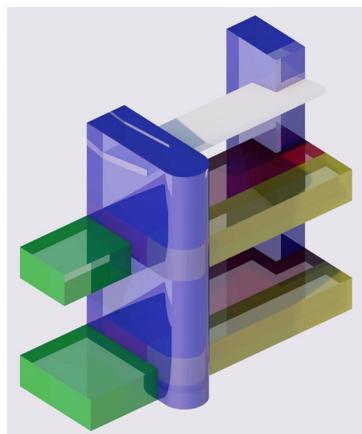


Рис. 9. Фабрика-кухня в Мариуполе, архивная фотография и современное состояние, схема генплана (публикуется впервые, источник: Российская государственная библиотека, отдел газет, www.yandex.ru/maps)



- Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- Производственная зона
- Вертикальные связи
- Вестибюль, гардероб, администрация

Рис. 10. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни в Мариуполе (авторская реконструкция)

ран в Донбассе. В летнее время будет открыт специальный зал на крыше ресторана. Две кухни оборудуются новейшими механизмами. Изготовленные блюда будут подниматься в зал на специально устроенном лифте. При ресторане оборудуется большой кондитерский цех. В Москве и Харькове ресторан приобрел высших сортов фарфоровую и мельхиоровую посуду. В ресторане «Москва» будет работать до 150 человек обслуживающего персонала, 25 поваров и 40 официантов» [7, с. 1].

В Ленинграде (Санкт-Петербурге) успешно работали полифункциональные комплексы, которые совмещали в себе торговлю и питание, как, например, фабрика-кухня Кировского района. В Донецке возник подобный объект, который также соединил в себе функции торговли,

гастронома и питания – ресторан «Москва». Исследовать данный объект в настоящее время не представляется возможным, но судя по фотографии, наличие открытой летней террасы на третьем этаже предположительно соответствуют программе проектирования и строительства фабрик-кухонь в СССР.

Фабрика-кухня в Ростове-на-Дону не сохранилась, она была разрушена во время Великой Отечественной войны. Объект был построен для трудящихся завода Сельмаш (Ростсельмаш). Обратимся к истории завода, после чего перейдем к описанию фабрики-кухни (рис. 13, 14).

В 1921 г. после окончания гражданской войны Главсельмаш, организованный при Высшем Совете Народного Хозяйства (ВСНХ), разработал 10-летний план восстановления производства сельхозмашин. В 1922 г. Главсельмаш начал осуществлять этот план, отобрав 40 наиболее крупных и перспективных предприятий, на которых было сосредоточено основное внимание. И уже в 1925 г. эти предприятия достигли дореволюционного уровня производства.

В 1924 г. в Госплане, ВСНХ и на местах началась предварительная подготовка к постройке новых заводов сельхозмашиностроения. Во втором квартале 1926 г. начались строительные работы.

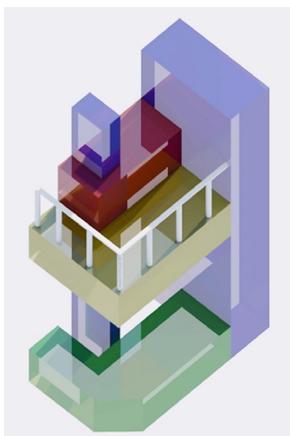
Строительство было рассчитано на 5 лет, начиная с 1926 г. Но уже в июле 1929 г. вошли в эксплуатацию первые 5 из 18 запроектированных цехов. 21 июля 1929 г. завод выдал первую партию крестьянских ходов по государственному акту приемки. Именно этот день считается днем рождения завода.

В конце 1930 г. в цехах были завершены работы по монтажу оборудования. 1 января 1931 г. завод вступил в строй действующих [8].

Авторство проекта фабрики-кухни в Ростове-на-Дону на данный момент установить не удалось, год постройки ориентировочно 1931(?). Объект отвечал лучшим образцам архитектуры



Рис. 11. Гастроном «Москва» в г. Сталино (Донецк). Архивное фото и современное состояние (2012 г., источник: «Донбасское географическое общество», www.yandex.ru/maps)



- Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- Производственная зона
- Вертикальные связи
- Вестибюль, гардероб, администрация

Рис. 12. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни в г. Сталино (Донецк) (авторская реконструкция)

конструктивизма – яркой доминантой был выступающий объем лестницы с приемом «угловое окно». На объем лестницы опирался балкон, все это служило доминантой объекта, рядом находился главный вход в здание. Первый и второй этажи решались большими витражными плоскостями на всю высоту этажа с простенками. На сохранившихся архивных фотографиях интерьера можно увидеть конструктивные особенности здания. Железобетонные центральные колонны и ригели позволили создать большие пространства обеденных залов, которые имели хорошее естественное освещение.

Далее рассмотрим особенности архитектуры двух фабрик-кухонь, построенных на волж-

ских берегах в городах: Сталинград (Волгоград) и Саратов. Обе фабрики-кухни были построены при промышленных предприятиях.

В 1926 г. Высшим Советом народного хозяйства СССР было принято решение о строительстве в Сталинграде первого в стране тракторного завода. Место было выбрано в 14 километрах от центра города, и 12 июля 1926 г. состоялась церемония закладки тракторного завода. В память о Ф. Э. Дзержинском, после его смерти в 1926 г., жители Сталинграда ходатайствовали перед ЦИК СССР о присвоении строящемуся заводу его имени. Перед центральной проходной завода в 1932 г. был установлен памятник Дзержинскому.

Сталинградский завод стал первым тракторным заводом советской России. Построен он был в 1930 г. при участии американских специалистов и в первую очередь известного архитектора Альберта Кана. Параллельно с производством тракторной техники на заводе был налажен выпуск танков [9].

При Сталинградском тракторном заводе в Волгограде была построена фабрика-кухня. Ее строительство началось в 1929 г. Объект отвечает всем признакам архитектуры конструктивизма. Большие витражи сплошной лентой охватывали второй этаж здания. Два объема лестничных клеток, выступая из протяженной плоскости фасада по ул. Дзержинского, делят его на три части, прерывая ленту сплошного остекления. В объемах лестничных клеток применен характерный для конструктивизма прием «открытого угла» с заполнением на всю высоту витражом. Во время Великой Отечественной войны здание фабрики-кухни было разрушено, а после войны реконструировано и частично перестроено (рис. 15–17).

Строительство фабрики-кухни в Саратове при Саратовском заводе комбайнов по

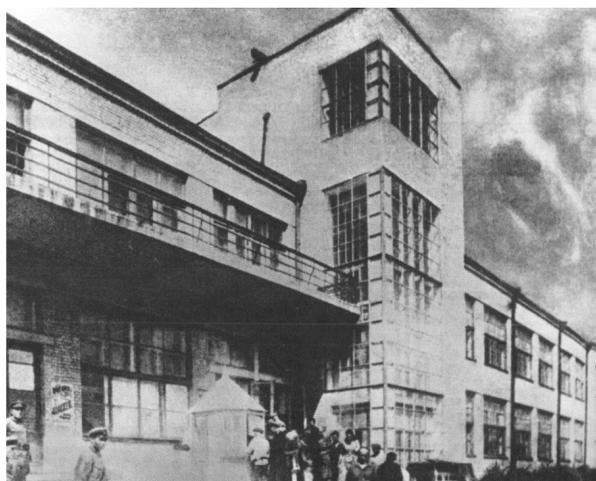
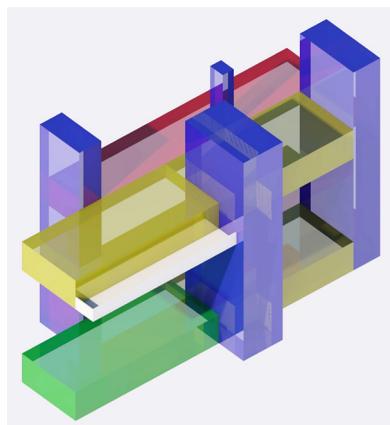


Рис. 13. Архивные фотографии фабрики-кухни в Ростове-на-Дону (источник www.meotyda.ru)



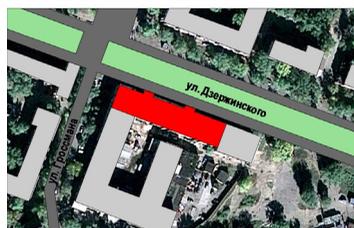
- - Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- - Производственная зона
- - Вертикальные связи
- - Вестибюль, гардероб, администрация

Рис. 14. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни в Ростове-на-Дону (авторская реконструкция)

ул. Орджоникидзе, д. 11, началось в 1930 г., рядом с проходной завода. Автором проекта предположительно является архитектор Ушаков (?). В результате командировки в Саратов удалось получить планы фабрики-кухни, изучив которые, автор настоящего исследования проанализировал функциональные особенности объекта.

Главный вход здания обращен в сторону сквера. Сначала посетители попадали в объем вестибюльной группы с гардеробом, санузлами и умывальниками и из него далее в обеденный зал первого этажа, к которому примыкала раздача блюд и технологические помещения кухни. По главной лестнице посетители попадали в обеденный зал второго этажа и группу служебно-бытовых помещений.

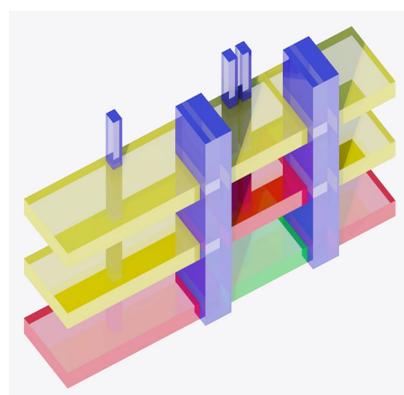
Прямоугольные в плане обеденные залы завершались полукругом, были остеклены витражами на всю высоту. Объект имел характерные для конструктивизма элементы – это витражи с мелкими членениями, объем лестничной клетки главного входа имел три витража на боковых плоскостях и др. Фабрика-кухня выполнена в монолитном железобетоне, что позволило организовать большие пространства внутри объекта. Позднее на завершениях колонн – капителей были добавлены классические канелюры, которых в 1930-х по всей видимости не было. В наше время фасад здания подвергся серьезным изменениям в виде полной замены остекления, пластиковые окна имеют крупные членения, однако размеры всех проемов сохранились в неизменном виде. Сейчас объект используется как МРЭО Саратовской области (рис. 18–21).



- фабрика-кухня
- окружающая застройка
- улично-дорожная сеть
- зеленая зона

Рис. 15. Архивное фото фабрики-кухни (источник: Олейников П. П. Архитектурное наследие Сталинграда. Волгоград, 2012).

Современное состояние объекта (фото: В.А. Самогоров), схема генплана (www.yandex.ru/maps)



- - Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- - Производственная зона
- - Вертикальные связи
- - Вестибюль, гардероб, администрация

Рис. 16. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни в Сталинграде (Волгограде) (авторская реконструкция)

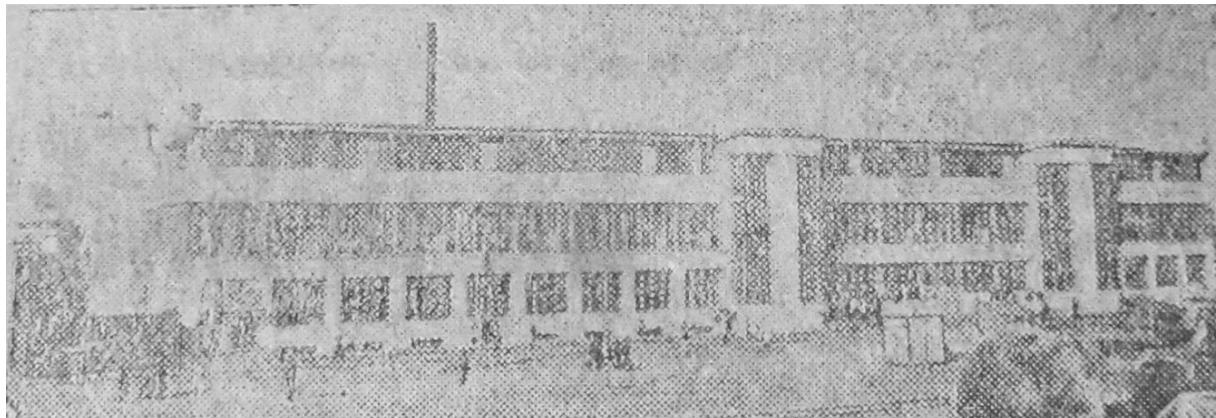
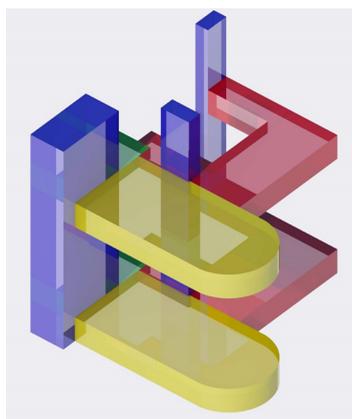


Рис. 17. Фабрика-кухня в Сталинграде (Волгоград), архивная фотография (публикуется впервые, источник: Российская государственная библиотека, отдел газет)



Рис. 18. Архивное фото (источник www.oldsaratov.ru), фотографии современного состояния фабрики-кухни в Саратове (фото автора), схема генплана (www.yandex.ru/maps)



- - Обеденные залы, магазин, открытая терраса
- - Производственная зона
- - Вертикальные связи
- - Вестибюль, гардероб, администрация

Рис. 19. Графическая 3D реконструкция функциональных зон фабрики-кухни в Ростове-на-Дону (авторская реконструкция)

План-схема 1 этажа

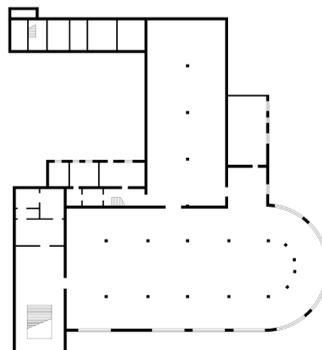


Рис. 20. Графическая реконструкция плана фабрики-кухни в Саратове (авторская реконструкция)



Рис. 21. Интерьеры бывшей фабрики-кухни в Саратове (фото автора)

Выводы. В статье проанализированы особенности архитектуры фабрик-кухонь ряда городов юга страны. Введены в научный оборот новые материалы по теме архитектуры исследуемой типологии зданий. Исследованы особенности градостроительной ситуации, объемно-пространственной и функционально-планировочной структуры изучаемых объектов общественного питания. Рассматриваемые фабрики-кухни в градостроительном аспекте разделены на два вида: 1) построенные при промышленных предприятиях; 2) построенные в «городской ткани» и обслуживающие жителей района. Ни одна из них в наше время не функционирует по своему первоначальному назначению. Сохранившиеся фабрики-кухни подверглись сильным изменениям, трансформированы фасады и планы зданий, однако предметом охраны в рассмотренных объектах конструктивизма остаются железобетонные каркас, колонны и перекрытия, общая объемно-пространственная композиция. На фотографиях интерьеров фабрики-кухни в Саратове видно, что сохранились уникальные по исполнению бетонные конструкции, которые в начале 1930-х годов с технической точки зрения выполнить было очень сложно. В наше время есть достойные примеры реставрации памятников эпохи конструктивизма в типологии фа-

брик-кухонь в таких городах, как Минск, Пермь и Самара. На следующем этапе необходимо разработать программы по сохранению объектов, рассматриваемых в данной статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сейфи М. Фабрика-кухня. М., 1929. 38 с.
2. Исаков А.С. Фабрика-кухня в г. Самаре архитектора Е.Н. Максимовой // Градостроительство и архитектура. 2011. Т.1, №2. С. 18–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.5.
3. Запорожская Е. Запорожье // Гранит науки. 2019.
4. Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. Книга вторая: Социальные проблемы. М.: Стройиздат, 2001. 712 с.
5. Милютин. Соцгород. М., 1930. 81 с.
6. Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича: больше века на передовой [Электронный ресурс]. URL: <https://bel.ru/news/2022-10-03/mariupolskiy-metallurgicheskiy-kombinat-im-ilicha-bolshe-veka-na-peredovoy-1491487> (дата обращения: 18.01.2023).
7. Газета «Социалистический Донбасс». 1938. № 289. 4 с.
8. ОАО «Ростсельмаш», страницы истории [Электронный ресурс]. URL: http://www.avtomash.ru/pred/rost/rost_istori.htm (дата обращения: 18.01.2023).
9. Волгоградский тракторный завод: разрушен, но не сдан [Электронный ресурс]. URL: <https://rostec>

ru/news/volgogradskiy-traktornyuy-zavod-razrushen-no-ne-sdan/ (дата обращения: 18.01.2023).

10. Иконников А.В. Утопическое мышление и архитектура. М.: Архитектура-С, 2004. 400 с.

11. Искрижицкий Г.И. Рассказ о градостроительстве. М., 1985. 128 с.

12. Ахмедова Е.А. Эстетика архитектуры и дизайна. Самара, 2007. 432 с.

13. Исаков А.С. Особенности архитектуры фабрики-кухни в Минске // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, №3. С. 59–69. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.9.

14. Исаков А.С. Архитектура фабрики-кухни рабочего поселка «Соцгородок» в г. Перми в аспекте эволюции утопического мышления // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 78–86. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.11.

REFERENCES

1. Seifi M. *Fabrika-kuhnja* [Kitchen Factory]. Moscow, 1929. 38 p.

2. Isakov A.S. Kitchen factory in Samara architect E.N. Maksimova. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol.1, no.2, pp. 18–22. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.5

3. Zaporozhskaja E. Zaporozhye. *Granit nauki* [Granite of Science], 2019.

4. Khan-Magomedov S.O. *Arhitektura sovetskogo avangarda. Kniga vtoraja: Soci-al'nye problemy* [Architecture of the Soviet avant-garde. Book Two: Social Issues]. Moscow, Stroyizdat, 2001. 712 p.

5. Milyutin. *Socgorod* [Sotsgorod]. Moscow, 1930. 81 p.

6. Mariupol Metallurgical Plant named after Ilyich: more than a century on the first. Available at: <https://bel.ru/news/2022-10-03/mariupolskiy-metallurgicheskiy-kombinat-im-ilicha-bolshe-veka-na-peredovoy-1491487> (accessed 18 January 2023).

7. *Gazeta «Socialisticheskij Donbass»* [Newspaper "Socialist Donbass"]. 1938, no.289. 4 p.

8. Rostselmash OJSC, history pages. Available at: http://www.avtomash.ru/pred/rost/rost_istori.htm (accessed 18 January 2023).

9. Volgograd Tractor Plant: destroyed, but not commissioned. Available at: URL:<https://rostec.ru/news/volgogradskiy-traktornyuy-zavod-razrushen-no-ne-sdan/> (accessed 18 January 2023).

10. Ikonnikov A.V. *Utopicheskoe myshlenie i arhitektura* [Utopian Thinking and Architecture]. Moscow, Architecture-C, 2004. 400 p.

11. Iskrizhitsky G.I. *Rasskaz o gradostroitel'stve* [A story about urban planning]. Moscow, 1985. 128 p.

12. Akhmedova E.A. *Jestetika arhitektury i dizajna* [Aesthetics of architecture and design]. Samara, 2007. 432 p.

13. Isakov A.S. Architectural Features of the Minsk Factory-Kitchen. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 59–69. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.9

14. Isakov A.S. Architecture of the Perm Factory-Kitchen of the Industrial Township "Sotsgorodok" in Motovilikha in the Aspect of Evolution of Utopic Ideology. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 78–86. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.11

Об авторе:

ИСАКОВ Александр Сергеевич

аспирант кафедры архитектуры, ведущий архитектор ООО «Куйбышевский Промстройпроект» 443110, Россия, г. Самара, ул. Невская, 3, тел. (846) 337-67-27 E-mail: itas-3@mail.ru

ISAKOV Alexander S.

Post-graduate student of Architecture Chair, Lead Architect LLC "Kuibyshev Promstroyproekt" 443110, Russia, Samara, Nevsky str., 3, tel. (846) 337-67-27 E-mail: itas-3@mail.ru

Для цитирования: Исаков А.С. Особенности архитектуры фабрик-кухонь юга России // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 133–146. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.19.

For citation: Isakov A.S. Features of Architecture of Factories-Kitchens of the South of Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 133–146. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.19.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 728.1:502.3

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.20

Т. Я. ВАВИЛОВА

АКТУАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЭПОХУ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. ЧАСТЬ 1. УЧЁТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

CURRENT ARCHITECTURAL DESIGN TRENDS
IN TIMES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.
PART 1. IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS

Рассматриваются вопросы внедрения эколого-ориентированных методов в практику архитектурного проектирования. Объектом исследования стали многофункциональные комплексы с преобладанием многоквартирного жилья, а также комплексы студенческих общежитий. Предмет исследования – архитектурные методы улучшения экологических свойств среды жизнедеятельности. Цель работы – выявление популярных и наиболее эффективных современных направлений снижения негативного воздействия зданий на окружающую среду. Задачи работы: уточнение круга проблем в ходе ознакомления с актуальной законодательной базой и нормативными документами, поиск релевантных примеров в арсенале передовой практики отечественных и зарубежных архитектурных бюро и анализ методов экологизации объектов. Результатом работы стали систематизация эффективных современных способов учёта экологических факторов и предложения по выделению соответствующих ключевых принципов архитектурного проектирования. Они соотносятся с задачей снижения экологического следа – совокупного ущерба от воздействия здания на окружающую среду.

Ключевые слова: архитектура, экологические факторы, устойчивое развитие

The issues of the introduction of environmental-oriented methods into the practice of architectural design are considered. The object of the study was multifunctional compounds with a predominance of multi-apartment housing, as well as facilities of student dormitories. The subject of the study was architectural methods for improving the environmental properties of the living environment. The purpose of the work was to identify popular and most effective modern ways to reduce the negative impact of buildings on the environment. Tasks of the work: clarification of the range of problems in the course of familiarization with the current legislative framework and regulatory documents, search for relevant examples in the arsenal of best practices of domestic and foreign architectural bureaus and analysis of methods of ecologization used in the design. The results of the work were the systematization of effective modern ways of taking into account environmental factors and proposals for highlighting the relevant key principles of architectural design. They correspond to the tasks of reducing the ecological footprint – the cumulative damage from the building's impact on the environment.

Keywords: architecture, environmental factors, sustainable development

Введение. В последней трети XX в. главной причиной глобального системного кризиса были признаны экологические катаклизмы, вызванные динамичной индустриализацией. Всесторонний анализ, проводившийся в те годы учеными разных стран, подтвердил необходимость сдерживания антропогенного воздействия на

окружающую среду и формирования новой социально-экономической парадигмы. В 1987 г. благодаря предложению Международной комиссии по окружающей среде и развитию (WCED) она получила название «устойчивое развитие» – «sustainable development». Объединение усилий исследователей и инициативных групп в разных

странах стало стимулом формирования единых подходов, нацеленных на преодоление острых социальных и экологических проблем. Важнейшими условиями были названы технологическая модернизация и экологизация производств [1]. Кульминационным моментом стало принятие государствами-членами ООН в 2015 г. «Повестки дня устойчивого развития на период до 2030 года», включающей 17 Целей. Для мониторинга процесса преобразований стала использоваться разветвлённая и гибкая система индикаторов, позволяющая адаптировать к ней национальные наборы статистических показателей.

В Российской Федерации наблюдение за выполнением работ, отвечающих Целям устойчивого развития, ведётся с 2021 г. Среди индикаторов особая роль принадлежит тем, которые связаны с Целью 11 – «Устойчивые города и населённые пункты». Проводимые мероприятия смыкаются с одной из приоритетных задач современной экономической политики России – повышением качества жизни, а также с программами, которые осуществляются в рамках национальных проектов. Улучшение состояния среды жизнедеятельности неразрывно связано с перманентной трансформацией экономической и технологической сфер [2], что закономерно приводит к корректировке градостроительной политики, поиску новых принципов оценки качества среды городских и сельских поселений [3], разработке эффективных способов и стандартов проектирования экоустойчивых и биопозитивных зданий [4, 5]. Поэтому с учётом Целей устойчивого развития в настоящее время как никогда ранее актуализируется задача внедрения в практику проектирования и строительства подходов, основанных на принципе коэволюции – паритетном сосуществовании общества и биосферы [6]. В связи с этим экологизация разработок становится одной из самых злободневных задач архитектурного проектирования [7].

Фундаментальные основы экологизации среды жизнедеятельности были заложены в нашей стране ещё в советское время В.В. Владимировым, В.А. Красильниковым, В.А. Митягиным, С.Б. Чистяковой и др. В конце XX – начале XXI в. экологические аспекты были в центре внимания целого ряда авторов диссертаций: докторских (В.В. Алексахина, А.Г. Большаков, В.А. Колясников, В.А. Нефедов, В.А. Пак и др.) и кандидатских (А.Д. Гридюшко, Е.В. Купцова, П.В. Пипуныров, И.А. Поляков, Е.Г. Самолькина, Е.А. Сухина, Я.В. Усов и др.). Опубликовано множество монографий, пособий и статей в авторитетных научных изданиях (Н.Г. Благовидова, А.Л. Гельфонд, М.В. Дуцев, Г.В. Есаулов, А.Н. Ремизов, Н.А. Сапрыкина, Ю.А. Табунщиков, В.И. Теличенко, А.Н. Тетиор и др.). Очевидно, что этому

направлению в России уделяется значительное внимание, однако целостная стратегия, позволяющая в градостроительной деятельности обеспечить всесторонний учёт экологических аспектов устойчивого развития, находится в стадии становления [8]. Между тем прогрессивные изменения наблюдаются как в теории, так и в передовой отечественной и зарубежной практике архитектурного проектирования. Накопленный обширный опыт требует систематизации и адаптации к условиям России.

Материалы и методы. Проведенному исследованию предшествовало изучение документов российской нормативной базы устойчивого развития и экологизации проектных решений. Был проведён их критический анализ.

Основной этап работы был посвящён современному проектному разрабатке – реализованным и концептуальным. После ознакомления с референсами, которые представлены в открытых интернет-источниках – популярных архитектурных порталах, было отобрано более 120 отечественных и зарубежных объектов-аналогов, предназначенных для постоянного и временного проживания, – многоквартирных жилых зданий и комплексов, студенческих общежитий. Характеристики уточнялись с помощью контент-анализа информации, размещённой на сайтах фирм-проектировщиков, а затем данные сводились в аналитические таблицы. Помимо этого, отдельные аспекты потребовали визуализации в графических моделях.

Использованный алгоритм работы дал возможность выявить современные тенденции проектирования и сформулировать ряд универсальных принципов, соблюдение которых способствует снижению экологического следа.

Результаты. В Российской Федерации работы по формированию отечественных экологических стандартов, правил и норм проектирования объектов недвижимости активизировались с 2010 г. Основной задачей стало целенаправленное внедрение методов снижения их воздействия на окружающую среду. Это направление отражено в стандартах: ГОСТ 31427-2010 «Здания жилые и общественные – Состав показателей энергетической эффективности», ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия – Экологические требования к объектам недвижимости», ГОСТ Р 55654-2013 «Проектирование зданий с учетом экологических требований – Внутренняя среда – Общие принципы».

Основные положения устойчивого развития в строительстве представлены в ГОСТ Р 57274.1-2016 и ГОСТ Р 57274.2-2016.

Значительное количество документов посвящено «зелёным» стандартам. В их числе несколько действовавших до середины 2022 г. Предварительных национальных стандартов

РФ, объединённых заголовком «Зелёная» продукция и «зелёные» технологии, а именно: ПНСТ 329-2018 (общие положения оценки соответствия по требованиям «зелёных» стандартов), ПНСТ 330-2018 (основные положения и принципы), ПНСТ 331-2018 (классификация), ПНСТ 332-2018 (критерии отнесения). Недавно стал применяться новый документ – ПНСТ 646-2022 (методика оценки снижения углеродного следа). Своевременным было опубликование ПНСТ 349-2019 «Зелёные» технологии среды жизнедеятельности и «зелёная» инновационная продукция, а затем – документов серии «Зелёные» технологии среды жизнедеятельности – ПНСТ 350-2019 (классификация); ПНСТ 351-2019 (критерии отнесения) и ПНСТ 352-2019 Оценка соответствия требованиям «зелёных» стандартов. Общие положения.

Важно и то, что с 21.09.2021 г. благодаря постановлению Правительства № 1587 в России появилась возможность расширенного применения критериев устойчивого, в том числе экологического развития.

И, наконец, своеобразным «рубиконом», фиксирующим переход к кардинальному решению новых задач архитектурного проектирования, стал ГОСТ Р 70346-2022 ««Зелёные» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зелёные». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации». В нём, на основании международного опыта применения систем экологической сертификации зданий, акцентируется внимание на учёте всех стадий их жизненного цикла и содержатся рекомендации по использованию критериев оценки для формализации свойств объектов в десяти ключевых категориях.

Анализ стандартов и нормативных документов позволил обратить внимание на наличие ряда *проблем экологизации архитектурно-строительной сферы*. Наиболее существенные среди них – это необязательность (добровольность) применения отдельных рекомендаций, игнорирование массового сегмента объектов недвижимости, в том числе зданий, требующих модернизации, и неопределённость сроков перехода к обязательной (или частично обязательной) процедуре. Последнее обстоятельство имеет принципиальное значение, в частности из-за необходимости синхронизации действий проектировщиков с положениями Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ. В нём одним из значимых принципов правового регулирования провозглашено «планирование энергосбережения и повыше-

ния энергетической эффективности» (статья 4). Это важный корректирующий фактор, так как известно, что сфера недвижимости относится к группе наиболее энергоёмких.

Сравнительный анализ отобранных для детального изучения объектов-аналогов дал возможность выявить ряд тенденций, которые позволяют улучшать экологические свойства зданий. Эти тренды отражают тесную связь результатов проектирования с внедрением наилучших технологий и наиболее эффективных средств, использованных разработчиками проектов для снижения «экологического следа» – воздействия зданий на окружающую среду.

Проиллюстрируем направления, находящиеся сейчас в центре внимания, с помощью конкретных примеров.

В последние 15–20 лет одной из главных задач стала оптимизация отбора и использования земельных участков. Редевелопмент бывших производственных территорий, возникших в индустриальную эпоху, позволил значительно улучшить экологическое состояние городов [9].

На сегодняшний день особое значение приобретает *рациональное размещение личного транспорта*.

Уже сейчас и в России, и за рубежом приобретает популярность принцип «двор без машин». Следует отметить, что в российской практике он совсем недавно нашёл применение в объектах доступного ценового уровня и самые эффективные решения чаще всего можно видеть в столичных городах и в мегаполисах. Соблюдение этого принципа обеспечивается в основном за счёт *двух основных способов размещения парковочных мест для автомобилей*. Первый вариант организации паркования связан с *освоением подземного пространства*. Второй, ставший популярным в последние годы, – это *хранение автомобилей в стилобате*.

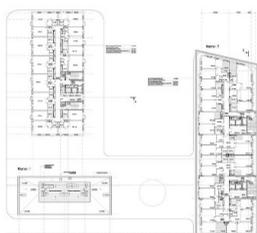
Примером размещения зон паркования под землёй может служить московский жилой комплекс бизнес-класса «Воробьёв дом» (архитектурное бюро ADM, Россия, 2018), расположенный вблизи Воробьевского шоссе, между рек Москва и Сетунь (рис. 1). Участок площадью 0,85 га находится на склоне и примыкает к границам внутригородского природного заказника «Долина реки Сетунь». Такое соседство стало одним из главных стимулов для снижения негативного воздействия комплекса на окружающую среду. В проектном решении архитекторы предложили объединение трех объемов разной высоты одноэтажной стилобатной частью с обслуживающими функциями и развитым двухуровневым подземным паркингом на 285 машино-мест. При этом небольшое внутреннее дворовое пространство

открыто в сторону реки Сетунь. Доступ во двор организован со стороны Воробьевского шоссе, здесь же, вдоль юго-восточного фасада, устроен небольшой гостевой паркинг [10].

Применение второго приёма наглядно продемонстрировано командой архитектур-

ного бюро OZ в жилом комплексе «De Werf» в Амстердаме (Нидерланды, 2019), который включает площадки для стартапов и жильё для арендаторов – студенческое общежитие, гостиницу и квартиры для среднего класса (рис. 2). В проекте реализовано решение «двор без ма-

2018 РОССИЯ ВОРОБЬЕВ ДОМ / ADM



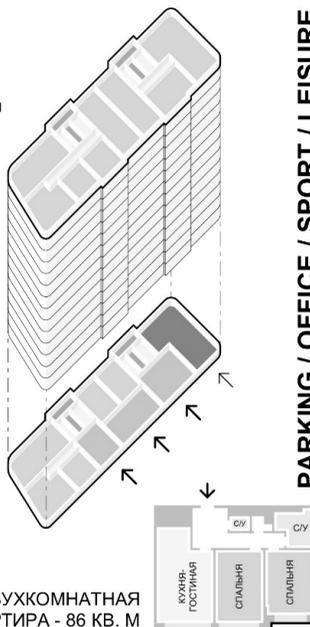
ПЛОЩАДЬ КОМПЛЕКСА: 41 670 кв. м
КОЛ-ВО ЭТАЖЕЙ: 5-13-15
ЭТАЖНОСТЬ: 7-15-17

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ:
БЫТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
ПОДЗЕМНЫЙ ПАРКИНГ,
КОММЕРЧЕСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
ОФИСНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
ДЕТСКИЙ ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР,
ФИТНЕС КЛУБ

- ЖИЛЬЁ
- ВЕСТИБУЛЬНАЯ ГРУППА ПОМЕЩЕНИЙ
- КОММЕРЧЕСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ
- КОММУНИКАЦИОННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

КВАРТИРОГРАФИЯ:
1-5 КОМН. КВАРТИРЫ

ДВУХКОМНАТНАЯ
КВАРТИРА - 86 кв. м



PARKING / OFFICE / SPORT / LEISURE

Рис. 1. Жилой комплекс «Воробьев дом» в Москве (источник [10]) – в интерпретации П. Д. Жирняковой)

2019 НИДЕРЛАНДЫ DE WERF RESIDENTAL COMPLEX / OZ



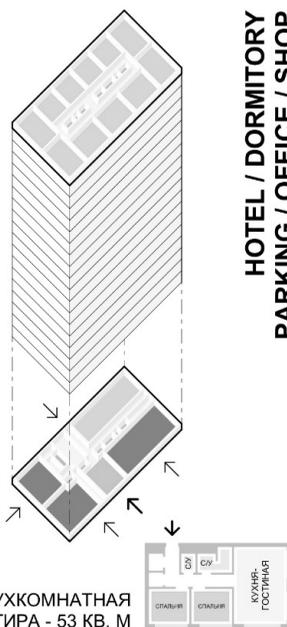
ПЛОЩАДЬ КОМПЛЕКСА: 74 000 кв. м
КОЛ-ВО ЭТАЖЕЙ: 9-11-13-20
ЭТАЖНОСТЬ: 9-11-13-20

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ:
БЫТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
ПАРКИНГ В СТИЛОБАТЕ,
ОТЕЛЬ, СТУДЕНЧЕСКОЕ ОБЩЕЖИЕ,
УЧЕБНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ,
ОФИСНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
КОММЕРЧЕСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ,
ЗОНЫ ОТДЫХА НА КРЫШЕ

- ЖИЛЬЁ
- ВЕСТИБУЛЬНАЯ ГРУППА ПОМЕЩЕНИЙ
- КОММЕРЧЕСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ
- КОММУНИКАЦИОННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ
- ПАРКИНГ

КВАРТИРОГРАФИЯ:
СТУДИИ, 1-3 КОМН. КВАРТИРЫ,
ДВУХУРОВНЕВЫЕ КВАРТИРЫ

ДВУХКОМНАТНАЯ
КВАРТИРА - 53 кв. м



HOTEL / DORMITORY
PARKING / OFFICE / SHOP

Рис. 2. Жилой комплекс «De Werf» в Амстердаме (источник [11]) – в интерпретации П. Д. Жирняковой)

шин»: семь разновысоких зданий окружают общее дворовое пространство. Оно устроено исключительно над паркингом, находящимся в одноэтажной стилобатной части. Доступ в паркинг на территорию двора организован посредством двух лестниц, расположенных между жилыми блоками с юго-восточной и северо-западной стороны. Паркинг рассчитан на 85 машин. Имеется 100 мест для велосипедов и 20 мест для скутеров [11].

Экологическим задачам соответствует также *приоритет использования общественного и экологического транспорта* – прежде всего велосипеда и электромобилей [12]. Дополнительной мерой считается выделение зоны для каршеринга. Для всего этого предусматриваются парковочные места и на земле, и под землёй. Такие решения – важный элемент соответствия зданий критериям экологической сертификации. Примеров много. Чаще всего такой способ используется в объектах, предназначенных для молодёжной аудитории. Например, в семиэтажном общежитии квартирного типа в Берлине (архитектурное бюро GBP Architekten, 2017) существуют не только необходимые для организации быта и досуга общественные пространства, но и велопарковки с достаточным для всех желающих количеством мест [13]. Другой пример повышения комфортности пользования экологическим транспортом – это паркинг, рассчитанный на 650 велосипедов, который был запроектирован в подземном этаже студенческого общежития в Праге (Чехия). Здание было построено по замыслу архитектурного бюро Pavel Hnilika Architects+Planners в 2020 г. [14].

Задача рационального использования городской земли решается также с помощью *чередования этажей с основными и дополнительными функциями и активного использования эксплуатируемых крыш* [15]. Так, например, во Франции, в районе Клиши-Батиньоль под многофункциональную плотную застройку была освоена площадка между парком Мартина Лютера Кинга и железнодорожными линиями вокзала Сен-Лазар (архитектурные бюро SAM architecture и Querkraft, 2019). Размер этого малопрестижного участка – около 1 га. В трехэтажной стилобатной части здания сложной конфигурации были размещены небольшая школа, детский сад и коммерческие помещения. В стилобат врезаны секции девяти- и шестнадцатиэтажных жилых зданий с одно-, двух-, трех- и четырехкомнатными квартирами для молодых семей. На территории жилого комплекса предусмотрены миниатюрный открытый двор для отдыха жильцов и закрытые детские площадки образовательного учреждения. В дополнение к ним, компенсируя дефицит общих про-

странств, местом для досуга и прогулок стала и озелененная кровля школы-детского сада [16].

Одним из самых эффективных способов ресурсосбережения в настоящее время признаётся *проектирование и строительство зданий на основе применения заводских технологий нового поколения* [17]. Примером реализации подобной идеи стал комплекс студенческих апартаментов «Grønneviksøren» в Бергене (Норвегия, 2013). Для поддержания амбициозности проекта и обеспечения его коммуникации с окружающей средой жилая структура разделена на две отдельные группы, состоящие из 16 зданий разной высоты – от 4 до 8 этажей. Они связаны галереями, обращенными к открытым внутренним дворам – местам с рукотворными озелененными холмами для отдыха и общения. В структуру комплекса входит здание общежития, собранное из 727 модулей, изготовленных на заводе и доставленных прямо на строительную площадку. Благодаря вариативности размеров окон и динамичному цветовому решению фасадных панелей был преодолен стереотип монотонности и безликости индустриальной строительной системы. Это общежитие считается одним из крупнейших модульных зданий в Европе. Оно построено из местного сырья, укомплектовано норвежскими инженерными системами и стало примером воплощения объекта низкой сметной стоимости с повышенными энергосберегающими свойствами: здесь используется автономная система отопления, и общие выбросы углекислого газа составляют менее 50 % по сравнению с традиционным строительством [18].

Уменьшение экологического следа, снижение антропогенных рисков на всех этапах жизненного цикла чаще всего обеспечиваются за счёт *применения строительных элементов, произведённых недалеко от места строительства, так и с активным использованием природных материалов* [19]. Особую популярность приобретает клеёная древесина, которая благодаря инновационным промышленным технологиям обладает уникальным диапазоном свойств – высокой несущей способностью, прочностью, био- и огнестойкостью. Теперь она может использоваться при возведении жилых и общественных зданий повышенной этажности как в несущих конструкциях, так и в качестве отделочного материала. В начале XXI столетия в разных странах было построено множество объектов из сборных CLT-панелей или с применением LVL-бруса. Это, например, жилой комплекс «Vélizy Morane Saulnier Apartments», построенный в 2021 году в столичном французском регионе Иль-де-Франс. Архитекторам компании DREAM удалось, объединившись с высоко-

квалифицированными инженерами, добиться предельного снижения выбросов углекислого газа в расчётном периоде жизненного цикла. За это здание было удостоено знака BBC A – низкоуглеродистого здания. В основном высокой оценке способствовали солнечные панели, установленные на крыше, и клеёная древесина, которая была использована для изготовления перекрытий, наземной части стен и отделки фасада. Даже отходы отработки CLT-панелей после восстановления стали основой балконных напольных покрытий, а для перил был специально разработан инновационный композитный материал Geolam из древесной смолы [20].

Рациональное использование природных ресурсов на этапе эксплуатации зданий связано, прежде всего, с энергосбережением. Самая актуальная проблема известна – это нарушение герметичности оболочки зданий, приводящее к нарушению теплообмена в зимнее и летнее время. Важнейшим методом является *повышение компактности зданий и оптимизация архитектурных и конструктивных решений фасадов* [21]. Одним из интересных примеров комплексного решения такой задачи стал проект жилого комплекса средней этажности «Sue&Til», созданный усилиями трёх архитектурных бюро – ARGE sуетil, Soppelsa Architekten и weberbrunner architekten ag и построенный в городе Винтертуре (Швейцария) в 2018 г. Важно то, что здесь в длинных секционных корпусах предусмотрены одно-, двух-, трех- и четырехкомнатные квартиры класса «эконом» и «комфорт», а также апартаменты для сдачи внаём. Степень компактности комплекса была повышена в результате объединения пяти жилых зданий большим одноуровневым подземным паркингом. Форма здания приобрела изломы в целях создания нескольких уютных дворовых пространств. Конструктивная схема – смешанная каркасно-стенная. В ней подземный паркинг, первые этажи и ядра жесткости – лестнично-лифтовые узлы выполнены из монолитного железобетона, а жилые этажи собраны из клеёных деревянных конструкций – LVL-колонн, CLT-перекрытий, а также стен и перегородок из СИП-панелей. Для облицовки утеплённых вентилируемых фасадов использованы матовые алюминиевые кассеты. Кроме того, в оконных проёмах устроены кинетические солнцезащитные устройства – наружные жалюзи и рулонные шторы [22].

Наглядной иллюстрацией *комплексного подхода в применении средств экологизации проектных решений* стало здание студенческого общежития в городе Вараждин, который является важным университетским центром Хорватии. Новое семиэтажное здание постро-

ено в 2017 г. вплотную к старому студенческому общежитию. Его возведение позволило увеличить существующий номерной фонд на 600 мест. Главная цель проекта – создание комфортных условий для учебы, повседневной жизни, а также содержательного досуга студентов. В здании предусмотрен цокольный этаж, где расположены парковка и инженерные службы, а каждый жилой этаж дополняют общие пространства – террасы. Ключевой экологической задачей проектного решения стало ресурсосбережение. На момент введения в эксплуатацию общежитие «Varaždin» было единственным зданием в Хорватии с самым высоким рейтингом энергоэффективности A+. Такой результат был достигнут за счёт комплексной оснастки, включая самые современные системы управления зданием – BMS – Building Management System. На крыше ресторана и общежития размещены возобновляемые источники энергии – фотоэлектрические элементы. Для нагрева и охлаждения воды используются тепловые насосы, а дождевая вода собирается и применяется для санитарных нужд. Помимо этого, предусмотрена эффективная система мусороудаления с разделением отходов по фракциям и сбором в подземных контейнерах. Все студенческие комнаты, помещения офисной части здания и некоторые зоны общего пользования – места хранения велосипедов и сбора мусора, прачечная, гараж и др. оснащены дверными замками бесконтактного доступа. По сравнению с другими зданиями аналогичной вместимости затраты на электроэнергию уменьшены в 5 раз и в 7 раз снижено углеродное загрязнение окружающей среды [23].

Обсуждение. Приведённые выше примеры – малая часть исследования, для которого были отобраны, а затем проанализированы и систематизированы жилые объекты – многоквартирные здания и комплексы, а также общежития, построенные в России, в некоторых европейских странах (Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Испания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Украина, Франция, Хорватия, Чехия и Швейцария), в Азии (Израиль, Индия, Китай, Сингапур, Таиланд, Япония), Америке (Бразилия, Мексика, США, Чили), а также в Австралии.

Детальное изучение контента позволило убедиться в том, что достичь максимального эффекта – предельного снижения антропогенного давления зданий на окружающую среду можно только при использовании системы взаимодополняющих мероприятий, учитывающих полный жизненный цикл зданий. Конечно,

разрозненное применение градостроительных, объёмно-планировочных, конструктивных и инженерных средств даёт определённый ресурсосберегающий эффект. Однако если главной целью становится максимально возможное снижение экологического следа, то необходимо стремиться к внедрению в проектные решения комплексных подходов и наилучших технологий, которые доступны в определённой ситуации.

Выводы. На протяжении ряда десятилетий в России экологическое направление укрепляло свои позиции в определении требований к среде жизнедеятельности в целом и к объектам недвижимости в частности. Несмотря на это, целостная система методов снижения антропогенного воздействия поселений и зданий на окружающую среду остаётся «белым пятном» российской архитектурной науки. Её отсутствие усугубляется инертностью разработок внедрения отечественных технологий, адаптированных к специфическим условиям регионов, гарантирующих функционирование зданий в режиме, который оптимален для долгосрочного поддержания их комфортности, а также для продления срока их безопасной и надёжной эксплуатации.

Обобщение этих и других результатов исследования позволяет сформулировать ряд *принципов*, прямо или косвенно связанных с учётом экологических факторов. К наиболее значимым предлагается отнести следующие:

- отказ от строительства на новых площадках («гринфилды») при наличии требующих редевелопмента уже освоенных участков городской среды («браунфилды»);
- приоритет применения градостроительных средств, способствующих улучшению работы и развитию общественного и экологического транспорта;
- рациональное использование земельного участка и целенаправленная оптимизация плотности застройки на основании многофакторной оценки;
- компактность формообразования отдельных зданий и внедрение конструктивных решений, препятствующих возникновению тепловых мостов;
- трёхмерное функциональное зонирование (активное использование подземного пространства, верхних этажей и крыш);
- ресурсосбережение при строительстве и эксплуатации объектов (оптимальные конструктивные и отделочные материалы, энергоэффективное инженерное оборудование, технологии замкнутого цикла, альтернативные ресурсы);
- применение сертифицированных природных и местных материалов.

К сожалению, внедрение этих принципов в практику замедлено в связи с наличием некоторых обстоятельств. В частности, к проблемным вопросам относится то, что инженерные задачи проектирования до сих пор считаются прерогативой специалистов смежных – инженерных направлений, а значительная часть архитекторов не владеет актуальными профессиональными знаниями в области архитектурной экологии, которые помогают принимать самые эффективные решения. Между тем многочисленные успешные архитектурные эксперименты, часть которых была изучена в данном исследовании, позволяют сделать вывод о постепенном сближении задач зодчих и инженеров и о необходимости интеграции их усилий для совместного поиска итоговых проектных моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаврилов О.Е., Витюк Е.Ю. Принципы формирования архитектурного объекта как устойчивой системы // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2021. Т. 1. С. 108–114.
2. Манюшиц А.Ю., Бобылев С.Н., Кавтарадзе Д.Н., Цедилин А.Н. Экосистема устойчивого развития: глобальный вызов и стратегический тренд XXI столетия // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 235. № 3. С. 315–336. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-235-3-315-336.
3. Громилини Э.А. Индикаторы устойчивого развития в анализе архитектурно-планировочной структуры // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 2. С. 111–116. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.16.
4. Амер А.С.А., Норенков С.В. Принципы морфологии типогенеза экоустойчивой архитектуры «растущего» жилища (на примере России и Египта) // Приволжский научный журнал. 2019. № 2 (50). С. 113–121.
5. Войлошникова О.М., Казанцев П.А., Савостенко В.А. Концептуальные особенности нового поколения зеленых стандартов и их влияние на архитектурную среду // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2018. № 3. С. 227–232.
6. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. «Зеленая» стандартизация технологий формирования природоподобной среды жизнедеятельности // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 5 (116). С. 558–567. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.558-567.
7. Вавилова Т.Я. Обзор современных зарубежных концепций экологизации среды жизнедеятельности // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 3 (36). С. 113–125. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.15.
8. Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 6 (47). С. 9–24.

9. Vavilova T.Ya. Alternative Scenarios for Sustainable Redevelopment of Soviet Industrial Brownfields in Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020). 6th–9th October 2020. Russky Island, Russia. 2021. P. 022053. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/2/022053

10. ЖК «Воробьев дом» [Электронный ресурс]. URL: <https://archi.ru/projects/russia/8928/zhk-vorobev-dom> (дата обращения: 23.11.2022).

11. De Werf Residential Complex / OZ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/934050/de-werf-residential-complex-oz> (дата обращения: 09.11.2022).

12. Никишин С.А., Сухина Е.А., Дядченко С.Ф. Проблемы организации и развития инфраструктуры для экологичных видов транспорта в России // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12. № 2 (47). С. 175–185. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.22.

13. Frankfurter Tor Student Apartments / GBP Architekten [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/936844/frankfurter-tor-student-apartments-gbp-architekten> (дата обращения: 01.11.2022).

14. Student House Holešovice / Pavel Hnilicka Architekti [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/971958/student-house-holesovice-pavel-hnilicka-architekti?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 09.11.2022).

15. Веретенников Д.Б., Козлова М.А. «Вертикальный город» как основа концепции динамического вертикального урбанизма // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12. № 1 (46). С. 61–67. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.7.

16. O6ALOT Housing / SAM Architecture + Querkraft [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/932744/o6a-lot-housing-sam-architecture-plus-querkraft> (дата обращения: 01.11.2021).

17. Генералова Е.М., Генералов В.П. Современные особенности формирования архитектурного облика зданий из сборного железобетона // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12. № 2 (47). С. 83–97. DOI: 10.17673/10.17673/Vestnik.2022.02.12.

18. Grønneviksøren Student Apartments / 3RW Arkitekter [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/586716/gronneviksoren-student-apartments-3rw-arkitekter> (дата обращения: 01.12.2021).

19. Ильвицкая С.В., Лобков В.А., Лобкова Т.В. Натуральные материалы в «зеленой» архитектуре // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 2. С. 130–133.

20. Vélizy Morane Saulnier Apartments / DREAM [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/988399/velizy-morane-saulnier-apartments-dream?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 08.01.2023).

21. Береговой А.М., Басова М.А. Энергоэффективные объемно-планировочные решения зданий //

Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. 2020. № 2 (11). С. 3–7.

22. “sue&til” – New City of Wood Housing / ARGE suetil + weberbrunner architekten ag + Soppelsa Architekten [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/929677/sue-and-til-nil-new-city-of-wood-housing-arge-suetil-plus-weberbrunner-architekten-ag-plus-soppelsa-architekten> (дата обращения: 15.10.2021).

23. Campus Varaždin Student Dormitory / SANGRAD+AVP architects [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/963280/campus-varazdin-student-dormitory-sangrad-plus-avp-architects> (дата обращения: 01.12.2021).

REFERENCES

1. Gavrilov O.E., Vityuk E.Yu. Principles of the formation of an architectural object as a stable system. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU* [New ideas of the new century: materials of the international scientific conference of the FAD TOGU]. 2021, pp. 108–114. (In Russian).

2. Manyushis A.Yu., Bobilev S.N., Kavtaradze D.N., Tsedilin A.N. Ecosystem of Sustainable Development: Global Challenge and Strategic Trend of the 21st Century. *Nauchnye trudy Vol'nogo jekonomicheskogo obshhestva Rossii* [Scientific works of the Free Economic Society of Russia], 2022, vol. 235, № 3. pp. 315–336. (in Russian) DOI: 10.38197/2072-2060-2022-235-3-315-336

3. Gromilina E.A. Indicators of sustainable development in the analysis of architectural and planning structure. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2021, vol. 11, no.2, pp. 111–116. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.16

4. Amer A.S.A., Norenkov S.V. Principles of morphology of the typogenesis of eco-stable architecture of a “growing” dwelling (on the example of Russia and Egypt). *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2019, no.2, pp. 113–121. (in Russian)

5. Voiloshnikova O.M., Kazantsev P.A., Savostenko V.A. Conceptual features of the new generation of green standards and their influence on the architectural environment. *Arhitektura i dizajn: istorija, teorija, innovacii* [Architecture and Design: History, Theory, Innovation], 2018, no.3, pp. 227–232. (in Russian)

6. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. “Green” standardization of technologies for the formation of a nature-like life environment. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2018, vol.13, no.5, pp. 558–567. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.558-567

7. Vavilova T.Ya. Review of Modern Foreign Concepts of Environmental Environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2019, vol. 9. no. 3. pp. 113–125. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.15

8. Yesaulov G.V. Sustainable architecture – from principles to development strategy. *Vestnik Tomskogo go-*

sudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2014, no.6, pp. 9–24. (in Russian)

9. Vavilova T.Ya. Alternative Scenarios for Sustainable Redevelopment of Soviet Industrial Brownfields in Russia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020). 6th–9th October 2020. Russky Island, Russia. 2021. P. 022053. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/2/022053

10. Residential complex “Vorobyov House”. Available at: <https://archi.ru/projects/russia/8928/zhk-vorobevdom> (accessed 23 November 2022).

11. De Werf Residential Complex / OZ. Available at: <https://www.archdaily.com/934050/de-werf-residential-complex-oz> (accessed 09 November 2022).

12. Nikishin S.A., Sukhinina E.A., Dyadchenko S.F. Problems of organization and development of infrastructure for environmentally friendly modes of transport in Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12. no.2. pp. 175–185. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.22

13. Frankfurter Tor Student Apartments / GBP Architeken. Available at: <https://www.archdaily.com/936844/frankfurter-tor-student-apartments-gbp-architeken> (accessed 11 October 2022).

14. Student House Holešovice / Pavel Hnilicka Architekti. Available at: https://www.archdaily.com/971958/student-house-holesovice-pavel-hnilicka-architekti?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed 09 November 2022).

15. Veretennikov DB, Kozlova MA “Vertical City” as the basis of the concept of dynamic vertical urbanism. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol.12. no.1(46). pp.61–67. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.7

16. *ОбА LOT Корпус/SAM архитектура + Querkraft*. Available at: <https://www.archdaily.com/932744/oba-lot-housing-sam-architecture-plus-querkraft> (accessed 01 December 2021).

17. Generalova EM, Generalov V.P. Modern features of the formation of the architectural appearance of buildings from precast reinforced concrete. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12. no. 2. pp. 83–97. (in Russian) DOI: 10.17673/10.17673/Vestnik.2022.02.12

18. Grønneviksøren Student Apartments / 3RW Arkitekter. Available at: <https://www.archdaily.com/586716/gronneviksoren-student-apartments-3rw-arkitekter> (accessed 01 December 2021).

19. Ilvitskaya S.V., Lobkov V.A., Lobkova T.V. Natural materials in “green” architecture. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2019, no.2, pp. 130–133. (in Russian)

20. *Vélizy Morane Saulnier Apartments / DREAM*. Available at: https://www.archdaily.com/988399/velizy-morane-saulnier-apartments-dream?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed 08 January 2023).

21. Beregovoy A.M., Basova M.A. Energy-efficient space-planning solutions of buildings. *Vestnik PGUAS: stroitel'stvo, nauka i obrazovanie* [PGUAS Bulletin: Construction, Science and Education], 2020, no.2, pp. 3–7. (in Russian)

22. “*sue&til*” – New City of Wood Housing / ARGE suetil + weberbrunner architekten ag + Soppelsa Architekten. Available at: <https://www.archdaily.com/929677/sue-and-til-nil-new-city-of-wood-housing-arge-suetil-plus-weberbrunner-architekten-ag-plus-soppelsa-architekten> (accessed 15 October 2021).

23. *Campus Varaždin Student Dormitory / SAN-GRAD+AVP architects*. Available at: <https://www.archdaily.com/963280/campus-varazdin-student-dormitory-sangrad-plus-avp-architects> (accessed 01 December 2021).

Об авторе:

ВАВИЛОВА Татьяна Яновна

кандидат архитектуры, доцент,
профессор кафедры архитектуры жилых и общественных зданий
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: vatatyan63@yandex.ru

VAVILOVA Tatiana Y.

PhD in Architecture, Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair
Academy of Civil Engineering and Architecture
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: vatatyan63@yandex.ru

Для цитирования: Вавилова Т.Я. Актуальные тренды архитектурного проектирования в эпоху устойчивого развития. Часть 1. Учёт экологических факторов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 147–155. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.20.

For citation: Vavilova T.Ya. Current Architectural Design Trends in Times of Sustainable Development. Part 1. Impact of Environmental Factors. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 147–155. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.20.

А. А. КУЗНЕЦОВА

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ ШКОЛ СОВРЕМЕННОГО ПЯТИБОРЬЯ

PECULIARITIES OF ARCHITECTURAL DESIGN OF SPORTS SCHOOLS OF MODERN PENTATHOLE

Архитектурные объекты детской спортивной инфраструктуры испытывают необходимость в переосмыслении функциональной структуры. Существующие объекты морально устарели и не отвечают современным требованиям, а ряд видов спорта не поддерживается советующей инфраструктурой для своего развития. В статье рассматривается вопрос поиска функциональной модели школы современного пятиборья. На основе критического анализа примеров проектирования, статистических данных и действующих нормативных документов предлагается функционально-планировочная модель школы, отвечающей современным спортивным и образовательным критериям. Дано подробное описание функционально-технологической схемы, разработан прототип архитектурного объекта с выявлением характерных элементов, формирующих пространство современной спортивной школы.

The architectural objects of the children's sports infrastructure are in need of a rethinking of the functional structure. The development of sports among schoolchildren is observed throughout the country. The existing facilities are obsolete and do not meet modern requirements, and a number of sports are not supported by the infrastructure for their development. The article deals with the issue of searching for a functional model of the modern pentathlon school. Based on a critical analysis of design examples, statistical data and current regulations, a functional planning model of the school has been developed that meets modern sports and educational criteria. A detailed description of the functional and technological scheme is given, a prototype of an architectural object has been developed with the identification of characteristic elements that form the space of a modern sports school.

Ключевые слова: спорт, архитектура, функциональная структура, архитектура школ, благоустройство

Keywords: sports, architecture, functional structure, school architecture, landscaping

В настоящее время все больше людей придерживаются здорового образа жизни. Правила здорового образа жизни активно продвигаются не только в институте семьи, но и в образовательных организациях и профессиональных школах. Физическая культура – один из предметов, который стремительно развивается. Спорт – это развитие физических, эстетических и нравственных качеств личности, организация общественно-полезной деятельности, досуга детей и подростков, профилактика заболеваний, физическая и психоэмоциональная рекреация и реабилитация, зрелище и коммуникация.

У родителей появляется большой интерес к профессиональным видам спорта для разви-

тия своих детей. Растет спрос к открытию новых спортивных секций, и создание условий для развития спорта является актуальным направлением в архитектурно-строительной отрасли (рис. 1).

Многостороннему развитию подрастающего поколения в спорте способствует современное пятиборье. Это комплексное сочетание пяти спортивных дисциплин, каждая из которых отличается от остальных: бег, плавание, фехтование, стрельба, конкур. Пятиборье – едва ли не единственный вид спорта, созданный специально для Олимпийских игр, хотя неоднократно современное пятиборье предлагали исключить из олимпийской программы, так



Рис. 1. Инфраструктура для занятий спортом

как оно популярно в основном в Европе (где регулярно проходят чемпионаты континента), а в России почти не развивалось [1–3] (рис. 2).

Архитектурное пространство является поддержкой образовательной среды, и созданные архитектурные решения должны быть адаптированы к конкретному виду спорта, чтобы быть эффективными [3].

Реализация профессионального спортивного образования ставит задачу корректировки учебных общеобразовательных планов и программ, развития учебного процесса. Следовательно, перед проектировщиками возникает необходимость нового взгляда на принятие объемно-планировочных решений для данного типа многофункционального спортивного объекта. Грамотная организация пространства должна максимально создавать комфортное пребывание всем возрастным категориям учащихся и преподавателям, способствовать возможности раскрытия спортивного потенциала. В исследовании были проанализированы процентные соотношения существующих спортивных школ и количества детей, занимающихся спортом в крупнейших городах России (рис. 3).

В результате был выявлен рост количества детей, занимающихся спортом, и дефицит спортивных объектов, что не способствует полноценному развитию данной отрасли.

Для формирования комплексного подхода в проектировании спортивных школ необхо-

димо реализовать несколько взаимосвязанных этапов: определение реализуемого спортивного направления, анализ нормативной базы, современных примеров проектирования объектов данной типологической группы, а также проведение учета климатических, экономических и других факторов региона проектирования. На примере школы спортивного пятиборья в исследовании будет рассмотрена методика современного архитектурного проектирования спортивных школ. Предложенный подход к проектированию физкультурно-оздоровительной школы поможет улучшить достижение позитивных результатов в области физической культуры и здоровья школьников, а также в подготовке профессиональных спортсменов в современном пятиборье.

Основополагающими документами в сфере развития детских спортивных школ являются: «Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2020 г. № 3081-р; государственная программа Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта», утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 302. Благодаря данным документам созданы дополнительные правовые условия для развития детско-юношеского, школьного спорта, а также для увеличения числа перспек-



Рис. 2. История развития пятиборья



Рис. 3. Сравнение количества спортивных школ в России

тивных спортсменов и спортивного резерва для спортивных сборных команд Российской Федерации [4]. В документах указано, что на сегодняшний момент необходимы организации с соответствующими условиями для профессионального спортивного образования, в которых существует комплексный подход в системе образования и спортивной подготовки. Школы олимпийского резерва не меняли свою функциональную структуру на протяжении последних десятилетий, назрела необходимость в определении оптимального функционального состава спортивных объектов. С этой целью были проанализированы примеры проектирования спортивных школ в азиатских странах, где идет активное развитие в данной проектной отрасли [4, 5].

Affiliated School of Zhejiang Normal College построена в 2018 г. в Ханчжоу, Китай. Проект запланирован как спортивная школа на 36 классов. Здание является связующим звеном между различными функциями и зонами. Взаимодействие участников обучения существует не только в классе, но и на всей территории школы. Весь первый этаж основной учебной зоны состоит из общественного пространства и трех лекционных залов разного размера. Вспомогательные помещения, такие как специализированные классы, библиотеки и лекционные залы, расположены на восточной стороне и тесно связаны с обычными классами. Вспомогательные помещения для занятий являются общедоступными, это столовая, крытая спортивная арена и учительские, которые расположены с северной и южной стороны школы с удобным транспортным сообщением [2, 6–8]. В данном примере спортивные функции представлены бассейном, залом для фехтования и манежем (рис. 4).

Следующим ярким примером спортивных школ является Кампус средней школы Гекчеада. Архитекторы: PAV Architects, год постройки 2019 г. Кампус расположен на острове Гекчеада в Эгейском море. Ось главной улицы, идущая из центра города, переходит в открытую площадь,

окруженную социальными объектами. Кампус средней школы Гекчеада состоит из средней школы, профессионального училища, общежития, спортивного центра, конференц-зала и библиотеки. При проектировании было предусмотрено, что учебные пространства будут совместно использоваться учащимися старших классов и учащимися профессиональных училищ, чтобы улучшить взаимодействие между обучаемыми и учителями [3, 9–13].

Невысокие учебные корпуса с разными точками доступа группируются вокруг дворов и полукрытых пространств. Фрагментированная организация пространства продолжается внутри помещений за счет ниш в коридорах для неформальных встреч и общественных уголков, террас и галерейных пространств, в результате чего обучение продолжается и вне классной комнаты.

Общие зоны, художественные и музыкальные комнаты, лаборатории, мастерские, кафетерий создают пронизываемый первый этаж, который полностью остеклен и имеет сквозной проход через дворы [14, 15]. Большие объемы, такие как спортивный центр и конференц-зал, наполовину заглублены в результате разницы уровней, чтобы поддерживать среду человеческого масштаба по отношению к окружающей среде (рис. 5).

Концепцией современной спортивной школы является взаимодействие объемов различных функций, создающих гармоничную среду для человека. Объем каждого корпуса складывается в единое здание с помощью коридоров и рекреаций, уменьшая громоздкость и выглядя живым и привлекательным. Форма большинства зданий использует перетекающее пространство для разных потоков на разных уровнях.

Спортивные школы включают в образовательную структуру все три образовательные ступени (начальную, среднюю и старшую), что обеспечивает постепенную комплексную подготовку и преемственность в любом виде спорта, в том числе в пятиборье.



Рис. 4. Средняя школа со спортивным уклоном в Ханчжоу [2]



Рис. 5. Кампус средней школы Гекчеада [4]

В спортивной школе по современному пятиборью происходит подготовка по всем видам дисциплин, входящих в программу. Для их освоения необходимы такие площадки, как: беговая дорожка для дистанции в 3 км, манеж для конкура площадью 2500 м², маршрут должен быть протяженностью в 350–450 м и состоять из 12 препятствий, бассейн не менее 25 м для дистанции 200 м, зал для фехтования, стрелковый тир. Для данных целей на объекте должен быть отдельный спортивный блок с бассейном, тиром для стрельбы, залом для фехтования и большим спортивным залом, а также конно-спортивный корпус на 10 лошадей с закрытым и открытым манежем. На основании функционального анализа были выявлены следующие неотъемлемые элементы внутренней структуры: атриумы, огород на крыше, технические помещения в подземном уровне здания, помещения для временного или постоянного проживания (общежитие), помещения учебного блока. В объемно-планировочном решении спортивные школы – это здания переменной этажности, но не более пяти этажей. В подземном уровне комплекса могут размещаться тир и технические помещения. На первом этаже в основном располагаются входная группа, помещения кухни, столовой, общежитие, учебные блоки, спортивный зал и бассейн, помещения обслуживания. Второй этаж включает в себя в основном учебные помещения, рекреационные зоны, форум, зрительный зал. На последующих этажах расположены учебные помещения. На основе современных примеров проектирования выявлены основные функциональные блоки: вестибюльная группа, помещения спортивного блока, общежитие, помещения пищеблока, учебные помещения для младшей, средней и старшей школы, общешкольные помещения, административные помещения, а также помещения конюшни (рис. 6).

Объединение помещений в три основных функциональных блока позволяет организо-

вать рациональную планировочную структуру, в которой практически отсутствуют планировочные ограничения. Так, событийный блок (атриум) объединяет помещения учебного назначения, библиотеки, коворкинга, зрительного зала, административные помещения и входной блок. В отдельный блок объединены все спортивные помещения, а помещения общежития формируют жилой блок. Развитая функциональная структура спортивной школы позволяет использовать данный объект как акселератор в спортивной индустрии крупного региона.

Данный объект архитектурного проектирования является строго регламентируемым, что сказывается на соблюдении строгой ориентации помещений, высоте этаже, внутренней отделке и т. д. Высота подземного этажа должна быть не менее 2700 мм, остальных этажей – от 3000 до 3900 мм. Коммуникации в здании рекомендуется осуществлять за счет коридоров и рекреаций таким образом, что этажи учебных корпусов были изолированы и не являлись проходными, но в то же время блоки будут взаимодействовать через общественную зону. Вертикальные коммуникационные связи могут осуществляться с помощью лестниц в атриуме, при входе, по эвакуационным лестницам из каждого блока, а также при помощи пассажирских лифтов. На каждом этаже блоков для горизонтальных коммуникаций предусмотрены рекреации для отдыха и социального взаимодействия.

Комбинаторика образовательных, спортивных функций, а также условий для временного проживания спортсменов, тренеров и учителей позволяет повысить уровень спортивной подготовки будущего чемпиона без отрыва от получения общего образования. Помимо основного блока школы на участке, как упоминалось ранее, должен находиться денник для лошадей, манеж и открытый стадион. Блочная структура основного здания позволяет

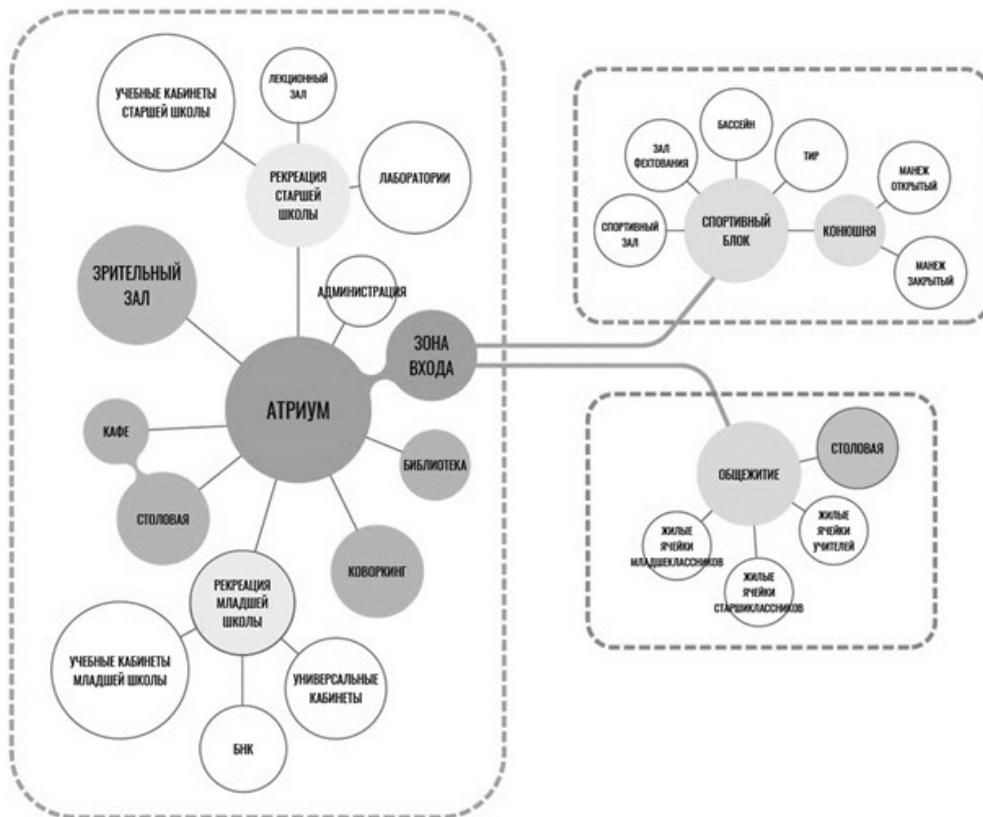


Рис. 6. Пример функционально-технологической схемы школы современного пятиборья

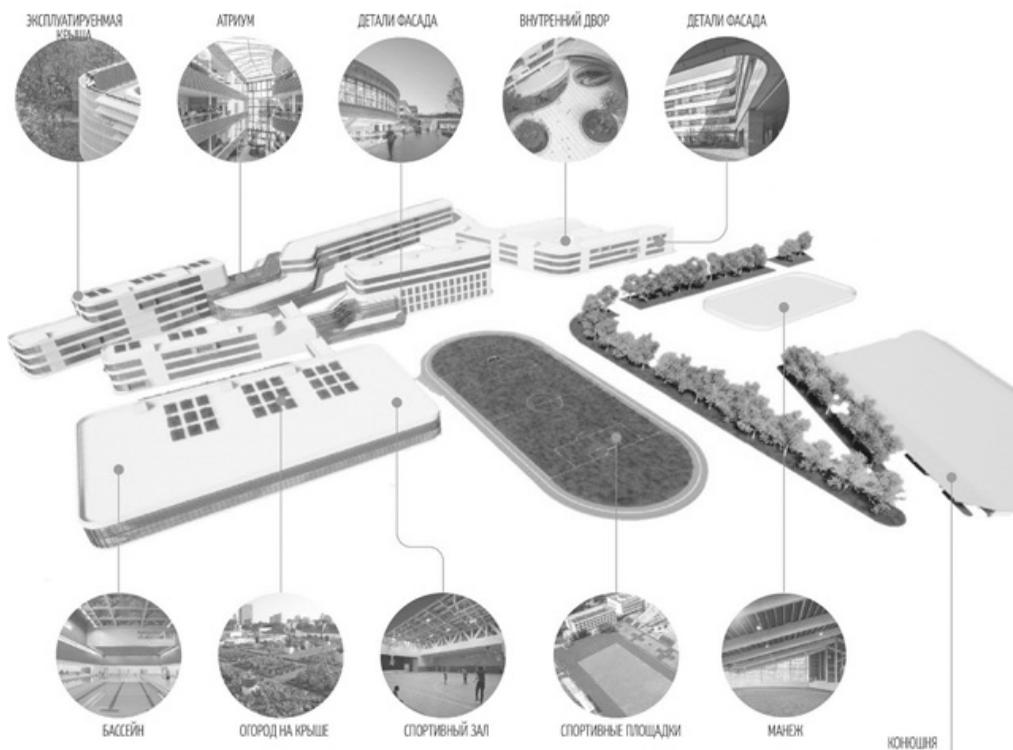


Рис. 7. Пример объемно-планировочного решения спортивной школы современного пятиборья

минимально использовать площадь участка, разгруппированные выходы используются для доступа к объектам спортивной инфраструктуры по кратчайшему пути взаимодействия. Также в современных проектах нельзя не уделять внимания принципам бережливого и энергосберегающего потребления энергии и ресурсов окружающей среды. В объектах спортивных школ могут быть устроены огороды на эксплуатируемых кровлях, фасады с фотохроматическими элементами, энергосберегающее остекление и т. д. (рис. 7).

В результате проведенного исследования можно сделать **вывод** о том, что спортивная школа по современному пятиборью – это сложный многофункциональный объект. Для полноценной подготовки в данном виде спорта недостаточно наличия только спортивных функций. Важно грамотное включение каждой из них в структуру спортивного объекта. В работе было выявлено, что большинство спортивных функций для современного пятиборья расположены в разных спортивных объектах, находящихся на значительном удалении друг от друга. Доступность до отдельных функций бывает затруднена, особенно в крупных городах в связи с автомобильным трафиком. Помимо этого, получение среднего образования происходит в школьном здании и часто расписание уроков совпадает с расписанием спортивных занятий. Создание единого многофункционального объекта, включающего в себя все функции, необходимые не только для спортивной подготовки, но и для проживания и обучения, позволит получать стабильные результаты в спортивной сфере без потери качества освоения среднего образования. Расположение многофункциональной спортивной школы предпочтительно на периферии городской среды. Также спортивный объект такого уровня повысит инвестиционную привлекательность региона, уровень спортивной культуры подрастающего поколения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шанхайская школа Томаса. T]AD [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/927103/shanghai-thomas-school-tjad?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (дата обращения: 10.10.2022).
2. Шанхайская объединенная международная школа [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/929553/shanghai-united-international-school-shixian-architects?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (дата обращения: 10.10.2022).
3. Клочко А.Р. Развитие архитектуры школьных зданий / А.Р. Клочко, Е.И. Коровина [Электронный ресурс]. URL: https://marhi.ru/AMIT/2017/2kvart17/PDF/08_AMIT_39_KLOCHKO_KOROVINA_PDF.pdf (дата обращения: 10.10.2022).
4. Школа Шэньчжэня Юньхай / AUBE CONCEPTION [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/937562/shenzhen-yunhai-school-aube-conception?ad_medium=widget&ad_name=more-from-office-article-show (дата обращения: 10.10.2022).
5. Конный центр [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/598648/equestrian-centre-carlos-castanheira-and-clara-bastai?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (дата обращения: 10.10.2022).
6. Рекомендации по проектированию окружающей среды, зданий и сооружений с учетом потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения. Вып. 2. Градостроительные требования. М.: ГП ЦПП, 1996.
7. Европейские медиатеки и библиотеки [Электронный ресурс]. URL: <https://www.polkstanleywilcox.com/libraries> (дата обращения: 10.10.2022).
8. Кузнецова А.А., Жданова И.В., Воронина И.И. Архитектура 20 века как строитель общества // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2020. Т. 22. № 72. С. 72–77.
9. Кузнецова А.А., Жданова И.В., Уварова П.О. К вопросу о дошкольных общеобразовательных организациях для детей с особенностями здоровья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2020. Т. 22. № 72. С. 27–32.
10. Кузнецова А.А., Жданова И.В., Малышева Е.В. Формирование эстетически-комфортной среды образовательных организаций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2018. Т. 20. № 2. С. 81–88.
11. Международные спортивные программы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/counterterrorism/ru/sport-and-security-programme> (дата обращения: 10.10.2022).
12. О повышении роли физической культуры и спорта в формировании здорового образа жизни россиян. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/21920> (дата обращения: 10.10.2022).
13. Актуальные нормативные документы [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551889187> (дата обращения: 10.10.2022).
14. Калинин Н.А., Малышева Е.В. Особенности устойчивого развития паркингов // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4 (25). С. 103–106. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.19.
15. Vavilova T.Ya., Potienko N.D., Zhdanova I.V. On modernization of capital construction projects in the context of sustainable development of social sphere // Procedia engineering. 2016. vol. 153. pp. 938–943.

REFERENCES

1. *Shankhayskaya shkola Tomasa. TJAD* [Shanghai Thomas School. TJAD]. Available at: https://www.archdaily.com/927103/shanghai-thomas-school-tjad?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (accessed 10 October 2022).
2. *Shankhayskaya ob'edinenennaya mezhdunarodnaya shkola* [Shanghai United International School]. Available at: https://www.archdaily.com/929553/shanghai-united-international-school-shixian-architects?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (accessed 10 October 2022).
3. Klochko A.R., Korovina E.I. *Razvitie arkhitektury shkol'nykh zdaniy* [School Building Architecture Development]. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2017/2k-vart17/PDF/08_AMIT_39_KLOCHKO_KOROVINA_PDF.pdf (accessed 10 October 2022).
4. *Shkola Shen'chzhennya Yun'khay. AUBE CONCEPTION* [Shenzhen Yunhai School. AUBE CONCEPTION]. Available at: https://www.archdaily.com/937562/shenzhen-yunhai-school-aube-conception?ad_medium=widget&ad_name=more-from-office-article-show (accessed 10 October 2022).
5. *Konnyy tsentr* [Equestrian Center]. Available at: https://www.archdaily.com/598648/equestrian-centre-carlos-castanheira-and-clara-bastai?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (accessed 10 October 2022).
6. Recommendations for the design of the environment, buildings and structures taking into account the needs of people with disabilities and other people with limited mobility. Vol. 2. Urban Planning Requirements. Moscow, GP TsPP, 1996. (In Russian).
7. *Evropeyskie mediateki i biblioteki* [European Media Libraries]. Available at: <https://www.polkstanleywilcox.com/libraries> (accessed 10 October 2022).
8. Kuznetsova A.A., Zhdanova I.V., Voronina I.I. Architecture of the 20th century as a builder of society. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Sotsial'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanities, life sciences], 2020, V.22, no.72, pp.72–77. (in Russian)
9. Kuznetsova A.A., Zhdanova I.V., Uvarova P.O. On the issue of preschool educational organizations for children with disabilities. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Sotsial'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanities, life sciences], 2020, V.22, no.72, pp.27–32.
10. Kuznetsova A.A., Zhdanova I.V., Malysheva E.V. Formation of aesthetically comfortable environment of educational organizations. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Sotsial'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanities, life sciences], 2018, V.20, no.2, pp. 81–88.
11. *Mezhdunarodnye sportivnye programmy* [International Sports Programs]. Available at: <https://www.un.org/counterterrorism/ru/sport-and-security-programme> (accessed 10 October 2022).
12. *O povyshenii roli fizicheskoy kul'tury i sporta v formirovanii zdorovogo obraza zhizni rossiyan* [On increasing the role of physical culture and sports in the formation of a healthy lifestyle of Russians]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/21920> (accessed 10 October 2022).
13. *Aktual'nye normativnye dokumenty* [Current regulatory documents]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/551889187> (accessed 10 October 2022).
14. Kalinkina N.A., Malysheva E.V. Features of the sustainable development of parking lots. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2016, no.4, pp.103–106. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.19
15. Vavilova T.Ya., Potienko N.D., Zhdanova I.V. On modernization of capital construction projects in the context of sustainable development of social sphere. *Procedia engineering*, 2016, V.153, pp.938–943.

Об авторе:

КУЗНЕЦОВА Анна Андреевна

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: amore_86@mail.ru

KUZNETSOVA Anna

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, str. Molodogvardeyskaya, 244 E-mail: amore_86@mail.ru

Для цитирования: Кузнецова А.А. Особенности архитектурного проектирования спортивных школ современного пятиборья // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 156–162. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.21.

For citation: Kuznetsova A.A. Peculiarities of Architectural Design of Sports Schools of Modern Pentathole. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 156–162. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.21.



Д. Б. ВЕРЕТЕННИКОВ

ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА
ВЫСОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ
РАЗВИТИЯ «ВЕРТИКАЛЬНОГО ГОРОДА»

TECHNOLOGIES OF PLANNING AND CONSTRUCTION OF HIGH-RISE COMPLEXES
WITHIN THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF «VERTICAL CITY»

Рассмотрены некоторые из основных современных технологий, применяемых в проектировании и строительстве высотных зданий, которые имеют потенциал для развития концепции «вертикального города». Обращено внимание на инновационность в проектировании высотных зданий и вклад в устойчивое развитие их комплексов. Говорится, что благодаря применению современных проектных и строительных технологий в планировании, проектировании и строительстве «вертикальных городов» становится возможной реализация идеи постоянной вертикальной трансформации города и способность его адаптации в ответ на городские преобразования. Обращается внимание на то, что проектирование и строительство небоскребов неизбежно ведет к совершенствованию и развитию соответствующих технологий и компетенций. Сделан вывод о том, что в результате совершенствования строительных технологий, в будущем города будут способны производить более обширный спектр услуг как над поверхностью, так и в урбанизированном подземелье.

Ключевые слова: высотное строительство, многофункциональный комплекс, проектирование и строительство, роботизированный дизайн, открытое строительство, модульное строительство, автоматизация, информационное моделирование

Высотное строительство активно развивается, а вектор его развития направлен на поиск новой типологии небоскребов для формирования комфортной городской среды. Искомая типология высотных зданий направлена на решение таких проблем современности, как стремитель-

The article discusses some of the main modern technologies used in the design and construction of high-rise buildings, which have the potential to develop the concept of a “vertical city”. Attention is drawn to innovativeness in the design of high-rise buildings and the contribution to the sustainable development of their complexes. It is said that thanks to the use of modern design and construction technologies in the planning, design and construction of “vertical cities”, it becomes possible to implement the idea of continuous vertical transformation of the city and the ability to adapt it in response to urban transformations. Attention is drawn to the fact that the design and construction of skyscrapers inevitably leads to the improvement and development of relevant technologies and competencies. It is concluded that as a result of improving building technologies, in the future cities will be able to produce a wider range of services both above the surface and in an urbanized underground.

Keywords: high-rise construction, multifunctional complex, design and construction, robotic design, open construction, modular construction, automation, information modeling

ный рост численности населения, интенсивная урбанизация, рост городских территорий, социальные, политические и экономические трансформации в обществе, изменение климата и деградация окружающей природной среды. Перечисленные проблемы вызывают тревогу

у специалистов в разных областях знаний (архитектура, градостроительство, экономика, социология города, городская антропология, др.) [1]. В последнее время всё чаще ведётся разговор о необходимости пространственной концентрации городской среды по вертикали – «вертикальном урбанизме» («вертикальном городе»), когда «пространственный каркас» города получает новую систему ориентации и отсчета. Происходит формирование города по вертикали, что обеспечивает снижение потребления земельных ресурсов по сравнению с горизонтально рассредоточенным городом.

Современная инновационная концепция строительства «вертикального города» основана на поиске и использовании новых типов высотных зданий, обеспечивающих высокую плотность застройки. Для того чтобы высотные здания стали эффективным средством повышения плотности городской среды, они должны отвечать целому ряду критериев. Ключевыми критериями являются: многофункциональность, повышение качества и уровня жизни горожан; развитие по вертикали городских пространств, традиционно привязанных к наземному уровню, таких как транспортные узлы, пешеходные связи, рекреационные пространства, озеленение и др.; экологичность; энергоэффективность; продвижение технических инноваций.

Современный комплекс высотных зданий должен восприниматься как ориентированное по вертикали продолжение города с его основными функциями. Городские функции – это различные виды деятельности на городской территории: жилье, здравоохранение, торговля различных иерархических уровней и специализации, образование, спорт, культурный досуг, отдых, развлечения и т. д. Основой для формирования и концентрации перечисленных видов деятельности служат городские улицы и площади. Они предназначены для транспортного и пешеходного движения, социальной коммуникации, поверхностного отвода атмосферных вод, прокладки подземных инженерных сетей, аэрации городской территории.

В этой связи большой интерес представляет изучение вопроса о том, как должно происходить формирование «вертикальной городской улицы». Необходим системный анализ для структурирования и выявления особенностей формирования её типологической структуры. Остро встают вопросы, связанные с развитием новых систем вертикального транспорта, разнообразием функциональной нагрузки вертикальных коммуникаций, вариантностью развития сценариев социального взаимодействия, степенью доступности различных элементов общественного обслуживания, безопасностью,

разработкой новаторских конструктивных и технологических решений. Важным фактором является соответствие функциональной структуры и объёмно-планировочного решения местным природно-климатическим условиями, культурным традициям и экономике.

Многофункциональным зданиям отдается предпочтение как наиболее востребованной и перспективной форме застройки, значительно повышающей эффективность использования территории. При этом следует отметить, что многофункциональные высотные башни, насыщенные большим количеством функций, имеют сложно организованную систему вертикальных коммуникаций, что неизбежно отражается на планировочной структуре ядра здания и на поэтажной полезной площади.

Для реализации концепции «вертикального города» требуется интегрированная структура управления проектами, которая обеспечивает непрерывный сбор, обработку и распространение данных в реальном времени. Кроме этого, предполагаемая структура должна охватывать этапы проектирования, производства, логистики, сборки на площадке строительства и управления жизненным циклом высотных зданий. Для управления столь разнородными процессами с огромным банком данных недостаточно объектно-ориентированных технологий. При внедрении перспективных технологий автоматизации и роботизированного производства в процесс высотного строительства требуются интерактивные, проактивные, гибкие версии, во многом основанные на принципах искусственного интеллекта. Рассмотрим некоторые из них.

1. Роботизированный дизайн

Основываясь на совокупном сорокалетнем опыте, термин STCR был впервые определен Бокм и Линнером в 2016 г. [2], которые разделили роботов на подкатегории по типологии, механическим конфигурациям и категориям задач. Single-Task Construction Robots – однозадачные строительные роботы. Первоначальный бум STCR возник в японской строительной отрасли в 1970-х гг. Тенденция перешла в 1980-х гг. к интегрированным фабрикам на стройплощадках [3], однако глобальный интерес начал снижаться, когда практическое применение выявило незрелость систем.

С середины 2010-х гг. значительные достижения в области робототехники привели к возрождению интереса к STCR. Сегодня во многих регионах мира зрелая инфраструктура производства компонентов роботов и сети компаний могут управлять системной интеграцией для

проектирования мест и отраслевых производственных решений. Кроме того, информационные инфраструктуры, например BIM с интеграцией знаний о производстве и механической обработке, в настоящее время развились настолько, чтобы служить в качестве интегрирующей основы, что позволяет координировать роботов на месте с другими удаленными системами. Дополнительными благоприятствующими условиями является более широкое использование сборных конструкций и достижения в области материаловедения. В 1988 г. Бок первым инициировал концепцию роботизированного дизайна (ROD), которая подчеркивала идею, что все параметры здания или комплекса должны быть учтены еще на этапе раннего проектирования и этапе производства. Конструкция здания, инженерные компоненты, метод сборки, выбор оборудования должны быть определены четко геометрически и физически для автоматизации строительства. Томас Бок определил ряд необходимых требова-

ний для успешного внедрения робототехники в строительство (рис. 1, 2) [4–6].

Модульность является одним из главных принципов при использовании STCR. Цифровая инфраструктура позволяет интегрировать STCR в цифровой двойник строительной площадки, упрощая общее планирование, планирование операций, программирование движения и другие процессы. Цифровые съемки могут предоставить информацию о геометрии окружающего городского пространства и материальном составе среды, с которыми STCR взаимодействует. Программные алгоритмы могут обрабатывать колоссальные данные для достижения пространственного распознавания. Технология STCR может работать даже с небольшим количеством доступных данных. Например для робота СІС введение технологии BIM в качестве отраслевого стандарта открывает возможность их взаимодействия [7]. Также технология BIM может служить основой для интегрированной сервисной платформы (ISP) для STCR.

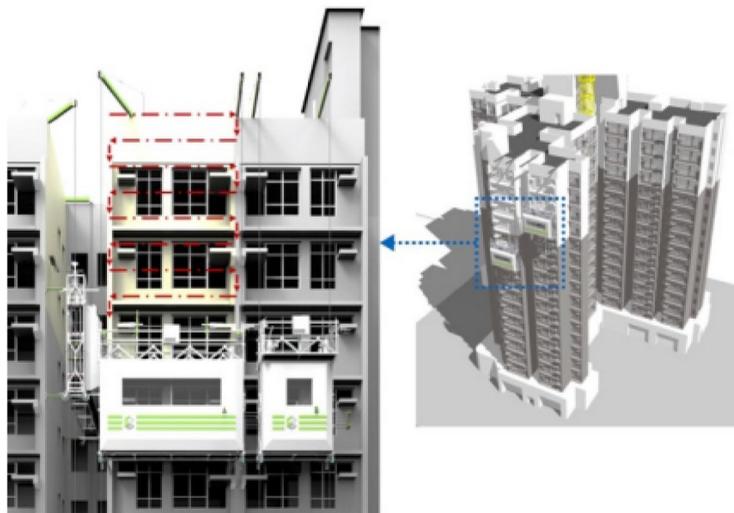


Рис. 1. Робот СІС для обработки фасадов

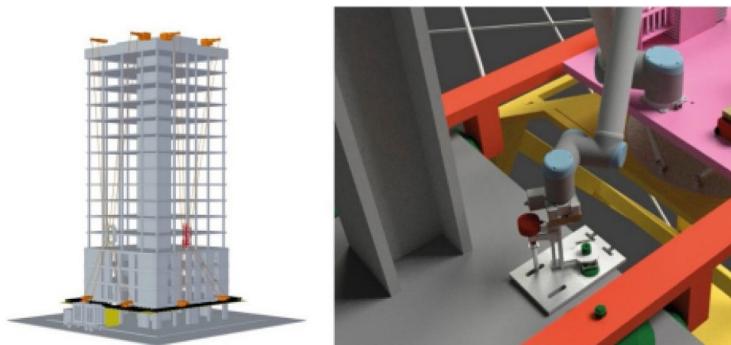


Рис. 2. Робот для установки панелей с тросовым приводом

2. Концепция открытого строительства

Открытое строительство (Open Building) – это междисциплинарный подход к проектированию здания с учетом возможной необходимости изменить или адаптировать здание в течение его жизненного цикла в связи с социальными, экономическими и технологическими изменениями.

Open Building – это многогранная концепция с техническими, организационными и финансовыми решениями для искусственной среды, которая может адаптироваться к меняющимся потребностям. Открытое строительство получило широкое признание как междисциплинарная методология, применяемая в проектировании гражданских зданий и промышленном строительстве. Эта методология поддерживает адаптируемость зданий в соответствии с различными требованиями, так как, будучи важным системным подходом к проектированию и строительству, обеспечивает адаптивность с точки зрения комбинирования строительных компонентов таким образом, чтобы обеспечить оптимальную свободу планировки и последующих трансформаций объекта.

Концепция иерархии уровней является центральной идеей Open Building. Различают три уровня иерархии: «ткань», «опора» (каркас) и «заполнение». Они разделены технологически, но координируются между собой. Более высокие уровни служат обстановкой и контекстом, в котором действуют более низкие уровни. Таким образом, более высокие уровни доминируют над более низкими уровнями, в то время как более низкие уровни, в свою очередь, зависят от структур более высокого уровня. Проектные профессии, со своей стороны, развивались естественным образом в соответ-

ствии с различием уровней (градостроители, архитекторы и дизайнеры интерьеров), каждая из которых работает на своем, четко определенном уровне (рис. 3) [7]. В системе здания идея уровней основана на разделении контроля между каркасом («опорой»), которая не может быть предметом принятия решений отдельным пользователем, и заполнением, которое контролируется отдельным обитателем. Изменения зависят от производства заполнения и принятых при этом решений.

Анализ мощностей – это требовательная практика, лежащая в основе проектирования в Open Building. Вместимость определяется как измеряемое качество базового здания, позволяющее приспособить дальнейшие вариации плана этажа и использовать его в рамках планировочных ограничений данного базового здания [8, 9]. Анализ пропускной способности конкретного здания или градостроительного комплекса характеризует степень свободы технологии Open Building, предлагаемую более высоким уровнем для более низкого уровня. Размеры, положения и интерфейсы более низкого уровня должны быть задействованы в процессе анализа для определения характеристик более высокого уровня. Изучение типов жилых единиц, жилых площадей, образа жизни и демографических условий является основой анализа потенциала города, района или квартала.

3. Модульное строительство

Модульное строительство – это процесс, при котором компоненты здания предварительно изготавливаются на заводе и объединяются в модули, а затем поставляются на строительную площадку для сборки. Это обеспечивает максимальное повышение эффек-

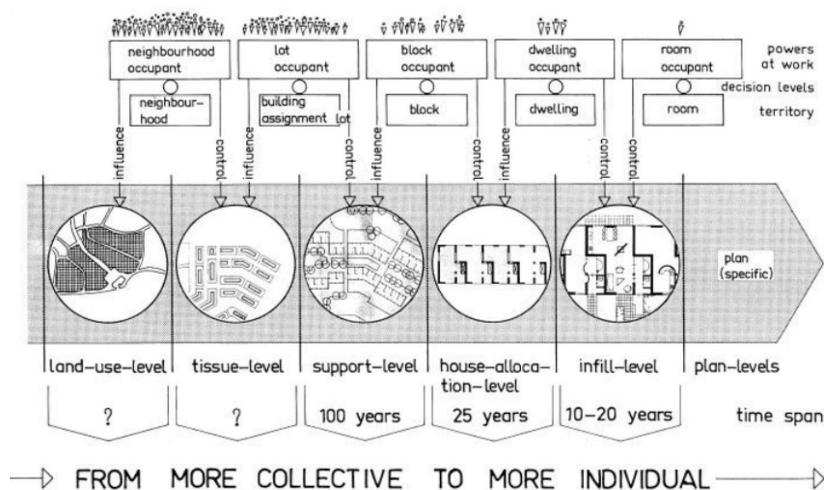


Рис. 3. Принцип уровней по С. Кендаллу

тивности строительства за счет интеграции процессов и технологий проектирования, производства и строительства без ущерба для архитектурной выразительности.

Элементы модульного здания, изготовленные вне площадки, представляют собой либо плоскостные, либо объемные конструкции. Строительство объемных модулей предполагает изготовление отдельных трехмерных замкнутых блоков на заводе, которые затем соединяются на площадке, образуя единое здание. Например, строительство объемных модулей часто используется для возведения многосекционных жилых объектов, как, например, гостиницы, общежития и многоквартирные дома. В зависимости от размера каждая секция может включать один или несколько модулей. К другим примерам объемных конструкций относятся больничные палаты, санузлы и секции лифтовых и лестничных шахт. При строительстве с применением плоскостных модульных конструкций на заводе изготавливаются отдельные сборочные элементы здания, которые затем собираются на площадке (рис. 4) [10].

Модульные объекты могут представлять собой комбинацию объемных и плоскостных элементов; при этом в зависимости от конкретных требований проекта, графика строительства и условий площадки могут использоваться различные комбинации методов строительства на площадке и вне площадки. Общая продолжительность работ и трудозатраты для плоскостных модульных конструкций будут значительно ниже, чем при традиционном строительстве на площадке.

При возведении зданий в Советском Союзе и социалистическом блоке в период 1960–1980-х гг. самым важным фактором была скорость, поэтому здания проектировались примитивных форм в плане от 5 до 9 этажей и не имели отличий от крупнопанельной системы (КПД) (рис. 5) [11]. Между тем одним из выдающихся примеров модульного строитель-

ства в мире является жилой комплекс архитектора Моше Сафди «Хабитат 67» (рис. 6, 7) [12] в Монреале (Канада), который сегодня является памятником архитектуры, доказывая, что архитектура «модульных зданий» не ограничена в рамках прямоугольной конфигурации здания в плане и плоских фасадов.

Для модульного строительства требуется меньше пространства вокруг возводимого здания для проездов техники и складирования материалов, в результате чего строительная площадка занимает меньшую площадь. Поскольку площадочная часть процесса модульного строительства занимает меньше времени, чем традиционные процессы, а также подразумевает привлечение меньшего числа рабочих, меньшего движения транспорта и меньшего объема обработки материалов, это приводит к снижению вмешательства в жизнь близлежащих районов города.

Модульное строительство обеспечивает гибкость, которая позволяет легко адаптировать или модифицировать модульные здания под различные потребности по прошествии некоторого времени после их строительства. Непрерывное развитие в смежных областях (материаловедение, технологии изготовления конструкций, высокоэффективные методы проектирования и строительства) способствует эволюции модульного строительства, делая его все более предпочтительным для достижения целей «концепции тройного критерия» по экологическим, социальным и экономическим показателям. В проектах модульных конструкций можно предусмотреть демонтаж – либо для достижения эко-устойчивости, либо для соблюдения требований проекта в контексте будущего перемещения или смены назначения. Чтобы обеспечить простоту монтажа и возможного демонтажа, проектная группа должна тщательно рассмотреть не только способ соединения модулей друг с другом, но и их сопряжение с компонентами, построенными на площадке,

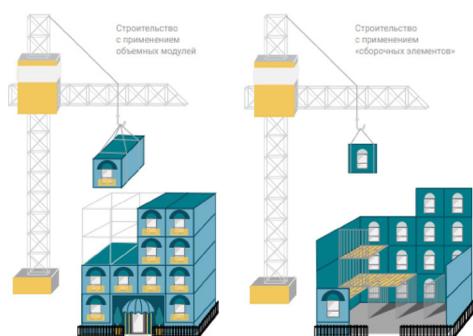


Рис. 4. Схема сборки объемных модулей и сборочных элементов

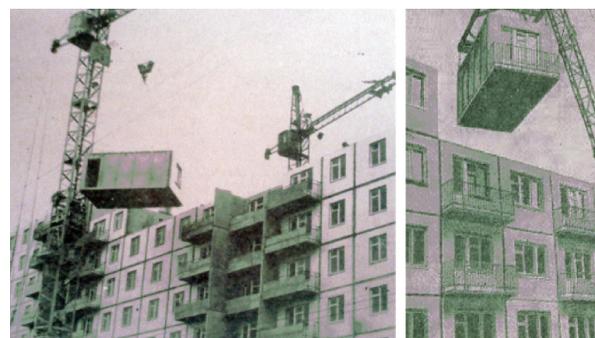


Рис. 5. Сборка модульного жилого дома в СССР

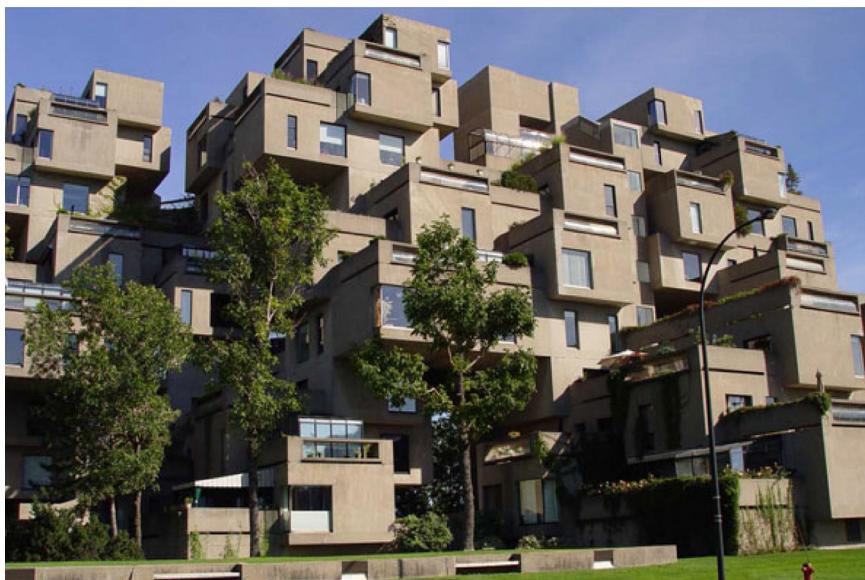


Рис. 6. Хабитат 67. Монреаль, Канада

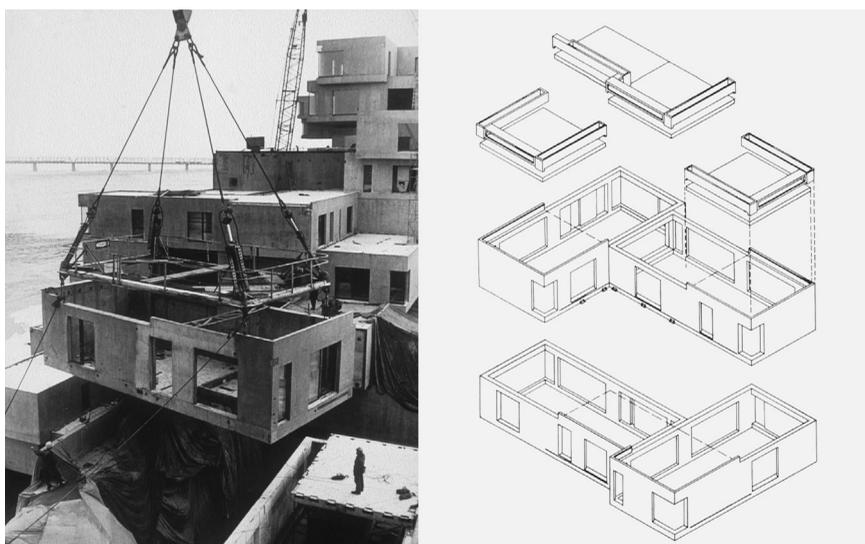


Рис. 7. Сборка жилого комплекса Хабитат 67. Монреаль, Канада

включая фундамент здания, конструктивные элементы, лифтовые и лестничные шахты (для высотных зданий и их комплексов). Тщательная проработка соединения крайне важна для обеспечения огнестойкости, так как необходимо выдерживать предел огнестойкости на всех стыках – как между модулями внутри здания, так и между модулями и фасадной системой. Примером может служить высотное здание 461 Dean Street в Бруклине, Нью-Йорк, США (рис. 8) [13].

Модульное строительство и промышленная сборка призваны сыграть значительную роль в жизненном цикле «вертикального города». Все основные части и компоненты здания изготов-

ливаются на заводе с соблюдением требований концепции открытого строительства для достижения принципа гибкости и устойчивости «вертикального города» на протяжении всего жизненного цикла градостроительного комплекса.

4. Локальная автоматизация

С конца 1980-х гг. японские градостроители начали понимать, что отдача от однозадачных роботов будет ограниченной, если не удастся автоматизировать и интегрировать большую часть строительного процесса. Поэтому они начали изучать применение производственных принципов в строительстве. В системе автоматиза-



Рис. 8. 461 Dean Street в Бруклине, Нью-Йорк, США

ции на объекте есть четыре основных элемента: завод на территории строительной площадки, автоматизированная домкратная система, автоматизированная система транспортировки материалов и централизованная информационная система управления. Большинство строительных заводов на местах используют систему доставки материалов точно в срок, детали или компоненты со штрих-кодом и компьютеризированную систему управления информацией для повышения эффективности и качества строительного процесса. Другие задачи, такие как сварка, покраска и отделка бетона, могут выполняться однозадачными строительными роботами. Кроме того, местный строительный комплекс также может быть адаптирован к процессу деконструкции (демонтажа).

Новые подходы к управлению, расширенные знания о развертывании, интеграции рабочих процессов отдельных роботизированных или автоматизированных приложений, а также цифровое программное обеспечение для управления и контроля рабочими процессами положительно влияют на интеграцию таких систем и повышают их эффективность по сравнению с системами первого поколения, развернутыми в 1980-х гг. Таким образом, разработка и развертывание STCR сегодня, во времена, когда требуется все больше и больше индивидуальности любого продукта, актуальны как никогда [3].

5. Информационное моделирование зданий

BIM – Building Information Modeling, представляет собой технологию информацион-

ного моделирования. Данная технология позволяет моделировать любые строительные объекты, включая здания, железные дороги, мосты, тоннели, порты и многое другое. Сходство BIM и 3D-моделирования заключается в том, что в обоих случаях проект здания выполняется в трехмерном пространстве. Но в отличие от 3D-модели, BIM напрямую связан с базой данных. Такая модель включает в себя не только несущие линии и текстуру материалов, но и другие данные (технологические, экономические и пр.), которые имеют отношение к зданию. Например, BIM учитывает физические характеристики объекта, варианты размещения в пространстве, стоимость каждого кирпича, плафона, трубы.

BIM позволяет представить здание как единый объект, в котором все элементы связаны и взаимозависимы. В случае если какой-то показатель системы изменится, система пересчитает остальные данные. С технологией информационного моделирования, обладая лишь исходными данными объекта без реальных свойств, возможно предсказать будущие свойства и характеристики объекта. Более того, при помощи BIM можно просчитать процессы, которые будут происходить в уже построенном объекте. Происходит это следующим образом: вся информация о здании, материалах, способе его использования, климате и других факторах переносится в цифровой формат, после чего система просчитывает возможные варианты развития событий.

BIM находится на стыке различных дисциплин. С помощью данного метода моделирования в одном проекте можно объединить всеобъемлющие данные по градостроительству,

архитектуре, дизайну, инженерным, экономическим решениям и многое другое, что в комплексе позволяет избежать ошибок, увеличить окупаемость и эффективность проекта. Данные вносятся в соответствии с установленными стандартами, являются точными и обновляются регулярно. Одно из главных преимуществ метода – сокращение времени и расходов со стороны заказчика, а также возможность исправлять и улучшать проект уже на начальных этапах его формирования.

Основным преимуществом внедрения BIM-моделирования является результат работы. Градостроительные объекты, построенные с применением BIM, отличаются хорошим качеством застройки, архитектурой, продуманной инфраструктурой, удобством и безопасностью. Также данная модель позволяет сократить время и расходы на разработку, избежать возможных ошибок при строительстве, рационально распределить человеческий и материальный ресурс. Кроме проектной визуализации и архитектурно-конструкторского этапа проработки с учетом множества составляющих, BIM-технология решает технологические и экономические задачи в будущем рабочем проекте. С ее помощью просчитывается точная смета задолго до старта реального строительства на выбранные материалы, их доставку, доставку готовых конструкций или модульных частей, а также затраты на рабочую силу или роботизированные процессы. Такие расчеты и наглядные сметы позволяют архитекторам сделать объективный выбор, учитывая бюджет и цели объекта, и искать альтернативы, чтобы снизить затраты. Это может касаться как времени закупки материалов, так и выбора экономичных материалов, а также выбора в пользу собранных готовых конструкций или наоборот, 3D-печати на месте. Можно просчитать выгоду роботизированных механизмов, применение дронов. Все задуманное в проекте благодаря оцифрованным данным и программам, умеющим анализировать и подбирать нужное согласно алгоритмам, можно увидеть в четких расчетах и, самое главное, в трехмерной модели, которая «подвижна» и меняется в зависимости от выбора тех или иных компонентов.

Вывод. Представленные технологии, применяемые в проектировании высотных зданий, обладают потенциалом развития концепции проектирования «вертикального города». Обладая инновационностью в проектировании и строительстве высотных зданий, они вносят вклад в устойчивое развитие градостроительных комплексов. Благодаря применению современных проектных и строительных технологий при планировании «вертикальных

городов» становится все более реальной технология постоянной вертикальной трансформации города и способность ее адаптации в ответ на перспективные городские преобразования. В совокупности с другими существующими градостроительными технологиями это позволит создавать комфортную жилую среду в современных мегаполисах не только на «уровне земли», но и гораздо выше или ниже, попутно решая многие из существующих проблем современных мегаполисов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Generalov V.P., Generalova E.M., Kalinkina N.A., Zhdanova I.V. Typological diversity of tall buildings and complexes in relation to their functional structure. E3S Web of Conferences. 2018. Vol.33. С. 01020.
2. Bock T., Linner T. Construction Robots: Elementary Technologies and Single-Task Construction Robots. Cambridge. Cambridge University Press. 2016. V. 3.
3. Linner T. Automated and Robotic Construction: Integrated Automated Construction Sites. Dr.Ing. Dissertation. Germany. Munich. Technical University of Munich. 2013.
4. Bock T. Study on Robot-Oriented Construction and Building System. Dr. Ing. Dissertation. Japan. Tokyo. The University of Tokyo. 1988.
5. Кендалл С. Стратегия открытого строительства для достижения автономии жилых единиц в многоквартирных домах // Жилье и общество. 2004. №31. С. 89–102.
6. Кендалл С., Тейчер Дж. Жилое открытое здание. Лондон. E & FN Spon. 2000.
7. Linner T., Pan W., Hu R., Zhao C., Iturralde K., Taghavi M., Trummer J., Schlandt M., Bock T. A technology management system for the development of single-task construction robot. Construction Innovation. V.20. no.1. pp. 96–111. doi: 10.1108/CI-06-2019-0053
8. Pan W., Ilhan B., Bock T. Process Information Modelling (PIM) Concept for Onsite Construction Management: Hong Kong Case. Periodica Polytechnica Architecture. 2018. V. 49. no. 2.
9. Внедрение открытого здания CIB W104 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.open-building.org/ob/next21.html> (дата обращения: 20.12.2022).
10. Проектирование модульных конструкций [Электронный ресурс]. URL: https://steel-development.ru/images/projects/downloads/Materials_Practice_Guide_Modular_Construction_ru.pdf (дата обращения: 20.12.2022).
11. Сборка модульного жилого дома в СССР [Электронный ресурс]. URL: http://ic.pics.livejournal.com/ostenfor/23543528/51254/51254_original.jpg (дата обращения: 20.12.2022).
12. Жилой комплекс Хабитат-67, взгляд в будущее из прошлого [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/zhiloi-kompleks-habitat-67->

vzgljad-v-budusche-iz-proshlogo.html (дата обращения: 20.12.2022).

13. Атлантик Ярдс – жилой комплекс B2 Bklyn [Электронный ресурс]. URL: <https://archi.ru/projects/world/7471/atlantik-yards-zhiloi-kompleks-461-dean-street> (дата обращения: 20.12.2022).

REFERENCES

1. Generalov V.P., Generalova E.M., Kalinkina N.A., Zhdanova I.V. Typological diversity of tall buildings and complexes in relation to their functional structure. E3S Web of Conferences. 2018. Vol.33. C. 01020.

2. Bock T., Linner T. Construction Robots: Elementary Technologies and Single-Task Construction Robots. Cambridge. Cambridge University Press. 2016. V. 3.

3. Linner T. Automated and Robotic Construction: Integrated Automated Construction Sites. Dr.Ing. Dissertation. Germany. Munich. Technical University of Munich. 2013.

4. Bock T. Study on Robot-Oriented Construction and Building System. Dr. Ing. Dissertation. Japan. Tokyo. The University of Tokyo. 1988.

5. Kendall S. Open Construction Strategy to Achieve Residential Unit Autonomy in Apartment Buildings. *Zhil'e i obshchestvo* [Housing and society], 2004. №31. pp. 89–102. (in Russian)

6. Kendall S, Teicher J. Residential Open Building. London. E & FN Spon. 2000.

7. Linner T., Pan W., Hu R., Zhao C., Iturralde K., Taghavi M., Trummer J., Schlandt M., Bock T. A technology management system for the development of single-task construction robot. Construction Innovation. V.20. no.1. pp. 96–111. DOI: 10.1108/CI-06-2019-0053

8. Pan W., Ilhan B., Bock T. Process Information Modelling (PIM) Concept for Onsite Construction Management: Hong Kong Case. Periodica Polytechnica Architecture. 2018. V. 49. no. 2.

9. Implementation of the CIB W104 open building. Available at: <http://www.open-building.org/ob/next21.html> (accessed 20 December 2022).

10. Design of modular structures. Available at: https://steel-development.ru/images/projects/downloads/Materials_Practice_Guide_Modular_Construction_ru.pdf (accessed 20 December 2022).

11. Assembly of a modular residential building in the USSR. Available at: http://ic.pics.livejournal.com/os-tenfor/23543528/51254/51254_original.jpg (accessed 20 December 2022).

12. Habitat-67 residential complex, a look into the future from the past. Available at: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/zhiloi-kompleks-habitat-67-vzgljad-v-budusche-iz-proshlogo.html> (accessed 20 December 2022).

13. Atlantic Yards – B2 Bklyn housing estate. Available at: <https://archi.ru/projects/world/7471/atlantik-yards-zhiloi-kompleks-461-dean-street> (accessed 20 December 2022).

Об авторе:

ВЕРЕТЕННИКОВ Дмитрий Борисович

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры градостроительства

Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: dbv3@yandex.ru

VERETENNIKOV Dmitrii B.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Urban Planning Chair

Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, . Molodogvardeyskaya str, 244 E-mail: dbv3@yandex.ru

Для цитирования: Веретенников Д.Б. Технологии планирования и строительства высотных комплексов в рамках концепции развития «вертикального города» // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 163–171. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22.

For citation: Veretennikov D.B. Technologies of Planning and Construction of High-Rise Complexes within the Concept of Development of «Vertical City». *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 163–171. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22.

А. В. ЖОГОЛЕВА
А. Н. ТЕРЯГОВА
Е. В. ФРАНК

МЕЖВУЗОВСКИЙ СТУДЕНЧЕСКИЙ КВАРТАЛ В САМАРЕ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

INTERUNIVERSITY STUDENT QUARTER IN SAMARA AS
A BASIS FOR FORMING INNOVATIVE RESEARCH POTENTIAL OF THE REGION

Рассматриваются теоретические и практические аспекты архитектурно-градостроительной и урбанистической трансформации университетских объектов и территорий в открытые межвузовские комплексы. Опираясь на передовые практики, современные исследования и историю формирования самарских вузов, проводится анализ вариабельности территориального размещения элементов межвузовского комплекса «Открытый университет». Описывается трехэтапная проектная концепция создания межвузовского студенческого квартала в срединной зоне Самары. Делаются предположения об эффектах от реализации проектного решения.

Ключевые слова: кампус, университетский комплекс, опорный вуз, инновационный университет, инновационный кластер, устойчивое развитие, коворкинг, бизнес-инкубатор, технопарк, Самарско-Тольяттинская агломерация

В условиях крупного российского города градостроительные аспекты размещения вузов в структуре городских территорий оказывают влияние на эффективность образовательной деятельности, архитектурное развитие и процессы взаимодействия вузов с городской средой. Среди таких аспектов можно выделить: особенности исторического развития вузовских комплексов, их размещение в структуре прилегающих территорий и планировочного каркаса, а также архитектурно-планировочные особенности.

Историко-урбанистические аспекты территориально-пространственного развития университетских комплексов – это эволюционные, растянутые во времени процессы, связанные с открытием и развитием вуза, наращиванием его образовательно-научного потенциала, сопровождающимися преобразованиями городской среды в образовательную, функциональными изменениями использования территорий, урбанистическими трансформациями вузовской и городской среды. Непрерывный

The article discusses the theoretical and practical aspects of architectural, urban planning and urban transformation of university facilities and territories into open interuniversity complexes. Based on best practices, modern research and the history of the formation of Samara universities, the analysis of the variability of territorial placement of elements of the interuniversity complex "Open University" is carried out. A three-stage project concept for the creation of an interuniversity student quarter in the middle zone of Samara is described. Assumptions are made about the effects of the implementation of the design solution.

Keywords: campus, university complexes, reference university, innovative universities, university innovation clusters, sustainable development, technology park, business incubator, Samara-Togliatti agglomeration

научно-технический прогресс, становление той или иной научной отрасли, области знаний влекут за собой социальный заказ на наращивание «мощностей» высшего образования и соответственно архитектурно-градостроительное развитие университетских комплексов. Эти процессы в «идеальных» исторических и урбанистических условиях могли бы происходить планомерно, поступательно. Но история урбанизации университетских комплексов показывает нам примеры зачастую неравномерного, прерывного, скачкообразного развития – слишком много факторов влияния: наличие государственного заказа (в отличие от западных высших учебных заведений учредителем российских вузов в большинстве случаев выступает государство), внутривластные изменения в стране, социально-экономическое развитие региона, стратегическое городское планирование, характер урбанизации городских территорий в целом, социокультурные и демографические условия и пр. [1].

Территориально-пространственные аспекты определяют модели расположения вузов в структуре городских территорий. Можно выделить два основных типа: интегрированный кампус и сопутствующий. Первый подразумевает расположение вуза внутри города, различными планировочными способами включаясь в его среду и застройку. Вторая модель отражает расположение на пригородных территориях, за границами крупных поселений [2]. Расположение университетских комплексов — это один из факторов развития, создающих толчок для архитектурно-пространственного преобразования в том или ином направлении. Вузы в настоящее время стремятся стать центрами инновационного развития регионов и имеют для этого все основания, начиная с образовательной, кадровой базы и заканчивая территориально-пространственными ресурсами. Перечисленные взаимодействия ведут к интеграции данного потенциала в инновационно-исследовательские кластеры. Для современных российских университетов — это основной вектор развития на современном этапе.

Архитектурно-планировочные аспекты. Во многом в зависимости от предыдущих двух аспектов кампусы вузов можно разделить на три основных типа: рассредоточенные, расчлененные и локальные [2]. Рассредоточенные комплексы наиболее характерны для университетских комплексов, имеющих длительную историю развития. Они состоят из отдельных объектов, единично или группами распределенные по всей территории города. А.В. Попов в своей работе [3] указывает, что расчлененные комплексы представляют собой «совокупность групп объектов, расположенных в разных частях поселения или даже за его пределами». Данный тип кампуса также указывает на эволюционные ступени в его развитии — административное объединение нескольких вузов в один более крупный либо, напротив, разукрупнение и выход университета за границы поселения путем организации филиалов и прочих функционально-планировочных единиц. Локальные университетские комплексы, как правило, территориально сконцентрированы и занимают единую обширную территорию. Для таких комплексов изначально на основании целевого решения выделены территории с потенциалом и обширными резервами для дальнейшего развития [4].

В работе предлагается обоснование необходимости создания в Самаре межвузовского университетского кампуса как единой территориально-пространственной, образовательной, социально-коммуникативной и административно-правовой основы, объединяющей корпуса и территории действующих университетов.

Предполагается, что развитие межвузовского кампуса в дисперсной или концентрированной форме может служить мощным драйвером взаимного развития вуза и города.

К началу XXI столетия в Самаре функционировало 8 крупнейших государственных университетов, основанных в первой половине XX в. [5]. Среди них ведущие позиции занимают Самарский государственный университет и Самарский государственный аэрокосмический университет, альянс которых произвел Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, а также Самарский государственный технический университет и Самарский государственный архитектурно-строительный университет, при объединении получившие статус опорного вуза региона. Последствия этих глобальных преобразований — перспективная историческая задача высшего образования в Самаре, насущные же проблемы реорганизаций, с которыми пришлось столкнуться, необходимо решать в режиме реального времени.

В последние десятилетия приоритетной урбанистической задачей стратегического и пространственного развития многих крупных городов на разных континентах становится формирование межвузовской университетской среды по модели «Открытого кампуса», способствующей налаживанию широкого, рассредоточенного по городской территории и эффективного обмена ресурсами — интеллектуальными, культурными, деятельностными, творческими между вузами и городом.

Историко-урбанистические аспекты возникновения и развития вузов Самары в ходе XX столетия определили зачастую внесистемное распределение объектов в структуре города. Именно история крупнейших самарских университетов многое поясняет в характере рассредоточенной структуры их комплексов и кампусов. Старейшим университетом Самары стал нынешний Самарский государственный технический университет (СамГТУ). В 1910 г. Самарское губернское земское собрание единогласно постановило ходатайствовать перед правительством об открытии в Самаре Политехнического института. В Самарской земской управе представители Уфимской, Оренбургской губернии и Ташкентского края единогласно признали, что Самара более других городов подходит для учреждения в ней Политехнического института [6].

Фактически одновременно в октябре 1911 г. был открыт Самарский учительский институт, еще не имевший статуса высшего учебного заведения. Это было единственное в городе среднее специальное учебное заведение, однако в годы Первой мировой войны в Самаре был

эвакуирован из Прибалтики (г. Вильно) Виленский учительский институт, его разместили на площадях Самарского учительского института. Считается, что это учебное заведение стало основой Самарского университета, а его кадровый потенциал имел большое значение для сельскохозяйственного, медицинского, педагогического институтов [7]. Позднее, в годы Великой Отечественной войны в 1942 г. было принято решение создать Куйбышевский авиационный институт, ныне Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (Самарский университет) [8]. Многочисленные преобразования, реорганизации и трансформации определили неоднородность территориально-планировочного размещения структурных подразделений самарских вузов.

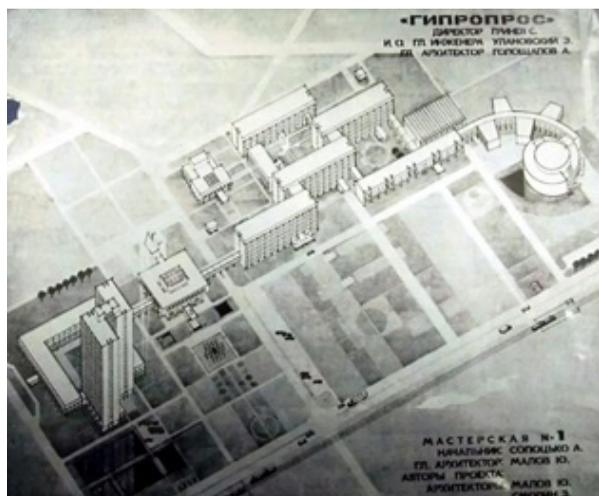
После реструктуризации и объединения два крупнейших вуза Поволжья – СамГТУ и СНИУ им. Королева внимательно анализируют имеющиеся ресурсы территориально-пространственного развития. Для СНИУ им. Королева вопрос пространственной локализации более очевиден, чем для Самарского Политеха. Территории кампусов бывших (объединенных ныне) Самарского государственного университета (СамГУ) [9] и Самарского аэрокосмического университета (СГАУ) имеют территориально-пространственные решения в срединной части города, изначально заложенные в генплан города. Их земельные участки расположены неподалеку, однако между ними находится природный овраг, трамвайная линия. Первые объекты Куйбышевского авиационного института (КуАИ) в 1964 г. проектировали в Москве в Государственном институте проектирования высших учебных заведений.

Затем куйбышевский Промстрой-проект подхватил начинание, спроектировав 5-й и 7-й корпус. Строительством в основном занималась организация Главсредневожскстрой [10], но большая часть кампуса фактически была возведена руками сотен студентов и преподавателей. Под строительство корпусов СамГУ была выделена площадка в срединной зоне города площадью в несколько десятков гектаров. Институтом Гипророс разработан проект планировки территории и корпусов (рис. 1).

Практически одновременно в границах улиц Мичурина, Калужской, Гая и Революционной начал формироваться студенческий квартал Политехнического института. В его составе появились здания общежитий и санаторий-профилакторий. Затем на свободных участках были построены спортивный корпус, бассейн, здание нового общежития. Квартал Политехнического института занял соседствующее положение с корпусами и общежитиями Авиационного института, формируя, таким образом, условия для формирования межвузовского студенческого сообщества.

Современное развитие Самары и Самарско-Тольяттинской агломерации диктует свои урбанистические и территориально-пространственные тенденции размещения объектов высшего образования, в частности идет смещение центров общегородского значения в сторону формирования центров агломерационного значения. К проведению в 2018 г. в Самаре матчей чемпионата мира по футболу в периферийной части города на обширных территориях бывшего Радиоцентра был построен футбольный стадион на 45 тыс. зрителей. Сегодня здесь скла-

а



б



Рис. 1. Комплекс зданий бывшего Самарского государственного университета:
а – проект комплекса [10]; б – существующая градостроительная ситуация

дываются предпосылки для градостроительного формирования центра общегородского значения на периферийных территориях – построен агропарк, идет строительство новых спортивных объектов, планируется размещение автовокзала. В ближайших перспективах Самарского региона планируется строительство межвузовского кампуса «Открытый университет» вместе с жилым микрорайоном со зданием школы. В составе кампуса будут предусмотрены образовательные корпуса IT-направления, здания общежитий для студентов, технопарк.

Несомненно, у этого проекта регионального значения, как градостроительного инструмента формирования нового центра агломерационного значения в структуре периферийных городских территорий, есть сильные стороны. Но если рассматривать эту площадку как элемент территориально-пространственной системы размещения самарских вузов, то нельзя не отметить ее удаление от действующих образовательных комплексов Самары, ее периферийность, что может вызвать сложности интеграции образовательных проектов «Открытого университета» в научно-образовательную деятельность ведущих вузов Самары.

Таким образом, система территориально-пространственного размещения самарских

вузов нуждается в развитии таких ее моделей, которые позволят эффективно использовать имеющиеся, уже сформированные урбанистические, инфраструктурные, образовательные, антропологические ресурсы. Модели городских распределенных студенческих кампусов и кварталов, включенных в центральные районы города, позволяют наладить эффективный обмен ресурсами между городом и университетом, между горожанами и студентами. Предложенный ниже проект студенческого квартала выполнен на основе такой модели.

По заданию Совета Ректоров Самарской области был выполнен проект-концепция межвузовского студенческого квартала в Октябрьском районе Самары. Проектом предполагается охватить ранее описанные территории в границах улиц Ново-Садовой, Московского шоссе, Революционной, Финской. Это и есть район, в котором целые кварталы заняты университетскими комплексами, учебными, жилыми, исследовательскими, спортивными функциями двух университетов – СамГТУ и СНИУ им. Королева (рис. 2). Прилегающие территории используются достаточно интенсивно, жилая застройка повышенной этажности занимает целые кварталы вокруг. Следствием этого является достаточно насыщенный транспорт-



Рис. 2. Территория проектирования.
Цифровые обозначения – деление на отдельные участки проектирования

ный и пешеходный трафик, охватывающий в том числе и земельные участки университетов. В транспортной организации территории необходимо отметить планируемое в 2023 г. строительство участка улицы Авроры между Московским шоссе и Ново-Садовой. Это важное транспортное мероприятие имеет общегородское значение и существенно изменит схему транспортного движения в районе в целом и по студенческим кварталам в частности (рис. 3).

Для объективной оценки ситуации на территории проектирования был проведен социологический опрос и последующий SWOT-анализ. Среди респондентов были не только студенты и преподаватели вузов, но и жители прилегающей разнохарактерной жилой застройки, относящиеся к различным возрастным группам. Участники опроса отмечали, что территория напоминает студенческий городок, что здесь чувствуется дух университетов, однако застройку характеризовали как скучную, не имеющую общественных пространств, мест проведения досуга и активного отдыха для молодёжи. Имеются малолюдные и полузаброшенные участки, по которым небезопасно ходить в темноте время суток.

В проектной концепции студенческого квартала можно выделить три важных этапа.

Первая стадия касается реконструкции пешеходной части городских улиц Врубеля, Лукачева, Революционной, сквера Студенческий, а также небольших участков, принадлежащих университетам и примыкающих к этим улицам. Условное название этой стадии проекта – «Ур-

бан-дизайн», потому что она не подразумевает сложного градостроительного планирования, межевания территорий (рис. 4). На данном этапе предполагается ограничиться средствами благоустройства и дизайна среды. Стадия «Урбан-дизайн» предполагает развитие пешеходной и велосреды участка посредством реализации проекта механизмами программы «Комфортная городская среда» [11, 12]. Ранее внимание разработчиков проекта на данные участки обратили представители администрации Октябрьского района Самары, поставившие задачу их первоочередного благоустройства. Это, на наш взгляд, подтверждает необходимость интеграционных архитектурно-планировочных процессов, включающих развитие велодвижения, благоустройство, арт-дизайн и функциональное наполнение, удобные связи со студенческими и жилыми объектами. Интерес и потребность в урбан-дизайне выбранных участков многосторонни, а возможности по реализации проектов вполне реалистичны. Тем не менее реализация предложений первой стадии не позволит получить целостное решение студенческого квартала, слишком сложный и рассредоточенный участок проектирования, слишком фрагментарными на его фоне могут стать предложения первого этапа.

Вторая стадия – «Планировочная», главной задачей которой является развитие улично-дорожной сети участка для организации транспортного трафика с выходом на вновь проектируемую улицу Авроры. Для этого было

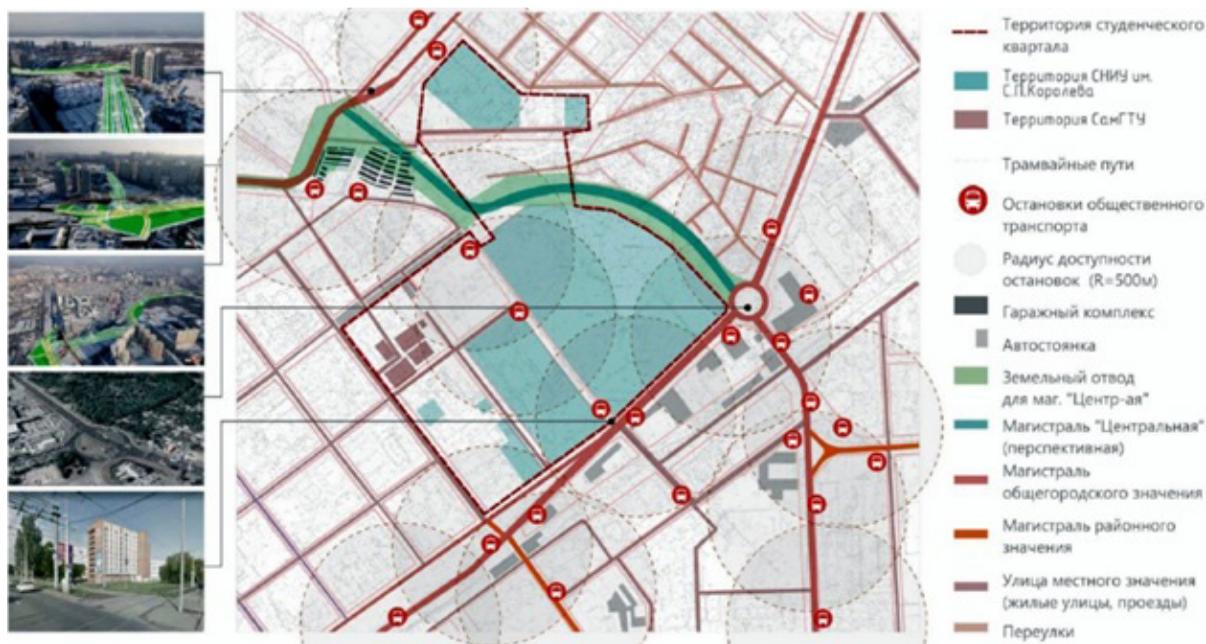


Рис. 3. Схема транспортной организации территории

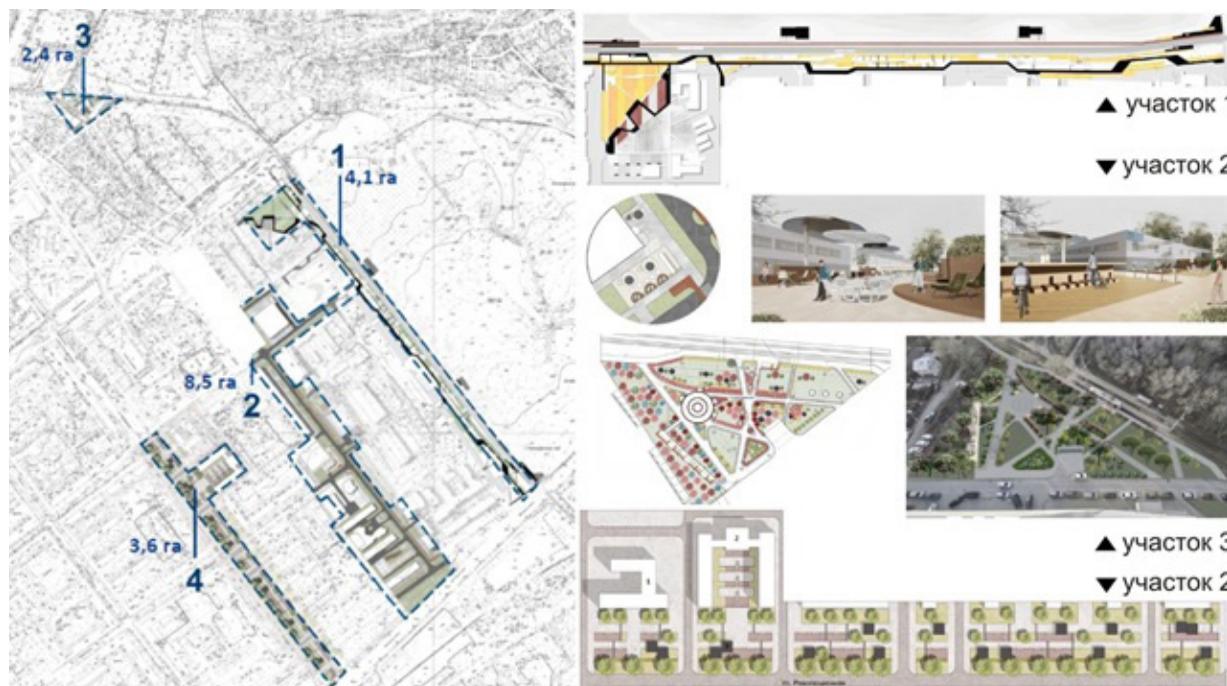


Рис. 4. Первая стадия проекта – «Урбан-дизайн»

разработано проектное решение для основного участка проектирования – квартала в границах улиц Революционной, Гая, Калужской, Мичурина. В настоящее время улица Мичурина не сформирована как единый земельный участок, Калужская не спланирована вовсе, на их месте размещены объекты временного использования – гаражи, стоянки, сараи. Улица Революционная спланирована только до пересечения с улицей Гая, далее она превращается в проулок, на который выходит ветхая частная застройка (рис. 5). На второй стадии необходимо:

- сотрудничество с городскими и региональными властями для решения задач развития улично-дорожной сети;
- участие в программах транспортного развития;
- привлечение застройщиков-инвесторов для выкупа нескольких частных земельных участков вдоль улицы Революционной для последующего расселения усадебной застройки под строительство новых многоквартирных жилых или коммерческих объектов.

Планировка трех улиц позволит исключить транзитное движение автомобилей по студенческому кварталу, обеспечить его функциональное развитие, создать систему бульваров, общественных пространств, существующих и новых объектов «открытого университета». К пространствам бульваров в проекте добавлены зоны отдыха, крытые и открытые павильоны с разными функциями: кафе, коворкинг, досу-

говый, волонтерский кэмп. Жители и гости района также смогут пользоваться этой территорией и прекрасно проводить здесь время.

Третья стадия. Сценарий «Региональная стратегия» включает в себя строительство объектов регионального значения и требует создания консорциума «Регион – город – университет». На этой самой перспективной стадии могут появиться объекты для межвузовской коммуникации – студенческий общественный центр, велопешеходный мост через улицу Авроры, жилые и многофункциональные комплексы, включающие пространственные единицы для студентов и сотрудников вузов.

Территорию Самарского объединённого студенческого квартала сейчас разделяет Постников овраг – естественная преграда, которая препятствует эффективной коммуникации. В скором времени этот барьер будет усилен продлением четырехполосной улицы Авроры, и связь между корпусами станет ещё слабее (рис. 6). В нашем проекте мы предлагаем организовать эту связь, наладить транспортно-пешеходное сообщение, обмен идеями и продуктивное общение. Над улицей Авроры и оврагом мог бы пройти многофункциональный вело-пешеходный мост с включением в него торговых и офисных площадей и функций. Важно организовать участки подключения моста к студенческому кварталу с двух сторон – студенческие площадки и студенческий центр с творческими студиями, коворкингом, конференц-залами.



Рис. 5. Вторая стадия проекта – «Планировочная»

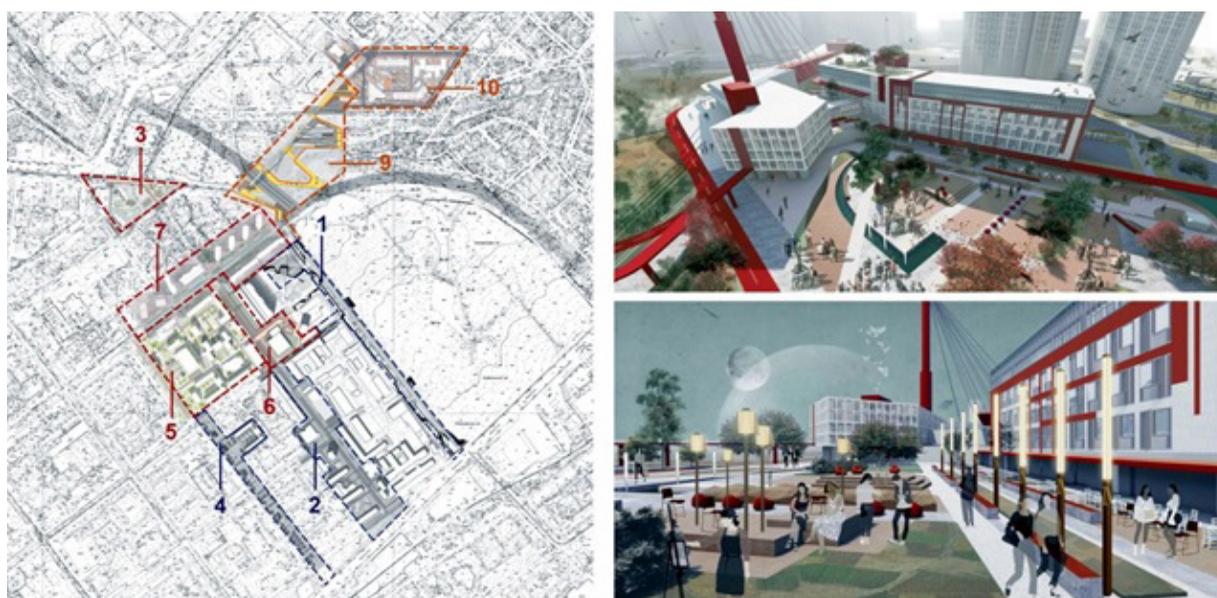


Рис. 6. Третья стадия проекта – «Региональная стратегия»

Тем самым мост и две прилегающие площади могли бы связать территорию кампуса между собой, стать центрами творчества, науки, экономического развития, обмена опытом и общения студентов и жителей всего района в целом. Перспективное развитие межвузовского студенческого квартала предусматривает освоение новых участков под проект студенческого квартала на правом берегу Постникова оврага между учебными и жилыми корпусами СНИУ с развитием жилых, общественных или образовательных функций.

Развитие инновационно-исследовательского потенциала на базе университетов – это путь урбанизации современного крупного города [13]. Взаимодействие студенческих, научно-исследовательских, деловых сообществ – это первый шаг на пути **формирования инновационно-исследовательского потенциала региона.**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Architectural and spatial changing of university complexes and buildings in the reformation stage

of higher education in Russia / E. Akhmedova, A. Zhogoleva, A. Teryagova // MATEC Web of Conferences, Saint-Petersburg, 15–17 ноября 2016 года. Vol. 106. Saint-Petersburg: EDP Sciences, 2017. P. 01010. DOI 10.1051/mateconf/201710601010.

2. Попов А.В., Сыров О.И. Вопросы архитектурно-градостроительной типологии кампусов вузов // Инновации и инвестиции. 2021. № 1. С. 157–161.

3. Попов А.В. Принципы формирования архитектуры студенческого жилища высших учебных заведений: специальность 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности»: дис. ... канд. арх. Нижний Новгород, 2014. 274 с.

4. Зобова М.Г. Современные аспекты архитектурно-градостроительного проектирования университетских кампусов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 3(178). С. 243–248.

5. Жоголева А.В., Тeryагова А.Н. Архитектурно-градостроительные предпосылки развития инновационных университетских кластеров // Научное обозрение. № 9. С. 362–365.

6. Самарский политех. Опорный вуз. История [Электронный ресурс]. URL: <https://samgtu.ru> (дата обращения: 05.02.2023).

7. Храмов Л.В. Рождение Самарского государственного университета Студенческий портал о образовании в Самарской области [Электронный ресурс]. URL: http://universite.ssau.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=295&Ite (дата обращения: 09.02.2023).

8. Самарский университет. История [Электронный ресурс]. URL: <https://ssau.ru/info/history> (дата обращения: 07.02.2023).

9. Волошина О.Б. Из истории становления Самарского университета в первые годы советской власти // История. Историки. Источники. 2019. № 2. С. 34–43.

10. Тюрьма и морская школа: как строили корпуса самарских универов [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/WeniHXfQ5rEP0JwN> (дата обращения: 07.02.2023).

11. Проскурин Г.А., Воронцова О.Н. Опыт реализации проектов в 2017 году в рамках федеральной программы «Комфортная городская среда» // Студенческие научные общества – экономике регионов: сб. материалов Международной молодежной научной конференции, Оренбург, 31 октября 2018 года. Ч. I. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018. С. 80–88.

12. Тeryагова А.Н. Цифровой двойник доступной городской среды в рамках социально-пространственной концепции «Здоровый город» // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, №3. С. 163–169. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.23.

13. Франк Е.В. Моделирование стратегического развития инновационного потенциала опорного вуза региона // Исследование, систематизация, кооперация, развитие, анализ социально-экономи-

ческих систем в области экономики и управления (ИСКРА – 2019): сб. трудов II Всероссийской школы-симпозиума молодых ученых, Симферополь – Судак, 02–04 октября 2019 года / науч. ред. В.М. Ячменева. Симферополь – Судак: Ариал, 2019. С. 276–280.

REFERENCES

1. Architectural and spatial changing of university complexes and buildings in the reformation stage of higher education in Russia / E. Akhmedova, A. Zhogoleva, A. Teryagova. MATEC Web of Conferences, Saint-Petersburg, 15–17 November 2016. V.106. Saint-Petersburg. EDP Sciences. 2017. P.01010. DOI 10.1051/mateconf/201710601010.

2. Popov A.V., Syrova O.I. Issues of architectural and urban planning typology of university campuses. *Innovacii i investicii* [Innovation and Investment], 2021, no.1, pp. 157–161. (in Russian)

3. Popov A.V. *Printsipy formirovaniya arkhitektury studencheskogo zhilishcha vysshikh uchebnykh zavedeniy*. PhD, Diss. [Principles of the Architecture of the Student Housing of Higher Educational Institutions. PhD. Diss.]. Nizhniy Novgorod, 2014. 274 p.

4. Zobova M.G. Modern aspects of architectural and urban planning of university campuses. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University], 2015, no. 3(178), pp. 243–248. (in Russian)

5. Zhogoleva A.V., Teryagova A.N. Architectural and urban planning prerequisites for the development of innovative university clusters. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2015, no.9, pp.362–365. (in Russian)

6. Samara Polytechnic. Pivotal university. History. Available at: <https://samgtu.ru> (accessed 5 February 2023).

7. Khramkov L.V. Birth of Samara State University Studio Portal on Education in Samara Region. Available at: http://universite.ssau.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=295&Ite/ (accessed 9 February 2023).

8. Samara University. History. Available at: <https://ssau.ru/info/history/> (accessed 7 February 2023).

9. Voloshina O.B. From the history of the formation of Samara University in the first years of Soviet power. *Istorija. Istoriki. Istochniki* [History. Historians. Sources], 2019, no. 2. pp. 34–43. (in Russian)

10. Prison and maritime school: how the buildings of Samara universities were built. Available at: <https://dzen.ru/a/WeniHXfQ5rEP0JwN> (accessed 7 February 2023).

11. Proskurin G.A., Vorontsova O.N. Experience in implementing projects in 2017 within the framework of the federal program “Comfortable Urban Environment”. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii, “Studencheskiye nauchnyye obshchestva – ekonomike regionov”* [Student Scientific Societies – Regional Economics: Sat. materials of the International Youth Scientific Conference]. Orenburg, 2018, pp. 80–88. (In Russian).

12. Teryagova A.N. Digital twin of an accessible urban environment within the framework of the co-spatial concept "Healthy City". *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022. vol.12, no.3. pp. 163–169. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.23

13. Frank E.V. Modeling of the strategic development of the innovative tensial of the reference university of the region. *Issledovanie, sistematizacija, kooperacija, razvitie, analiz social'no-jekonomicheskikh sistem v oblasti jekonomiki i upravlenija (ISKRA – 2019): sb. trudov II Vserossijskoj shkoly-simpoziuma molodyh uchenyh* [Research, systematization, cooperation, development, analysis of socio-economic systems in the field of economics and management (ISKRA – 2019): Sat. works of the II All-Russian school-symposium of young scientists]. Simferopol – Sudak, Arial, 2019, pp. 276–280. (In Russian).

Об авторах:

ЖОГОЛЕВА Анна Владимировна

кандидат архитектуры, доцент кафедры градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: annazhogoleva@yandex.ru

ZHOGOLEVA Anna V.

PhD in Architecture, Associate Professor of Urban Planning Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: annazhogoleva@yandex.ru

ТЕРЯГОВА Александра Николаевна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ter_a_n@list.ru

TERYAGOVA Alexandra N.

PhD in Architecture, Associate Professor of Urban Planning Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: ter_a_n@list.ru

ФРАНК Евгений Владимирович

доктор экономических наук, профессор, проректор по развитию кадрового потенциала и воспитательной работе
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: Evgeny-frank@mail.ru

FRANK Evgeny V.

Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Human Resource Development and Educational Work
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: Evgeny-frank@mail.ru

Для цитирования: Жоголева А.В., Тeryагова А.Н., Франк Е.В. Межвузовский студенческий квартал в Самаре как основа формирования инновационно-исследовательского потенциала региона // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 172–180. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.23.

For citation: Zhogoleva A.V., Teryagova A.N., Frank E.V. Interuniversity Student Quarter in Samara as a Basis for Forming Innovative Research Potential of the region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 172–180. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.23.

Д. А. СУГАРОВ

ГРАДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВО ВЛАДИКАВКАЗЕ В XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА

THE URBAN-FORMING ROLE OF INDUSTRY
IN VLADIKAVKAZ IN THE 19th – BEGINNING OF THE 20th CENTURY

Градостроительное развитие городов – процесс сложный, включающий в себя множество факторов и требующий длительного времени. Ответы на вопросы – какую роль в этом процессе занимает историческое развитие промышленности и в какой мере оно способствует его экономическому подъему, социальной обеспеченности, развитию планировочной структуры, облику города и его экологической составляющей – в данном исследовании показаны на примере исторического города Владикавказа.

Ключевые слова: Владикавказ, градостроительство, промышленность, градообразующие факторы, градостроительное развитие города, этапы развития промышленности, планировочная структура города

Введение. Зарождению Владикавказа, его градостроительному формированию способствовал ряд самобытных факторов, присущих исключительно особенностям данной местности и эпохи XIX – начала XX в. Это и политический фактор добровольного присоединения Осетии к Российской империи и расположение на рубеже Северного Кавказа и Закавказья на важнейшем торговом «шёлковом» пути, и, в связи с этим, военный фактор – основание крепости «Владикавказ». Природные условия, исторические события и этно-демографические факторы способствуют преобразованию крепости в город и его ускоренному развитию. Развитие капитализма в России после отмены крепостного права способствовало превращению города в административный центр Терской области и в целом росту городского населения. Улучшению естественного горного дорожного полотна Военно-Грузинского почтового тракта, интенсивному развитию Владикавказа и улучшению инфраструктуры Дарьяльского ущелья способствовала также прокладка железной дороги к городу Ростов-на-Дону. Все это оказывало преобразующее воздействие на сравнительно молодой город Владикавказ.

Развитие промышленности во Владикавказе как фактор его градостроительного формирования. В 1784 г. была заложена крепость «Владикавказ». Вокруг крепости и в ее окрестностях вскоре появился посад, где проживали

Urban development of cities is a complex process that includes many factors and takes a long time. What role does the historical development of industry play in this process and to what extent does it contribute to its economic growth, social security, the development of the planning structure, the appearance of the city and its ecological component? We will try to see the answers to these questions on the example of the historical city of Vladikavkaz.

Keywords: Vladikavkaz, urban planning, industry, city-forming factors, urban development of cities, stages of industrial development, planning structure of the city

и трудились мастеровые, занимающиеся всеми видами ремесла и хозяйственными промыслами.

Такого рода «промышленность» является прежде всего обеспечивающей функцией, необходимой для жизни и активной деятельности военного гарнизона крепости. И на этот период, вплоть до середины XIX в., крепость никак не принимает на себя градообразующие черты. Лишь в дальнейшем на основе всех существующих производственных мастерских здесь стала развиваться легкая промышленность.

К 1860 г. военная функция крепости «Владикавказ» отошла на второй план, крепость получила статус города. Развивается мелкая промышленность кустарного и полукустарного типа. Это повысило авторитет молодого города и существенно укрепило его возможности. Открывающиеся перспективы стимулировали повышение интереса предпринимателей к «освоению» городского рынка Владикавказа, развитию промышленности, строительству учреждений административного назначения, социально-культурной и коммунально-хозяйственной сферы. Здесь поселяется множество купцов и промышленников, развивающих торговлю на рынке и в магазинах, строятся цеха легкой и пищевой промышленности, заводы строительных изделий и отделочных материалов [1]. Политика городских властей была направлена на увеличение численности ремесленников и торговцев, т. е. на интенсивное торго-

во-экономическое развитие Владикавказа. Статус горожанина предоставлялся, прежде всего, лицам, владеющим каким-либо ремеслом или успешно занимающимся торговлей.

Все это привело к тому, что в конце XIX столетия во Владикавказе действовало 88 промышленных предприятий [2]: по переработке местного минерального и лесного сырья; мельницы; лесопилки; спиртоводочные, крахмальные, кирпично-черепичные, известковые, кожевенные, мыловаренные, пивоваренные, маслобойные, свечные заводы; развивалась сельскохозяйственная, металлургическая промышленность. Их совокупный годовой оборот составлял 1 млн 330 тыс. руб. Кроме этого, имелось 898 торговых предприятий [3]. С развитием различных видов производств создавались контролирующие их общества. Немаловажную роль сыграло горнопромышленное общество «Алагир» на преобразование города.

К началу нового века Владикавказ стал самым крупным городом в Терской области. Здесь проживало свыше 50 тыс. человек, а уже в 1915 г. – свыше 75 тыс. [4]. К этому времени Владикавказ был уже вполне сложившимся городом, ведущим центром развития тяжелой и легкой промышленности и городского коммунального хозяйства, средоточием высокой культуры и подлинного просвещения многонационального населения Северного Кавказа. Постепенно и при соблюдении законов творческой преемственности сформировалась историческое архитектурно-планировочное ядро города Владикавказа.

Градостроительные особенности и закономерности размещения промышленных предприятий в планировочной структуре Владикавказа. На основе архивных данных и картографического анализа были выявлены объекты производств Владикавказа на 1911 г. (см. рисунок). Всего на территории города насчитывалось 33 объекта. Выявлено размещение этих объектов в планировочной структуре города.

По планировочному принципу можно подразделить выявленные объекты на два типа: внутригородские (находящиеся непосредственно внутри городской застройки) и приграничные (находящиеся у границ городской застройки). Внутригородские составляют большинство производственных объектов города (32 объекта). Среди них: заводы, фабрики, конторы, типографии, мельницы, пекарни и пр. Все они были небольшие и находились в квартальной застройке города либо приквартальной (мельницы).

Владельцы предприятий в те времена не заботились о проблемах экологии и комфорта граждан. Напомним, что незадолго до появления этих предприятий еще существовал крепостной строй и цена рабочего к началу XX в. все еще стоила гроши. На заводах и фабриках

были тяжелейшие условия труда. Работать приходилось с вредными для здоровья веществами при 12-часовом рабочем дне. При такой дешевой рабочей силе технически совершенствовать предприятия было невыгодно, поэтому максимально использовался ручной труд.

Не существовало какой-либо планировочной системы (генеральный план), программы выделения участков под строительство объектов промышленности. Таким образом, владельцы размещали свои предприятия в экономически выгодных местах города, в основном посреди жилой застройки. Тем не менее при всей стихийности и точности размещения предприятий установлено, что размещение внутригородских объектов промышленности все же происходило по планировочным закономерностям – линейным и узловым.

К линейному построению относятся промышленные объекты при набережной реки Терек и на центральных проспектах и улицах. К набережной выходило 6 мельниц, расположенных здесь с целью большей эффективности, так как стремительно несущимся водам Терека постоянно сопутствовал ветер, спускающийся со склонов горных хребтов. Расположение остальных предприятий, выходящих на набережную реки, было обусловлено необходимостью использования водных ресурсов в технологических целях, а также для утилизации промышленных отходов. Критерием доступности обусловлены те предприятия, которые выходили на центральные улицы и проспекты.

К узловому планировочному построению относятся промышленные объекты при мостах. Разделенные Терек юго-восточная и северо-западная части изначально были объединены деревянными, а вскоре заменены капитальными металлическими и железобетонными мостами. Одним из первых в России железобетонных мостов является изящный трамвайный, а ныне пешеходный мост через реку Терек, введенный в 1903 г. Объединяющий фактор двух берегов города способствовал быстрой доступности рабочего на предприятие в этих местах.

К приграничным предприятиям относилось только одно – Алагирский серебро-цинко-свинцо-химический завод. Располагался он у черты городской застройки, за недавно проложенными путями железнодорожного сообщения. Крайне важна история зарождения и развития этого крупнейшего предприятия для города, республики и России в целом. Для города – как его градообразующий фактор. Для республики – как важный экономический объект. Для России – как единственное предприятие, обеспечивающее Российскую империю ценнейшими цветными металлами.

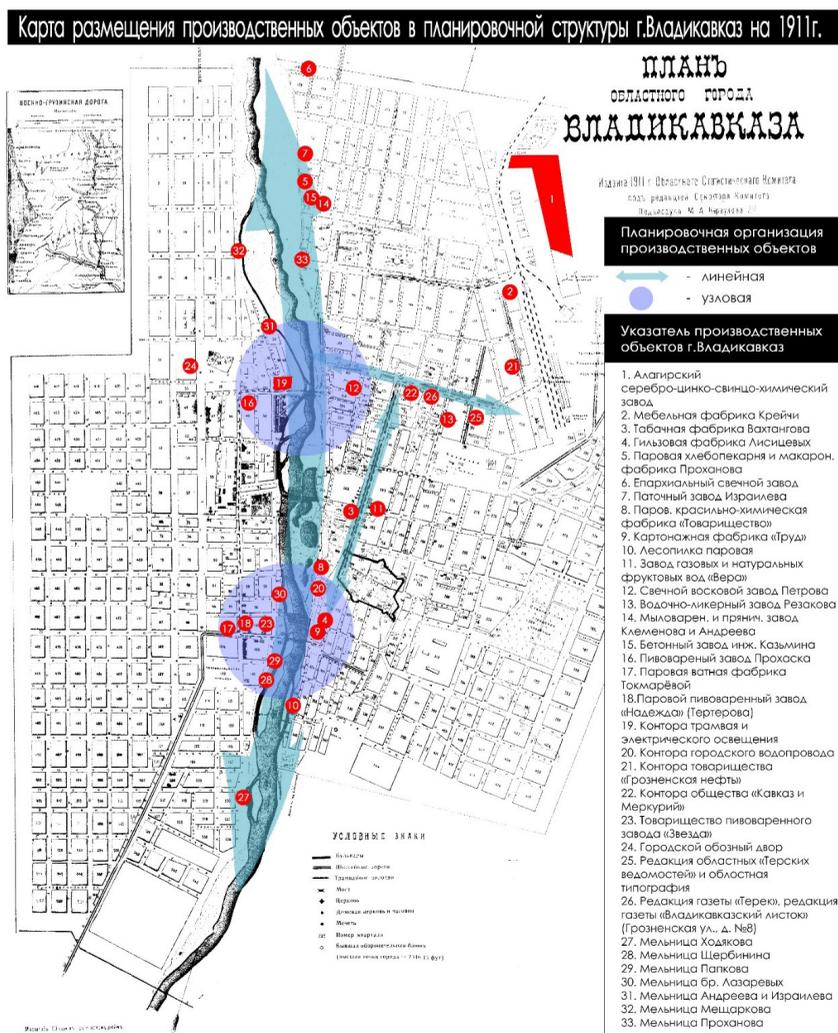
Градообразующая роль Алагирского металлургического завода и его комплексное влияние на планировочную структуру и облик Владикавказа. Чтобы объективно оценить масштабы производственных мощностей Владикавказа, его градообразующие функции, формирование транспортно-планировочного каркаса, необходимо проследить историческое развитие крупнейшего завода Северной Осетии.

Алагирский серебро-цинко-свинцо-химический завод (ныне металлургический завод «Электроцинк») – старейшее предприятие республики. История этого завода тесно связана с зарождением свинцово-цинковой промышленности не только в Северной Осетии и на Кавказе, но и во всей Российской империи.

Геологоразведочные экспедиции, проведенные в 1768-1774 гг., открыли в Ходском ущелье

лье крупные рудные выходы на поверхность. «Это были сплошные массы свинцового блеска, почти не имеющие пустой породы. Вверх по Ходскому ущелью открывалась величественная панорама, где лежали целые горы этого сказочного дара природы...» [5]. Важно понимать, какую роль сыграло это месторождение для будущего Владикавказа, региона и страны в целом. В дальнейшем мы увидим немало положительных сторон для города благодаря открытию месторождения, однако нельзя забывать и о серьезных последствиях. Разумеется, речь идет об экологической стороне вопроса, который серьезно будет поставлен лишь на рубеже XXI в.

Впервые в Садоне предпринимателями из найденного месторождения в 1839 г. была организована кустарная выплавка серебра и свинца. За шесть лет работы все выходы богатых руд были выбраны. Предприятие было закрыто [6].



Карта размещения производственных объектов в планировочной структуре Владикавказа на 1911 г.

В 1950 г. на базе Садонского месторождения началось строительство Алагирского серебро-свинцового металлургического завода. На работы были присланы крепостные люди из разных районов страны. Проектная мощность завода была небольшой, и потому предприятие приносило убытки на протяжении ряда лет, до тех пор, пока в 1895 г. бельгийские капиталисты не договорились с царским правительством об аренде Садонского рудника и Алагирского завода сроком на 60 лет.

Роль бельгийских предпринимателей тесно связана с ролью Алагирского завода в становлении Владикавказа. Они учреждают русско-бельгийское горнопромышленное и химическое акционерное общество «Алагир», и несмотря на то, что пришли сюда за получением прибыли, бельгийцы для устройства своего дела изменили облик Владикавказа до уровня европейского города.

Первым делом бельгийцы немедленно приступили к строительству нового серебро-свинцового и химического завода во Владикавказе на его северо-восточной окраине. В 1903 г. был полностью введен в эксплуатацию металлургический завод, что явилось новой ступенью в развитии промышленности в Северной Осетии [7] и одним из важнейших этапов в формировании города.

Эффективная добыча и переработка сырья требуют строгой организации процесса и компонентов проекта. В случае с Владикавказом мы наблюдаем уникальный пример зарубежного опыта в российском городе. Поражает и вызывает восхищение современного градостроителя использованный бельгийцами еще до революции комплексный подход в строительстве.

Для обеспечения энергией Садонского рудника и обогатительной фабрики в Мизуре возводится одна из первых электростанций в России. Неподалеку в верхнем Згиде строится рабочий поселок, уникальный для России. По своим характеристикам можно определить его как «город-сад».

Для обеспечения транспортным сообщением нового завода строится одна из старейших трамвайных систем в России (1904 г.), а также трамвайно-пешеходный железобетонный мост. Таким образом, город получил свой первый общественный транспорт.

Технология переработки руды включает в себя необходимость большого количества водных ресурсов. Данный факт повлек за собой организацию известных прудов центрального городского парка. Вода из Терека поступала в пруды, отстаивалась и направлялась по коллекторам на завод. В зимнее время из замёрзших прудов вырезались кубы льда и направлялись уже наземным способом передвижения. Такая инженерная задумка не осталась лишь

инженерной, она была обыграна ландшафтно-парковым путем. В прудах развели водоплавающую птицу, раков и рыбу. Появилась лодочная станция, велодром, места для оркестра и слушателей. Построили здание летнего театра, очень живописного, в духе мавританской архитектуры. Разбили зоопарк. Посадили редкие сорта деревьев. Аллеи парка были покрыты морским песком. Из вьющихся растений соорудили тенистую «Аллею вздохов». Авторы проекта добились максимальной художественной выразительности. Парк получил название «Александровский» и стал излюбленным местом отдыха горожан и гостей Владикавказа.

В тот же период в городе на склонах горы Иль был разбит большой лесопарк «Сапитская будка». Есть сведения, что его основанию способствовали все те же бельгийцы для уменьшения вредоносного влияния завода. Этот факт чрезвычайно удивителен, так как о проблемах экологии начали задумываться лишь в 70-х гг. XX в.

Кроме этого, общество имело право возводить на выделенных участках жилые помещения для служащих и рабочих, здания конторы и бани для своих рабочих. Город отводил обществу «Алагир» такое количество земли, какое понадобилось бы для устройства рва от правого берега реки Терек до завода барона Штейнгеля и под постройку здания для турбин и центральной электростанции.

Таким образом, горнопромышленное общество «Алагир» объединяло завод, электростанцию и трамвайное хозяйство во Владикавказе, рудник и электростанцию в Садоне, обогатительные фабрики в Мизуре и Фасанале, способствовало зарождению природного каркаса города в виде живописных парков и зеленых массивов.

Высшей точки своего развития в дореволюционный период Садонский рудник и металлургический завод «Алагир» достигли перед Первой мировой войной в 1912–1913 гг. К этому времени выплавлялось свыше 1,9 тыс. тонн свинца и около 3 тыс. тонн цинка, что составляло 100 % всего объема производства этих металлов в стране. На заводе и рудниках было занято более 1000 человек [8].

Выводы. 1. «Промышленность» Владикавказа первой трети XIX в. носила прежде всего обеспечивающий характер, необходимый для жизни и активной деятельности военного гарнизона крепости. И на этот период, вплоть до середины XIX в., крепость никак не принимает на себя градообразующие черты. Лишь в дальнейшем на основе всех существующих производственных мастерских стала развиваться легкая промышленность.

2. По планировочному принципу выявлены промышленные объекты двух типов: внутриго-

родские (находящиеся непосредственно внутри городской застройки) и приграничные (находящиеся у границ городской застройки). Установлено, что размещение внутригородских объектов промышленности происходило, несмотря на стихийность размещения, по планировочным закономерностям – линейным и узловым.

3. Промышленное развитие Владикавказа привело к тому, что город к началу XX в. стал самым крупным в Терской области. К этому времени Владикавказ был уже вполне сложившимся городом, ведущим центром развития тяжелой и легкой промышленности и городского коммунального хозяйства, средоточием высокой культуры и просвещения многонационального населения Северного Кавказа.

4. Чрезвычайно важна роль крупного металлургического завода «Алагир» и комплексного подхода в организации промышленности в республике. Горнопромышленное общество «Алагир» объединяло завод, электростанцию и трамвайное хозяйство во Владикавказе, рудник и электростанцию в Садоне, обогатительные фабрики в Мизуре и Фасанале; способствовало зарождению природного каркаса города в виде живописных парков и зеленых массивов.

В заключение необходимо отметить, что во Владикавказе в XIX – начале XX в. промышленность сыграла значительную градообразующую роль и послужила экономическим каркасом для его дальнейшего градостроительного развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Таутиев К.А. Владикавказ: Страницы прошлого и настоящего. Владикавказ: Терские ведомости, 2020. 352 с.
2. Список фабрик и заводов Российской Империи. СПб.: типография Киршбаума, 1912.
3. Блиев М.М. Присоединение Северной Осетии к России. Орджоникидзе, 1959. 145 с.
4. Первая всеобщая перепись населения Российской империи в 1897 г. Т. 68. Терская область. СПб., 1897. 145 с.

Об авторе:

СУГАРОВ Давид Анатольевич

аспирант кафедры градостроительства
ФГБУ «ЦНИИП Минстрой России»
119331, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 29
E-mail: dsugarov@mail.ru

5. Кайтуков Б.Н., Зикеев И.М., Музальков М.И. Цветная металлургия Северной Осетии. Орджоникидзе: «Ир», 1972. 190 с.

6. Бирюкова Л.Д., Хестанова З.Т. Из истории завода «Электроцинк» 1898–1972 гг. Документы и материалы. Орджоникидзе: «Ир», 1980.

7. Алиханов В.А., Баликов В.Т., Голук В.И. Природные ресурсы республики Северная Осетия – Алания. Производственный потенциал. Владикавказ: «Проект-Пресс», 2005. 240 с.

8. История Владикавказа (1781–1990): сборник документов. Владикавказ, 1991. 170 с.

REFERENCES

1. Tautiev K.A. *Vladikavkaz: Stranicy proshlogo i nastojashhego* [Vladikavkaz: Pages of the past and present]. Vladikavkaz, Terek statements, 2020. 352 p.
2. *Spisok fabrik i zavodov Rossijskoj Imperii* [List of factories and factories of the Russian Empire]. St. Petersburg, Kirshbaum Printing House, 1912.
3. Bliev M.M. *Prisoedinenie Severnoj Osetii k Rossii* [Accession of North Ossetia to Russia]. Ordzhonikidze, 1959. 145 p.
4. *Pervaja vseobshhaja perepis' naselenija Rossijskoj imperii v 1897 g. T. 68. Terskaja oblast'* [The first general census of the population of the Russian Empire in 1897, T. 68. Terek region], St. Petersburg, 1897. 145 p.
5. Kajtukov B.N., Zikeev I.M., Muzal'kov M.I. *Cvetnaja metallurgija Severnoj Osetii* [Color metallurgy of North Ossetia]. Ordzhonikidze, Ir, 1972. 190 p.
6. Birjukova L.D., Hestanova Z.T. *Iz istorii zavoda «Jelektrocink» 1898–1972 gg. Dokumenty i materialy* [From the history of the Electro zinc plant 1898 – 1972. Documents and materials]. Ordzhonikidze, Ir, 1980.
7. Alihanov V.A., Balikoev V.T., Golik V.I. *Prirodnye resursy respubliki Severnaja Osetija – Alanija. Proizvodstvennyj potencial* [Natural resources of the Republic of North Ossetia – Alania. Production potential]. Vladikavkaz, "Project-Press", 2005. 240 p.
8. *Istorija Vladikavkaza (1781–1990): sbornik dokumentov* [History of Vladikavkaz (1781 – 1990): a collection of documents]. Vladikavkaz, 1991. 170 p.

SUGAROV David An.

Postgraduate Student of the Urban Planning Chair
FGBU "TSNIIP Russian Ministry of Construction"
119331, Russia, Moscow, Vernadsky Avenue, 29
E-mail: dsugarov@mail.ru

Для цитирования: Сугаров Д.А. Градообразующая роль промышленности во Владикавказе в XIX – начале XX века // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 181–185. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.24.

For citation: Sugarov D.A. Urban-Forming Role of Industry in Vladikavkaz in the 19th – Beginning of the 20th Century. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 181–185. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.24.

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, 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.