

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 3 Т. 13
2023

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

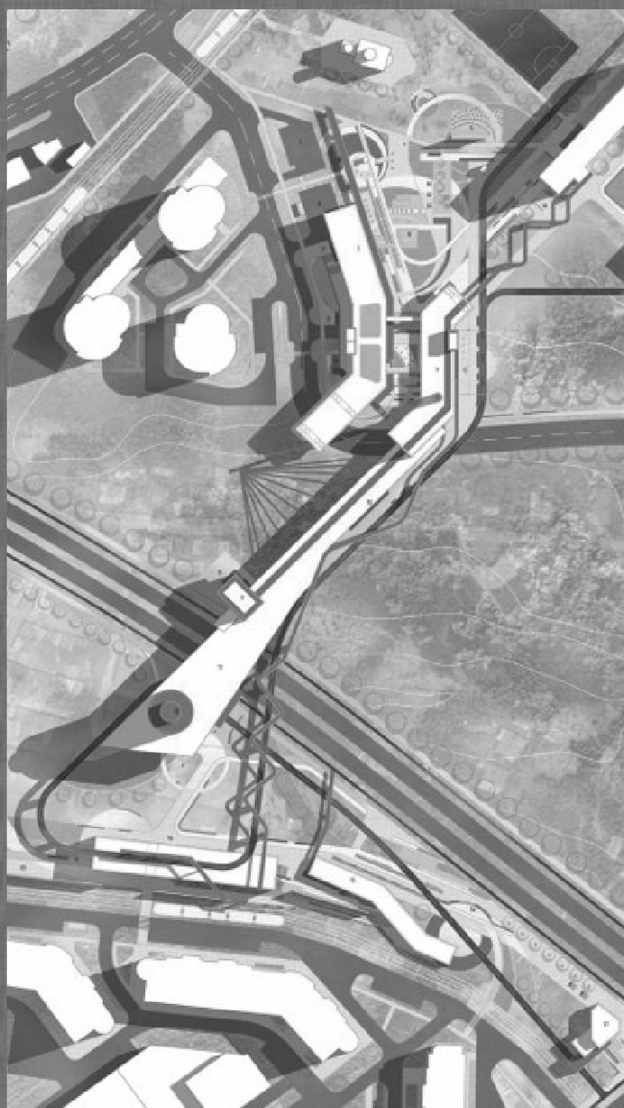


Фото проекта «Межвузовский студенческий кампус. Студенческий квартал»

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, № 3

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: А. Жоголева, А. Терягова

Подписано в печать 27.09.2023 г. Выпуск в свет 04.10.2023 г.

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

Печ. л. 22,75. Тираж 300 экз. Заказ № 2075

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) 244-43-77

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 **Евдокимов С.В.** Анализ результатов исследования вибраций несущей конструкции затворов водосбросных сооружений в период эксплуатации ГЭС
- 13 **Мозголов М.В.** Об ошибках примера расчета железобетонной кессонной панели перекрытия в справочнике проектировщика
- 23 **Пинус Б.И., Корнеева И.Г.** Об оценке прочности изгибаемых железобетонных элементов, подвергнутых циклическим нагрузениям
- 29 **Чулков А.А., Недосеко И.В.** Ошибки проектирования при проведении капитального ремонта жилых многоквартирных домов
- 35 **Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р., Пищулев А.А.** Усовершенствованный сборный железобетонный ригель пониженной высоты. Результаты натурных испытаний нагружением

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 42 **Продоус О.А., Шлычков Д.И., Якубчик П.П.** Причины и последствия изменения значений гидравлических характеристик металлических сетей водоснабжения и водоотведения в процессе их эксплуатации

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 50 **Балабанов М.С., Чикноворьян А.Г.** Исследование обогащения песка для строительных работ отсевами дробления горных пород
- 59 **Чумаченко Н.Г., Калинина М.Г., Бурахта В.А., Беккалиев Н.М.** Оценка глинистого сырья Западного Казахстана

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 65 **Крестин Е.А., Серебряков Г.В.** Анализ условий функционирования бесконтактных уплотнений при возвратно-поступательном движении плунжерных пар приводов строительных машин
- 70 **Попов Д.В., Попов В.П.** Усиление оснований дисперсным армированием из пластиковых отходов

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- 78 **Фонова С.И., Эпиташвили А.В., Бурак Е.Э.** Исследование работы газоочистительной установки

АРХИТЕКТУРА

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

- 88 **Архангельская И.В., Фурман Н.В.** Образная зона как основа формирования визуального образа исторического города
- 94 **Денисов Д.В., Журавлев М.Ю., Медведева Н.Ю., Журавлева Т.Д.** Особенности применения секторальной модели освоения пространства на примере площадей г. Самары
- 106 **Монастырская М.Е.** «Циркумбалтийское пространство»: методологические приоритеты и нормативно-правовые основания делимитации
- 120 **Пономарев Е.С., Арсентьева К.Е.** Эволюция динамической архитектуры
- 126 **Сапрыкина Н.С.** Выдающийся советский архитектор **Дубов Иван Николаевич:** неизвестные страницы жизни и творчества (1904–1975)

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 134 **Данилова Э.В.** Концепция и материал в архитектуре Жака Герцога и Пьера де Мерона
- 145 **Попов А.В., Тутышкин Е.Ю.** Вопросы архитектурно-градостроительной организации кампусов вузов Уральского федерального округа

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 151 **Бакаева Н.В., Гордон В.А., Черняева И.В.** Прогнозирование социально-демографических характеристик в городском проектировании
- 162 **Безбородова О.Н., Лекарева Н.А., Мубаракшина М.М.** Ретроспективный анализ развития территорий коммунального комплекса в г. Оренбурге
- 168 **Kashiripoor M.M.** Application of the metauniverse in cities, its concept, ad-vantages and disadvantages
- 174 **Прокшиц Е.Е., Золотухина Я.А., Сотникова О.А.** Обоснование критериев поддержки принятия решения при градостроительном зонировании территорий на основе концепции устойчивого развития



УДК 627.8

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.01

С. В. ЕВДОКИМОВ

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЗАТВОРОВ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЭС

**ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE STUDY OF VIBRATIONS THE SUPPORTING
STRUCTURE OF THE GATES OF SPILLWAY STRUCTURES DURING
THE OPERATION OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS**

Рассмотрены особенности работы основных затворов водосбросных сооружений в период эксплуатации ГЭС. Как известно, основные затворы водосброса устанавливаются на выходе водосбросных отверстий в нижний бьеф гидроэлектростанции. Затворы служат для перекрытия отверстий водосбросного сооружения, открываемого для сброса воды в паводок, а также в случае катастрофы с вышележащим гидроузлом, тем самым обеспечивая надежную работу всего водопроводящего тракта гидроэлектростанции. На примере Жигулевской ГЭС в период эксплуатации затворов водосбросных сооружений были определены напряжения в конструкциях затвора, вибрации элементов затвора и величины усилий в штанге затвора при операциях по подъему и опусканию, что позволило выявить дефекты в их работе и определить рекомендации по их устранению. Кроме этого, в статье рассмотрены результаты исследования вибраций несущей конструкции затворов ГЭС, которые возможно было получить только после выявления особенностей работы основных затворов на водосбросных сооружениях в период эксплуатации гидроэнергетической установки. Относительно характера и происхождения измеренных колебаний можно сказать, что четкого объяснения причин и физического характера колебаний затвора на ГЭС привести не представляется возможным, поэтому в статье рассмотрены два случая в результате которых могут возникнуть периодические незатухающие колебания затвора. Поскольку установлено, что зарегистрированные

The article discusses the features of the operation of the main gates of spillway structures during the operation of the HPP. As it is known, the main spillway gates are installed at the outlet of the spillway openings into the downstream of the hydroelectric power station. The gates serve to block the openings of the spillway structure, which is opened to discharge water into a flood, as well as in the event of a disaster with an overlying hydroelectric power plant, thereby ensuring reliable operation of the entire water supply path of the hydroelectric power plant. Using the example of the Zhigulevskaya HPP, during the operation of the gates of the spillway structures, stresses in the gate structures, vibrations of the gate elements and the magnitude of the forces in the gate rod during lifting and lowering operations were determined, which made it possible to identify defects in their operation and determine recommendations for their elimination. In addition, the article discusses the results of the study of vibrations of the supporting structure of the gates of the hydroelectric power plant, which could be obtained only after identifying the features of the main gates on the spillway structures during the operation of the hydropower plant. Regarding the nature and origin of the measured oscillations, it can be said that it is not possible to give a clear explanation of the causes and physical nature of the gate oscillations at the HPP, therefore, the article considers two cases as a result of which periodic undamped gate oscillations may occur. Since it has been established that the periodic undamped oscillations registered on the gate could only be caused by a periodic disturbing force, the cause of such oscil-

на затворе периодические незатухающие колебания могли быть вызваны только периодической возмущающей силой, то причиной возникновения таких колебаний может явиться периодический отрыв вихрей от нижней грани затвора. В результате анализ исследования вибраций несущей конструкции затвора показал, что для затвора основными возмущающими силами могли явиться: пульсация давления потока на верхнюю и нижнюю поверхности затвора; динамические силы, возникающие при отрыве вихрей от нижней грани затвора при истечении воды из-под него. Приведены рекомендации по избеганию вибрации затвора в последующие периоды эксплуатации.

Ключевые слова: затворы водосбросных сооружений, период эксплуатации ГЭС, колебания, нагрузка, осциллограмма, уплотнение затвора, вибрация затворов, измерение колебаний, динамическая сила, пульсация гидростатического давления, гидроэнергетические установки

Наиболее часто основные затворы водосброса устанавливаются на выходе водосбросных отверстий в нижний бьеф гидроэлектростанции. Затворы служат для перекрытия отверстий водосбросного сооружения, открываемого для сброса воды в паводок, а также в случае катастрофы с вышележащим гидроузлом. Ввиду ожидаемых вибраций затвора при промежуточном положении, конструкция затвора, как правило, выполнена из стального литья.

Рассмотрим конструкцию затворов водосбросных сооружений на Жигулевской ГЭС. Затвор состоит из двух частей, соединенных между собой при помощи болтов. В качестве опорно-ходовых частей служат полозья из древо-пластика, скользящего по полированной цилиндрической поверхности рабочего пути. Для уменьшения коррозии и связанного с ней увеличения коэффициента трения опорные поверхности пути выполняются в виде наплавки электродами из нержавеющей стали. Для предохранения затвора от колебаний в пазу со стороны верхнего бьефа устанавливаются обратные буферные колеса. Поперечное смещение затвора в пазах и перекос его ограничиваются торцевыми колесами, а нижнее уплотнение затвора выполняется ножевым [1, 2].

Вертикальное и верхнее уплотнения запроектированы со стороны верхнего бьефа из резины специального профиля. Подъем и опускание затвора осуществляются за одну точку при помощи жесткой штанги. Дожим затвора, при опускании его под напором, осуществляется весом траверсы, которая подвешивается к основным подвескам мостового крана. Конструкция верхнего звена штанги обеспечивает

подвеску затвора на подхвате как при полном открытии, так и при промежуточном положении затвора.

lations may be the periodic separation of vortices from the lower face of the gate. As a result, the analysis of the study of vibrations, the supporting structure of the shutter showed that the main disturbing forces for the shutter could be: pulsation of the flow pressure on the upper and lower surfaces of the shutter; dynamic forces arising when the vortices are detached from the lower face of the shutter when water flows out from under it. The article provides recommendations for avoiding vibration of the shutter in subsequent periods of operation.

Keywords: gates of spillway structures, the period of operation of hydroelectric power plants, vibrations, load, oscillogram, seal of the gate, vibration of the gates, measurement of vibrations dynamic force, pulsation of hydrostatic pressure, hydropower plants

подвеску затвора на подхвате как при полном открытии, так и при промежуточном положении затвора.

На Жигулевской ГЭС для предохранения конструкции затвора от ударов плывущих бревен верховая грань последнего покрыта деревянной обшивкой из вертикальных брусев, которые в период эксплуатации были удалены [3, 4].

Закладные части состоят из рабочих и обратных путей, облицовок пазов и порога.

В пределах отверстия затвора (на высоту до 5 м) пути и облицовки объединены в жесткие коробки, которые при монтаже крепились к жестким горизонтальным армофермам и затем бетонировались в общей штрабе. Ввиду ожидаемых разъеданий металла в пазах сами коробки были выполнены из стального литья.

В период эксплуатации затворов водосбросных сооружений на ГЭС были выявлены следующие дефекты в их работе.

1. Неудовлетворительная работа верхнего горизонтального уплотнения. После нескольких операций, а иногда одной или двух, уплотнение срывает, в результате чего на большинстве затворов уплотнения были неисправны и имела место большая фильтрация воды.

2. Выяснилось, что для посадки затворов монтажной организацией была применена специальная траверса с полипастами, использование которой для операции с затворами связано со значительными затратами времени. При этом попытка внедрения обтекателя в нижней части затвора и горизонтальной полки с напорной стороны, наличие которых должно облегчить посадку затворов, результатов не дала.

3. Наблюдался значительный износ опорных полозьев затворов, достигающий в некоторых случаях аварийных размеров, при которых обнажаются болты, стягивающие набор на древо-пластике. Причиной ненормального износа полозьев следует считать неудовлетворительное качество монтажа опорно-ходовых рельс на складных частях, а именно наличие ступенчатых стыков и острых боковых, а также медных наплавов электросварки. Кроме того, поверхность рельс была загрязнена цементной коркой, что также способствовало износу.

В начале эксплуатации ГЭС были проведены испытания затворов для определения напряжений в конструкциях затвора, вибрации элементов затвора и величины усилий в штанге затвора при операциях по подъему и опусканию [5, 6].

Далее проанализируем результаты самих испытаний и расчетные величины без приведения самих расчетов, которые характеризуют особенности работы затворов водосбросных сооружений на ГЭС в период эксплуатации. Основные характеристики затворов следующие:

- 1) вес затвора (без учета деревянной обшивки) – 28,23 т;
- 2) вес штанги – 8,13 т;
- 3) сила трения в опорных полозьях, гидростатическая нагрузка расчетная на затвор – 41,4 т;
- 4) вес дожимной траверсы – 65 т;
- 5) расчетное подъемное усилие – 186 т;
- 6) грузоподъемность крана – 400 т.

Рассмотрим схему размещения по затвору виброметров с соответствующей нумерацией. Такое расположение вибродатчиков отвечает условиям измерения вибраций затвора в пролете и относительно опор.

Для случая измерения вибраций затвора относительно опор по вышеуказанной схеме частота собственных колебаний составляла 52 Гц. Величина частоты собственных колебаний, полученная расчетом, колеблется в пределах 56–138 Гц в зависимости от расчетной схемы размещения затвора относительно опор. В период эксплуатации затвор 104ГК полностью открыт. Два затвора 110ГК работают синхронно при частичном или полном открытии.

Из этого можно заключить, что все четыре случая сочетания работы затворов при натуральных испытаниях ни качественно, ни количественно не отличались друг от друга, что подтверждает надежность результатов натуральных испытаний [7].

Вибрации затвора исследовались на заданном открытии затвора при установившемся режиме истечения воды из-под него. Производились записи показаний всех вибродатчиков.

При анализе осциллограмм было обнаружено, что вибрации на всех частичных открытиях затвора представляют собой наложение друг на друга двух типов колебаний:

а) колебания с постоянной за все время записи амплитудой и частотой порядка 135–140 Гц;

б) сравнительно низкочастотные колебания с периодическими возмущениями, из которых не предоставляется возможным выделить гармонические составляющие. Преобладающие частоты этих колебаний, вероятно, находятся в пределах 15–40 Гц.

В соответствии со сказанным можно сделать следующий вывод:

1. Аперiodические и импульсные явления на затворе с преобладающими частотами порядка 15–40 Гц всеми вибродатчиками записаны с искажениями. Поэтому имеющимися в нашем распоряжении средствами они не могут быть расшифрованы.

2. Гармоническая высокочастотная составляющая, наложенная на указанные выше колебания, может быть расшифрована по записям всех вибродатчиков.

Однако анализ записей вибродатчиков показал, что чувствительность у них недостаточна для отчетливой записи колебаний с частотами до 40 Гц и имевшими место в испытаниях, по всей вероятности, малыми амплитудами. Ввиду этого было принято решение провести расшифровку только колебаний с частотами 135–140 Гц по показаниям датчиков. Все другие колебания расшифровать по амплитуде не представилось возможным.

Имеющиеся в нашем распоряжении осциллограммы расшифровывались следующим образом.

Вдоль осциллограммы, т. е. по времени в семи точках измерялась двойная амплитуда высокочастотной составляющей, а также период колебаний. Измерение производилось при увеличении осциллограмм в 10 раз и более.

В том же масштабе и при том же увеличении производилось измерение тарировочного отброса.

Для разных открытий затвора оказалось, по частоты мало изменяются и находятся в пределах 136–140 Гц. В течение же одного опыта (т. е. при одном открытии затвора) частота колебаний держится строго постоянной.

Величины размаха (двойной амплитуды) колебаний затвора в трех точках, где были установлены датчики, показывают, что размах колебаний максимален в верхней половине затвора и доходит до 0,4 мм.

Колебания затвора в вертикальном направлении оказались при всех частичных открытиях

затвора пренебрежимо малы. Основная частота осциллограмм датчика оказалась равной его собственной частоте, что свидетельствует о том, что датчик раскачивался под влиянием случайных толчков, без каких бы то ни было систематических вертикальных колебаний затвора. Амплитуда колебаний датчика с частотой 137–140 Гц оказывается пренебрежимо малой и находится в пределах точности тарировок и отсчетов.

Давления по поверхности затвора измерялись при постоянных открытиях затвора всеми датчиками в соответствии со схемой их установки на затворе. Открытия повторялись неоднократно и делались повторные измерения, что было вызвано желанием избавиться от влияния случайных повышений или понижений давления, связанных с колебаниями уровней бьефов в небольших пределах (1ч – 2 м вод. ст.). Повторение открытий и замеры производились через значительные промежутки времени. При обработке результатов экспериментов принималось во внимание среднее арифметическое значение показаний приборов при ряде повторных опытов. Так, для положения затвора на пороге и подъеме его на 2 и 3 м принималось среднее из показаний приборов в пяти опытах, для открытий затвора на 1 м – три опыта, в остальных случаях – два опыта. При рассмотрении результатов опытов было обнаружено, что датчики, установленные на нижней грани затвора, оказались неисправными, так как, по всей вероятности, давление на них оказалось выше их предела измерений.

Ввиду этого представилось возможным рассмотреть только распределение давлений по верхним и нижним поверхностям затвора. Эпюры давлений для трех открытий затвора в двух сечениях показывают, что в середине пролета затвора распределение давлений близко к обычно получаемому на моделях. В частности, имеет место практически гидростатическое распределение давлений по всей высоте затвора, за исключением его нижней части, где наблюдается вполне естественное падение давления с верховой стороны и некоторое повышение давления с низовой стороны затвора по сравнению с гидростатическим распределением давлений [8, 9].

Вблизи паза картина распределения давления другая, значительно искаженная в сравнении с рассмотренной выше, что, по всей вероятности, объясняется искажением потока при обтекании пазовых конструкций и местным расстройством вертикальных уплотнений, приводящих к протечкам воды.

По результатам замеров давлений были также вычислены (как осредненные из обрабо-

танных соответственным образом показаний датчиков давления) пьезометрический уровень непосредственно вблизи низовой поверхности затвора, расчетный напор затвора (как разность средних пьезометрических уровней с верховой и низовой стороны затвора).

Подъемные и опускные усилия затвора, точнее – усилия в штанге затвора при его подъеме или опускании под напором, измерялись на двух затворах. На затворе проектной конструкции, на котором исследовалась вибрация и распределение давлений, и на затворе реконструированном [10].

Измерение усилий на реконструированном затворе было проведено успешно, и получена осциллограмма усилий в штанге этого затвора при нескольких подъемах и опусканиях вплоть до полной посадки затвора на порог.

На осциллограмме отмечены все операции, производившиеся с затвором с помощью крана, а также характер движения самого затвора. Рассмотрение осциллограммы позволяет охарактеризовать процесс опускания реконструированного затвора следующим образом: в начале опускания, пока затвор находится выше потолка водосброса, усилие в штанге равно весу затвора со штангами в воде. По мере перекрытия отверстия усилие, направленное вниз и растягивающее штангу, уменьшается за счет возрастания сил трения в опорах и гидравлических сил, направленных вверх. На высоте затвора от порога примерно на 2,5 м указанные силы, препятствующие опусканию затвора, становятся равными его весу в воде. Начиная с этого момента затвор может опускаться только под действием силы веса штанги. Без действия этой силы затвор зависает в промежуточном положении. Ввиду того, что штанга имеет возможность перемещаться вертикально относительно затвора на ход примерно 50 мм – на величину овального отверстия в проушинах затвора, затвор опускается рывками.

Таким образом, можно выявить причину такого явления, которая заключается в следующем: как только затвор завис первый раз, после начала его опускания, штанга, до сих пор растянутая его весом, опускается под собственным весом независимо от затвора и усилие в ней равно ее растяжению от собственного веса. После того как штанга проходит путь, равный величине ее свободного перемещения относительно затвора, она опирается на затвор, разгружается от растяжения собственным весом и нагружается этим весом сам затвор. Как только нагрузка на затвор от веса штанги становится более чем превышение сил трения покоя и направленных вверх гидравлических сил над весом самого затвора, затвор снова начинает движение. При

этом уменьшение сил трения после момента начала движения приводит к тому, что под действием избыточного веса штанги и без какого-либо удерживания затвор двигается вниз ускоренно на пути, равном свободному взаимному перемещению штанги и затвора. В конце этого пути происходит торможение затвора и резкое растяжение штанги инерционными силами, приложенными к штанге со стороны затвора.

Вследствие этого мгновенные значения инерционных растягивающих сил достигают при этом 30–50 т, т. е. нередко превышают полный вес затвора. После торможения затвора он снова зависает и, если штанга продолжает опускаться, рассмотренный процесс движения повторяется. Если оказывается в какой-то момент, что превышение сил трения покоя и направленных вверх гидравлических сил над весом затвора больше, чем вес штанги, происходит полное зависание затвора и посадка его оказывается невозможной. Приходится поднимать затвор выше, чем положение, соответствующее первому зависанию, и затем опускать его снова. Таким образом, реконструированный затвор далеко не всегда удается посадить с первой попытки. Осциллограмма усилий в штанге затвора показывает также, что в процессе подъема и опускания имеют место колебания в системе «затвор-кран» с частотой 3 Гц. Указанная частота оказалась практически одинаковой в течение всего периода подъема и опускания как затвора проектной конструкции, так и реконструированного (включая периоды зависания, дожима и переключения направления движения).

По результатам исследований, проделанных автором по выявлению особенностей работы основных затворов на водосбросных сооружениях в период эксплуатации ГЭС, было установлено следующее. Имеющиеся осциллограммы вибраций затвора показали, что основной формой зарегистрированных колебаний являются затухающие периодические колебания с частотой 136–141 Гц. При этом наиболее вероятно, что составляющие вибрации с более низкими частотами, если они имелись в спектре колебания, имеют амплитуды существенно меньше, чем изначально. Свидетельством этого является отсутствие на осциллограммах низкочастотных колебаний с амплитудами большими, чем 0,4–0,5 Гц от амплитуды высокочастотных, поскольку одновременно известно, что:

– во-первых, вибродатчики завывают амплитуды колебаний с частотами менее 140 Гц по сравнению с амплитудами при 140 Гц;

– во-вторых, низкочастотные колебания, видимые на осциллограммах, есть в основном собственные колебания датчиков [1–3].

Относительно характера и происхождения измеренных колебаний можно сказать, что четкого объяснения причин и физического характера колебаний затвора на ГЭС привести не представляется возможным. Однако некоторые соображения по этому вопросу нами могут быть высказаны.

Периодические незатухающие колебания затвора могут возникнуть в следующих случаях:

а) Если колебательная система, представляемая затвором, линейна (т. е. имеет место линейная зависимость упругих сил от смещения и сил сопротивления от скорости смещения) – при воздействии на затвор периодической непрерывной во времени возмущающей силы той же частоты, что и отмеченные колебания затвора. Или же при воздействии на затвор строго периодической импульсной кратковременно прилагаемой нагрузки с частотой в целом четное число раз кратной собственной частоте затвора. В последнем случае период возмущающей силы должен бы быть таковым, чтобы в течение этого периода затухание собственных колебаний затвора не было бы ощутимо и частота колебаний затвора в этом случае будет равна его собственной частоте [11].

б) Если колебательная система, представляемая затвором, нелинейная – в случаях, указанных для линейных систем, а также при автоколебательном процессе. Одновременно существенно, что в отличие от линейных систем амплитуда и частота колебаний в нелинейных системах взаимно связаны и при данной частоте и амплитуде возмущающей силы в нелинейной системе может установиться вполне определенная величина амплитуды колебаний [12].

Анализ исследования вибрации затвора показал, что для затвора основными возмущающими силами могли явиться:

1) пульсация давления потока на верхнюю и нижнюю поверхности затвора;

2) динамические силы, возникающие при отрыве вихрей от нижней грани затвора при истечении воды из-под него.

В отношении характера пульсации давлений известно, что для водоводов со сравнительно плавным подводом потока к затвору, пульсации давлений как на верховой, так и на нижней его поверхностях носят неустановившийся аperiodический характер [13].

При этом известно, что такой характер носят пульсации давления даже с нижней стороны, т. е. там, где имеются оторвавшиеся от затвора вихри, блуждающие в расширяющемся потоке за затвором. В то же время, динамические силы, возникающие при отрыве вихрей от нижней грани затвора, могут носить во многих случаях периодический характер.

Поскольку зарегистрированные на затворе периодические незатухающие колебания могли быть вызваны только периодической возмущающей силой, представляется, что причиной возникновения таких колебаний может явиться периодический отрыв вихрей от нижней грани затвора [14].

Вихреобразование на передней грани бычка, равно как и при обтекании нижней грани затвора, также может быть в определенных условиях периодическим. Однако при расширении потока за сжатым сечением у оголовка бычка гидравлические явления ничем не отличаются от таковых при расширении потока за затвором, где наблюдается аperiodический характер пульсации давления при возможных периодических возмущениях под затвором. Это дает некоторые основания полагать, что пульсация давления на верховой поверхности затвора не является той периодической возмущающей силой, которая вызывает колебания затвора.

При этом следует четко представлять, что сделанное выше разделение гидравлических сил проводится достаточно условно по их преимущественному влиянию на затвор, имея в виду, что все силы действуют совместно и что действительное колебание затвора есть сложный процесс взаимодействия затвора и всех внешних сил, из которого выделено для рассмотрения главное и наиболее отчетливо видимое колебание.

С другой стороны, рассмотрение конструкции затвора показывает, что зависимость сил от деформаций нелинейная. Так, ввиду увеличения внедрения рельса в ДСП при увеличении нагрузки увеличивается удельная сила, необходимая для дальнейшей деформации. Кроме того, повреждение полозьев (строгание ДСП на клин) приводит к неплотному прилеганию их к рельсам по высоте затвора, что также вызывает нелинейность, так как длина и площадь размещения затвора зависит от его деформации.

Таким образом, полагаем наиболее вероятным, что колебания затвора возникают при воздействии отрыва вихрей от него на нелинейную колебательную систему. Можно представить процесс колебаний следующим образом.

Возникновение переменных сил (из-за отрыва вихрей, пульсации давлений или любых других причин) приводит к колебаниям затвора на частоте, определяемой амплитудой внешнего воздействия. Колебание затвора приводит к синхронизации автоколебательного процесса отрыва вихрей с колебанием затвора. Синхронизация приводит к увеличению амплитуд и частот колебаний затвора, что, в свою очередь, повышает частоту отрыва вихрей и,

при данной скорости течения воды, приводит к уменьшению мощности вихрей и величины динамических сил [15,16]. Таким образом, происходят два взаимно противоположных процесса: с одной стороны, возрастание частот колебаний затвора в связи с ростом амплитуд этих колебаний и с ростом мощности импульсов сил, а с другой – уменьшение мощности вихрей и величины динамических сил с ростом частоты отрыва вихрей от затвора.

В этих условиях всегда устанавливается режим незатухающих периодических колебаний затвора, с постоянной амплитудой, синхронизированный с отрывом вихрей от его нижней грани. Этот режим является автоколебанием в системе «затвор-поток». Так можно сформулировать рабочую гипотезу о характере и происхождении зарегистрированной вибрации затвора.

В отношении формы колебания затвора можно заключить, что затвор имеет как изгибные колебания в пролете, так и колебания верхней секции относительно нижней. Соотношение амплитуд датчиков, находящихся на одной горизонтали, приблизительно соответствует соотношению прогибов балки в точках, находящихся на расстоянии от опор указанным датчикам. В то же время для датчиков, поставленных в разных секциях в середине пролета, наблюдается значительная разность амплитуд. Поскольку также известно, что жесткость межсекционного болтового соединения примерно в 50 раз меньше жесткости секции, а опорные полозья верхней секции повреждены (стесаны на клин глубиной до 6 мм) и прилегание полозьев к рельсам в верхней секции относительно нижней как консольной защемленной балки.

По вопросу определения собственной частоты колебаний затвора можно отметить, что расчетное определение этой частоты и опытное ее определение в воздухе не дают совпадающих результатов. Это следует объяснить тем, что важнейшим фактором, определяющим частоту, являются условия размещения затвора и линейность или нелинейность их силовой характеристики. Поэтому расхождение результатов опытов и расчетов, равно как и расхождение результатов двух опытов при различном размещении затвора, является вполне естественным.

В отношении работы конструкции исследованного затвора агрегата и отдельного бычка, на который опирается этот затвор, следует высказать следующие соображения.

Установившихся нормативов, определяющих опасность или безопасность той или иной вибрации для затворов, в отечественной проектной практике, насколько известно, не имеется. Поэтому приведем нижеследующий ряд

попыток оценить воздействие измеренной вибрации на затвор.

1) Для оценки был проведен расчет на усталость материала несущей конструкции нижней секции затвора. В пределах справедливости принятой в расчете методики можно считать, что усталостное разрушение материала несущей конструкции затвора маловероятно.

2) Оценка усталостной прочности материала стяжных болтов в межсекционном соединении затвора проводилась по следующей расчетной схеме: нижняя секция затвора непрерывно во времени прилегает к опорным рельсам, а верхняя (за счет изготовления полозьев на клин) не прилегает к опорным рельсам непрерывно, а колеблется относительно нижней секции [17, 18]. Расчет болтового соединения по такой расчетной схеме показывает, что усталостная прочность материала стяжных болтов не обеспечивается.

В отношении работы отдельного бычка при вибрации затвора никаких заключений сделать не удалось ввиду недостаточности опытных данных. Можно только утверждать, что на разделительный бычок действуют инерционные силы от затвора с частотой до 140 Гц.

Исходя из высказанных соображений об опасности работы затвора водосбросных сооружений ГЭС при частичных открытиях ввиду значительной его вибрации, как по амплитуде, так и, в особенности, по частоте, и не имея каких бы то ни было данных по вибрации затворов в остальных пролетах, следует сделать следующий вывод. В процессе эксплуатации этих затворов работать ими при частичных открытиях можно только в крайне необходимых случаях.

Таким образом, по вибрации затворов можно заключить следующее:

1. Вибрации затвора имеют место при всех его открытиях под напором, включая подъем на 0,6 м выше потока отверстия и стояние на пороге.

2. Колебания затвора происходят в основном в горизонтальном направлении. Вертикальные колебания при установившихся открытиях затвора практически отсутствуют, а при подъеме имеют место только автоколебания в системе «затвор-штанга-кран» с частотой около 3 Гц.

3. Преобладающие горизонтальные колебания затвора являются автоколебаниями в системе «затвор-поток» с частотой 136–141 Гц и максимальной амплитудой, наблюдаемой в середине пролета верхней секции, в пределах 0,15–0,2 мм. Таким образом, вибрационные ускорения доходят до (7–8)g. Указанные колебания представляют собой как изгибные дефор-

мации затвора, так и его вращение в каждый момент времени вокруг мгновенной горизонтальной оси.

4. Одной из наиболее вероятных причин возникновения автоколебаний испытанного затвора является прилегание полозьев к опорным рельсам не по всей высоте затвора, а преимущественно посередине и в нижней секции, что происходит ввиду имеющегося строгания полозьев на клин. Поэтому устранение таких повреждений полозьев и обеспечение прилегания затвора к рельсам по всей его высоте (за счет изготовления и монтажа затвора, полозьев и накладных частей) может явиться одним из путей уничтожения и предотвращения зарегистрированных колебаний затворов.

5. Ввиду того, что имеющиеся материалы и расчеты свидетельствуют об опасности зарегистрированной вибрации для конструкции затвора при его частичном открытии, впредь до получения более полных данных дальнейших испытаний затворов, в процессе их эксплуатации допускать работу этих затворов при частичных открытиях следует только в крайне необходимых случаях.

6. При эксплуатации затворов в последующем следует обратить внимание на такие моменты, как: состояние полозьев и рельсов и их влияние на вибрацию затвора; напряжения в болтах и ригелях; изменение амплитуд вибрации по высоте затвора и пролету, положение мгновенной оси вращения затвора при автоколебаниях, если таковые будут иметь место; наличие низкочастотных вибраций; определение собственной частоты затворов паз под нагрузкой; определение вибрации отдельного бычка и непосредственное определение величины и характера сил, передаваемых затвором на бычка через опоры скольжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация гидротехнических сооружений. Самара: Издательский дом «Агни», 2010. 360 с. Кн. I.
2. Романов А.А. Куйбышевский гидроузел. История и жизнь. Самара: Арт-Лайт, 2018. 272 с.
3. Технический отчет о проектировании и строительстве Волжской ГЭС имени В.И. Ленина: в 2 т. 1950–1958 гг.
4. Бальзанников М.И., Зубков В.А., Кондратьева Н.В., Хуртин В.А. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулевской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2013. № 6. С. 21–27.
5. Бальзанников М.И., Иванов Б.Г., Михасек А.А. Система управления состоянием гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 119–124.

6. Романов А.А., Евдокимов С.В. Разработка декларации безопасности гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС // Научное обозрение. 2015. № 4. С. 119–125.

7. Balzannikov M.I., Vyshkin E.G. Hydroelectric power plants reservoirs and their impact on the environment // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 8-th International Scientific and Practical Conference. Vol. 1. Rezeknes Augstskova, Rezekne, RA Izdevnieciba. 2011. P. 171–174.

8. Бальзанников М.И., Холопов И.С., Соловьев А.В., Лукин А.О. Применение стальных балок с гофрированной стенкой в гидротехнических сооружениях // Вестник МГСУ. 2013. № 11. С. 34–41.

9. Balzannikov M.I., Seliverstov V.A. Characteristics of Substantiation of Water-Intake Parameters at WSPP as Component Parts of the Power Complex // Power Technology and Engineering 2015. Vol. 49. No 1. P. 22–26.

10. Бальзанников М.И., Рахманов С.О. О деформации тела грунтовой плотины русловой гидроэлектростанции // Вестник Волжского регионального отделения РААСН: сб. науч. тр. Н. Новгород: Нижегородский госуд. архит.-строит. ун-т, 2015. Вып. 18. С. 103–107.

11. Романов А.А., Евдокимов С.В. Результаты исследования колебаний бетонных частей секций Жигулевской ГЭС // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 188–194.

12. Романов А.А., Евдокимов С.В., Селиверстов В.А. Исследования колебаний кровли Жигулевской гидроэлектростанции // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 109–112.

13. Бальзанников М.И., Зубков В.А., Кондратьева Н.В., Хуртин В.А. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулевской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2013. № 6. С. 21–27.

14. Селиверстов В.А. Результаты исследований водоприёмного устройства гидроэнергетической установки с использованием программы «ANSYS» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 89–2. С. 149–153.

15. Бальзанников М.И., Селиверстов В.А. Исследования влияния разделителей потока для применения в водоприёмных устройствах гидроэнергетических установок // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». 2009. № 3 (25). С. 199–205.

16. Свитала Ф., Галицкова Ю.М. Использование гидравлических энергоагрегатов с наклонной осью для малых ГЭС // Научное обозрение. 2014. №10 (2). С. 450–456.

17. Елистратов В.В., Бальзанников М.И. Гидравлические исследования водовыпуска крупной насосной станции // Сборник науч. тр. Ленинградского политехн. ин-та. 1986. № 415. С. 30–33.

18. Васильев Ю.С., Кубышкин Л.И. О технологии проектирования объектов гидроэнергетики // Гидротехническое строительство. 2014. № 7. С. 2–8.

REFERENCES

1. Romanov A.A. Zhigulevskaja GJeS. *Jekspluatacija gidrotehničkih sooruzhenij* [Zhigulevskaya hydroelectric station. Operation of hydraulic structures]. Samara, Publishing House “Agni”, 2010. 360 p.

2. Romanov A.A. *Kujbyshevskij gidrouzel. Istorija i zhizn'* [Kuibyshevsky hydroelectric complex. History and life]. Samara, Art-Light, 2018. 272 p.

3. *Tehnicheskij otchet o proektirovanii i stroitel'stve Volzhskoj GJeS imeni V.I. Lenina: v 2 tomah. 1950–1958 gg.* [Technical report on the design and construction of the Volzhskaya hydroelectric power station named after V.I. Lenin: in 2 volumes. 1950-1958].

4. Balzannikov M.I., Zubkov V.A., Kondratyeva N.V., Khurtin V.A. Comprehensive examination of the technical condition of building structures of the Zhigulevskaya hydroelectric power station. *Gidrotehničko stroitel'stvo* [Hydrotechnical construction], 2013, no. 6, pp. 21–27. (in Russian)

5. Balzannikov M.I., Ivanov B.G., Mikhasek A.A. Hydraulic structures state management system. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2012, no. 7, pp. 119–124. (in Russian)

6. Romanov A.A., Evdokimov S.V. Development of the declaration of safety of hydraulic structures of the Zhigulevskaya HPP. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2015, no. 4, pp. 119–125. (in Russian)

7. Balzannikov M.I., Vyshkin E.G. Hydroelectric power plants reservoirs and their impact on the environment. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 8-th International Scientific and Practical Conference. Vol. 1. Rezeknes Augstskova, Rezekne, RA Izdevnieciba. 2011. P. 171–174.

8. Balzannikov M.I., Kholopov I.S., Soloviev A.V., Lukin A.O. Use of steel beams with corrugated wall in hydraulic structures. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2013, no. 11, pp. 34–41. (in Russian)

9. Balzannikov M.I., Seliverstov V.A. Characteristics of Substantiation of Water-Intake Parameters at WSPP as Component Parts of the Power Complex. Power Technology and Engineering 2015. V. 49. No. 1. P. 22–26.

10. Balzannikov M.I., Rakhmanov S.O. On deformation of the body of the soil dam of the channel hydroelectric power station. *Vestnik Volzhskogo regional'nogo otdelenija RAASN: sb. науч. tr.* [Bulletin of the Volga regional branch of RAASN: sat. scientific. tr.]. N. Novgorod, NGASU, 2015, Iss. 18, pp. 103–107. (In Russian).

11. Romanov A.A., Evdokimov S.V. Results of study of vibrations of concrete parts of sections of Zhigulevskaya HPP. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2015, no. 7, pp. 188–194. (in Russian)

12. Romanov A.A., Evdokimov S.V., Seliverstov V.A. Studies of fluctuations in the roof of the Zhigulevskaya hydroelectric power station. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2015, no. 14, pp. 109–112. (in Russian)

13. Balzannikov M.I., Zubkov V.A., Kondratyeva N.V., Khurtin V.A. Comprehensive

examination of the technical condition of building structures of the Zhigulevskaya hydroelectric power station. *Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical construction], 2013, no. 6, pp. 21–27. (in Russian)

14. Seliverstov V.A. Results of studies of water intake device of hydropower plant using "ANSYS" program. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU* [Scientific and technical statements of SPbGPU], 2009, no. 89–2, pp. 149–153. (in Russian)

15. Balzannikov M.I., Seliverstov V.A. Studies of the influence of flow separators for use in water intake devices of hydropower plants. *Vestnik SamGTU. Seriya «Tehnicheskie nauki»* [Vestnik SamGTU. Technical Sciences Series], 2009, no. 3(25), pp. 199–205. (in Russian)

16. Svitla F., Galitskova Yu.M. Use of hydraulic power units with an inclined axis for small hydroelectric power plants. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2014, no. 10(2), pp. 450–456. (in Russian)

17. Elistratov V.V., Balzannikov M.I. Hydraulic studies of the water outlet of a large pumping station. *Sbornik nauch. tr. Leningradskogo politehn. in-ta.* [Collection scientific. tr. Leningrad Polytechnic. in-ta.], 1986, no. 415, pp. 30–33. (In Russian).

18. Vasiliev Y.S., Kubyshev L.I. On the technology of designing hydropower facilities. *Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical construction], 2014, no. 7, pp. 2–8. (in Russian)

Об авторе:

ЕВДОКИМОВ Сергей Владимирович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой природоохранного
и гидротехнического строительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sali5@mail.ru

EVDOKIMOV Sergey V.

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Nature Protection and Hydrotechnical
Construction Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: sali5@mail.ru

Для цитирования: Евдокимов С.В. Анализ результатов исследования вибраций несущей конструкции затворов водосбросных сооружений в период эксплуатации ГЭС // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 4–12. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.01.

For citation: Evdokimov S.V. Analysis of the results of the study of vibrations the supporting structure of the gates of spillway structures during the operation of hydroelectric power plants. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 4–12. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.01.

М. В. МОЗГОЛОВ

ОБ ОШИБКАХ ПРИМЕРА РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КЕССОННОЙ ПАНЕЛИ ПЕРЕКРЫТИЯ В СПРАВОЧНИКЕ ПРОЕКТИРОВЩИКА

ABOUT ERRORS OF THE EXAMPLE OF CALCULATION OF A REINFORCED CONCRETE CASSON FLOOR PANEL IN THE DESIGNER'S HANDBOOK

Строительную отрасль РФ в ближайшее время ожидает полномасштабный переход на технологии информационного моделирования (BIM). Расчет строительных конструкций осуществляется при помощи моделей в программных комплексах, основанных на методе конечных элементов, который является неточным. Для обоснования достоверности полученных данных МКЭ в соответствии с требованиями нормативных документов необходимо проводить верификацию и валидацию расчетных моделей, выполнять инженерную оценку результатов путем сравнения с эталонным значением, полученным экспериментальным или аналитическим способом. Общеизвестные аналитические решения приводятся в справочниках проектировщика. В работе рассматривается пример расчета железобетонного кессонного перекрытия из справочника проектировщика. Уточненным аналитическим способом и компьютерным расчетом доказано, что при определении усилий в балках пример расчета имеет четыре ошибки, одна из которых является принципиальной, заложенной в известном аналитическом методе расчета кессонных конструкций. Заключается она в том, что при определении нагрузок на ортогональные балки не учитывается жесткость конструкции.

Ключевые слова: железобетонные кессонные перекрытия, жесткость перекрытия, верификация, конечно-элементная модель, справочник проектировщика, вычислительный комплекс SCAD

Введение. Эффективным с конструктивной точки зрения и красивым по архитектуре является часторебристое перекрытие кессонного типа. В настоящее время как за рубежом, так и в нашей стране при строительстве ребристых перекрытий получают распространение такие опалубочные системы, как: HOLEDECK, SKYDOME, ПОБЕДА и др.

В соответствии с требованиями Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ, СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на разных стадиях жизненного цикла» в ближайшем будущем прочностной расчет строитель-

The construction industry of the Russian Federation in the near future expects a full-scale transition to information modeling (BIM) technologies. The calculation of building structures is carried out using models in software systems based on the finite element method, which is not accurate. To substantiate the reliability of the obtained FEM data in accordance with the requirements of regulatory documents, it is necessary to verify and validate the calculation models, to perform an engineering assessment of the results by comparison with the reference value obtained experimentally or analytically. Generally accepted analytical solutions are given in the designer's handbooks. The paper considers an example of the calculation of a reinforced concrete coffered floor from the designer's reference book. It has been proved by a refined analytical method and computer calculation that when determining the forces in beams, the calculation example has four errors, one of which is fundamental, embedded in the well-known analytical method for calculating caisson structures. It consists in the fact that when determining the loads on orthogonal beams, the rigidity of the structure is not taken into account.

Keywords: reinforced concrete coffered floors, floor stiffness, verification, finite element model, designer's handbook, SCAD computer system

ных конструкций объектов, проекты которых подлежат экспертизе, без создания цифровой информационной модели здания (BIM) невозможен. Расчет на ЭВМ осуществляется в программных комплексах, реализующих метод конечных элементов, при котором вычисленные в элементах усилия могут оказаться недостоверными, сходимость полученных результатов может быть не обеспечена [1–5]. Для обоснования надежности расчетов созданных моделей МКЭ в ст. 6 ГОСТ Р 57700.10-2018 «Численное моделирование физических процессов. Определение напряженно-деформированного состояния. Верификация и валидация численных моделей сложных элементов конструкций в упругой

области» перечислены требования к порядку верификации и валидации расчетной модели для численного моделирования в упругой области НДС сложных элементов конструкций. В соответствии с п. 5.6 ГОСТ Р 57700.10-2018 одним из этапов численного моделирования, которому должно быть уделено особое внимание, является инженерная оценка, которая включает в себя обсуждение полученных результатов в рамках научно-технических совещаний, сравнение результатов с эталонным решением. Эталонное решение – это общепризнанное решение некоторой задачи, которое может быть как аналитическим, так и представлять собой экспериментальный результат (ГОСТ Р 57188-2016 «Численное моделирование физических процессов. Термины и определения», п. 2.1.20). Кроме нормативно-технической документации, инженеры-конструкторы в своей работе используют справочники проектировщика, в которых приводятся различные справочные материалы и аналитические решения по интересующим расчетчиков вопросам. Для обеспечения надежности проектируемой конструкции достоверность сведений и примеров расчетов, приведенных в них, не должны вызывать сомнений. Анализ имеющихся в литературе данных аналитического и компьютерных расчетов ребристых железобетонных конструкций, в том числе кессонных, показывает, что в зависимости от созданной конечно-элементной модели и геометрии перекрытия усилия в балках могут существенно отличаться [6-11]. Максимальные отклонения усилий в балках прямых кессонных перекрытий, полученных методом конечных элементов от известного аналитического расчета, составляют: в работах [6,7] – 61,9 %, в работе [8] – 50 %, в работе [9] – 40 %; в балках косых кессонов – 453 % [10].

Следует отметить, что полученные усилия компьютерных расчетов авторы сравнивают с данными аналитического способа, принимаемого за эталон, который имеет существенную ошибку. В соответствии с известной аналитической теорией расчета железобетонных кессонных конструкций, основанной на балочной аналогии, составляющие общей нагрузки на ортогональные балки зависят только от пролетов перекрытия L_x и L_y [12–18]. В работе [19] доказано, что данный аналитический метод определения усилий в балках кессонных перекрытий неверен, он не учитывает ортогональную жесткость конструкции. Уточненный метод расчета прямых железобетонных кессонных перекрытий учитывает жесткость конструкции путем введения в формулы определения нагрузок относительной жесткости балок [20]. Ограничением данного подхода является условие

одинакового расстояния между параллельными балками. В справочнике проектировщика [18, с. 282] рассматривается пример 11.3 расчета шарнирно-опертой по контуру железобетонной кессонной панели перекрытия, балки в которой расположены на разном расстоянии друг от друга (рис. 1), поэтому расчет, предложенный в работе [20], требует корректировки.

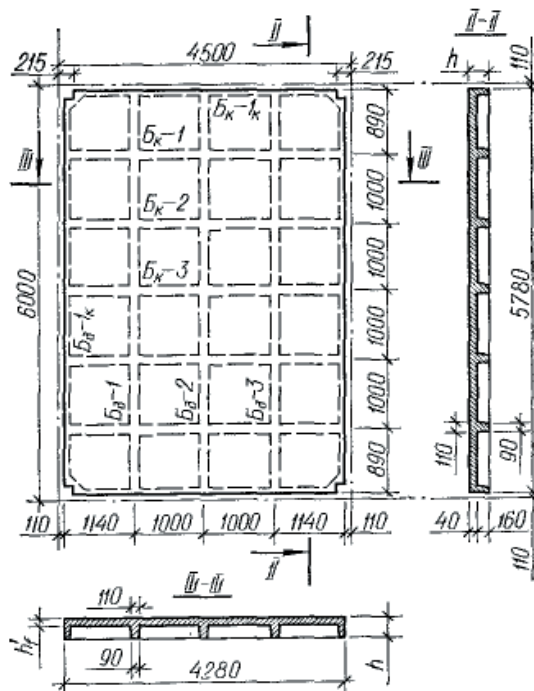


Рис. 1. Кессонная панель перекрытия [18, рис. 11.19]: $B_{к-1}$, $B_{к-2}$, $B_{к-3}$, $B_{к-к}$ – рассчитываемые балки

Цель работы. Первой целью исследования является разработка аналитического способа расчета прямых шарнирно-опертых по контуру часторебристых железобетонных кессонных перекрытий, состоящих из балок параллельного направления с разным расстоянием между ними. Второй целью является сравнение усилий – изгибающих моментов, представленных в примере расчета кессонного перекрытия справочника проектировщика, с полученными данными предлагаемой аналитической теории и конечно-элементной модели вычислительно-го комплекса SCAD.

Материалы и методы. Численный эксперимент предусматривает сравнение изгибающих моментов, полученных МКЭ в BK SCAD и аналитическим методом, учитывающим как пролеты конструкции, так и ее ортогональную жесткость.

Для обоснования выбора конечно-элементной модели обратим внимание на ряд работ,

посвященных методу конечных элементов и созданию конечно-элементных моделей [1-5, 21,22], а также на нормативные документы.

Одним из важнейших этапов применения МКЭ является выбор элементов модели. Конечные элементы могут быть линейными, плоскими и трехмерными. В работе [1, с. 174] отмечается, что для конечных элементов стержневого типа постоянной жесткости по их длине для статической задачи постановка вопроса о сходимости МКЭ лишена смысла. О получении точных решений МКЭ при применении стержней указывается в работах [2, с. 41; 3, с. 131]. Определение перемещений (деформаций и напряжений) по МКЭ в случае стержневых систем базируется на использовании технической теории растяжения, изгиба и кручения бруса, позволяющей выразить перемещения и напряжения в любом сечении бруса через узловые перемещения. Для двухмерного (пластина) или трехмерного (массив) сплошного тела эта задача может быть решена только приближенно [4, с. 66]. О трудностях при создании пространственных моделей из объемных конечных элементов говорится в работах [2,11,21]. В соответствии с пп. 5.3.3, 5.3.4 ГОСТ Р 57700.10-2018 при проведении численного моделирования нежелательно использовать треугольные конечные элементы, рекомендуется использовать элементы второго порядка с промежуточными узлами.

Таким образом, простой и наиболее точной моделью метода конечных элементов для изучения напряженно-деформированного состояния ребер кессонных конструкций при сравнении с аналитическим методом расчета, основанным на балочной аналогии, будет стержневая конечно-элементная модель. В связи с вышеизложенным можно сказать, что компьютерная модель представляет собой стержневую конструкцию, состоящую из балок таврового поперечного сечения. Высота балок 200 мм, ширина ребра 100 мм, ширина полки тавра равна расстоянию между балками в осях, толщина полки 40 мм. Конструкция выполняется из бетона класса В20 в соответствии с примером расчета [18]. Для учета ползучести бетона и его трещинообразования в соответствии с требованиями [27] начальный модуль упругости бетона умножался на коэффициент редуцирования 0,2 для всех балок, как пролетных изгибаемых, так и опорных, по причине возникновения в них значительных крутящих моментов [23, 24].

Для удобства создания компьютерной модели равномерно-распределенную нагрузку, действующую на перекрытие, прикладываем к балкам через гибкую плиту с условными физическими характеристиками (четырёхуголь-

ный конечный элемент с промежуточными узлами № 50 КЭ), работающую по биссектрисной схеме излома [25]. Шаг разбиения «густой» [4, с.82], вдоль оси X (короткая сторона) – 34 элемента, вдоль оси Y (длинная сторона) – 46 элементов. Подобный подход при моделировании фасадных конструкций со стеклопакетами с приложением нагрузки на пластины без жесткости в САПР АРМ WinMachine описан в работе [22, с. 166].

Основная часть. Кессонное перекрытие является плитой, опертой по контуру, подкрепленной снизу ребрами жесткости. В работе [26, с. 419] для пластины, усиленной в двух направлениях взаимно перпендикулярными равноотстоящими друг от друга ребрами, установленными с одной стороны, жесткость конструкции предлагается определять как сумму, состоящую из цилиндрической жесткости плиты и относительной жесткости ребер:

$$D_x = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1-\nu^2)} + \frac{E' \cdot I_1}{d_1}, \quad (1)$$

$$D_y = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1-\nu^2)} + \frac{E'' \cdot I_2}{d_2}, \quad (2)$$

где E, E', E'' – модули упругости материала плиты и ребер; δ – толщина плиты; ν – коэффициент Пуассона; I_1 и I_2 – моменты инерции ребер жесткости, установленных вдоль осей X и Y, относительно линии, проходящей через центр тяжести таврового сечения; d_1 и d_2 – расстояния между ребрами.

Жесткость ребристых перекрытий по формулам (1) и (2) можно определить при условии расположения ребер параллельного направления на одинаковом расстоянии друг от друга. Рассматриваемый в работе пример расчета из справочника проектировщика имеет в своем составе параллельные ребра с различным расстоянием друг от друга, поэтому формулы определения жесткости конструкции перекрытия требуют корректировки. При определении усилий в круглых пластинах, часто усиленных радиальными ребрами жесткости, в работе [26, с. 260] отмечается: «Приближенный метод расчета основывается на том, что при большом числе ребер можно упругие характеристики ребристой пластины усреднить и рассматривать ее как конструктивно ортотропную пластину». Предположим, что данный подход может быть применен и к прямоугольным часторебристым конструкциям. В соответствии с [17, с. 522] часторебристой кессонированной панелью является конструкция, расстояние между ребрами которой равно или меньше 1м.

Для круглых пластин, усиленных одинаковыми равноотстоящими радиальными ребра-

ми, усредненная жесткость ребер определяется следующим образом [26, с. 261]:

$$D = E \cdot I, \quad (3)$$

$$I = \frac{b \cdot k}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{H^3 - \delta^3}{12}, \quad (4)$$

где b – ширина ребра; k – количество ребер, расположенных по окружности пластины; H – высота ребра; δ – толщина пластины.

Заметим, что отношение $(b \cdot k) / (2 \cdot \pi \cdot r)$ представляет собой суммарную ширину одинаковых ребер, приходящуюся на длину окружности пластины. Данное отношение можно назвать относительной шириной ребер. В случае прямоугольных пластин, часто укрепленных параллельными ребрами с различным расстоянием между ними, при определении относительной жесткости ребер можно перейти к усредненной относительной жесткости, т. е. суммарной жесткости всех ребер, отнесенной к ширине, на которой они располагаются.

Опишем алгоритм уточненного аналитического расчета. Первым действием определяем жесткость конструкции по ортогональным направлениям X и Y . В нашем случае жесткость перекрытия определяется как сумма цилиндрической жесткости плиты и усредненная жесткость параллельных ребер.

Жесткость перекрытия вдоль оси X :

$$D_x = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} + \frac{E \cdot I_x \cdot k}{L_y}, \quad (5)$$

Жесткость перекрытия вдоль оси Y :

$$D_y = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} + \frac{E \cdot I_y \cdot k}{L_x}, \quad (6)$$

где I_x, I_y – моменты инерции отдельных ребер жесткости, установленных вдоль осей X и Y , относительно линии, проходящей через центр тяжести таврового сечения; k – количество ребер вдоль осей X и Y соответственно; L_x, L_y – пролеты конструкции. Остальные обозначения аналогичные формулам (1) и (2).

Момент инерции отдельных ребер вдоль осей X и Y относительно центра тяжести тавров:

$$I_x = I_y = \frac{b_b \cdot h_b^3}{12} + b_b \cdot h_b \cdot a^2, \quad (7)$$

где b_b – ширина ребра; h_b – высота ребра; a – расстояние от центра тяжести ребра до центра тяжести тавра.

Далее определяем составляющие g_x и g_y общей равномерно-распределенной нагрузки g , приходящиеся на балки, зависящие от пролетов перекрытия L_x, L_y и ортогональных жесткостей конструкции D_x, D_y .

Перепишем формулы известного расчета железобетонных кессонных перекрытий с учетом жесткостей конструкции D_x и D_y :

$$g_x = g \cdot \frac{L_y^4 \cdot D_x}{L_x^4 \cdot D_y + L_y^4 \cdot D_x}, \quad (8)$$

$$g_y = g \cdot \frac{L_x^4 \cdot D_y}{L_x^4 \cdot D_y + L_y^4 \cdot D_x}. \quad (9)$$

На следующем этапе находим максимальные пролетные изгибающие моменты в балках:

$$M_x^{max} = \alpha_1 \cdot q_x \cdot a \cdot L_x^2 \cdot n_x, \quad (10)$$

$$M_y^{max} = \alpha_2 \cdot q_y \cdot b \cdot L_y^2 \cdot n_y, \quad (11)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты, зависящие от характера распределения нагрузки и вида опорных закреплений. В нашем случае $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,125$; a и b – шаг балок; n_x и n_y – коэффициенты пропорциональности, зависящие от геометрии перекрытия.

Выполним расчет примера из справочника проектировщика [18] по уточненной теории, учитывающей пролеты L_x, L_y и жесткость D_x, D_y перекрытия.

Момент инерции отдельных центральных балок вдоль осей X и Y относительно центра тяжести тавров:

$$I_x = I_y = \frac{b_b \cdot h_b^3}{12} + b_b \cdot h_b \cdot a^2, \quad (12)$$

$$I_x = \frac{0,1 \cdot 0,16^3}{12} + 0,1 \cdot 0,16 \cdot 0,071^2 = 0,000114789 \text{ м}^4. \quad (13)$$

$$I_y = \frac{0,1 \cdot 0,16^3}{12} + 0,1 \cdot 0,16 \cdot 0,071^2 = 0,000114789 \text{ м}^4. \quad (14)$$

Изменение параметра a в ребрах балок с различной шириной полки тавра составляет ± 1 мм, поэтому принимаем для всех ребер одинаковое значение $a = 71$ мм, что не приведет к существенным изменениям в определении жесткостей.

Определяем ортогональную жесткость конструкции с учетом коэффициента редуцирования начального модуля упругости бетона [27].

Жесткость перекрытия вдоль оси X:

$$D_x = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1-\nu^2)} + \frac{E \cdot I_x \cdot k}{L_y} = 0,2 \cdot 2803262 \cdot \left[\frac{0,04^3}{12 \cdot (1-0,2^2)} + \frac{0,000114789 \cdot 5}{5,68} \right] = 59,77 \text{ Тм} . \quad (15)$$

Жесткость перекрытия вдоль оси Y:

$$D_y = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1-\nu^2)} + \frac{E \cdot I_x \cdot k}{L_x} = 0,2 \cdot 2803262 \cdot \left[\frac{0,04^3}{12 \cdot (1-0,2^2)} + \frac{0,000114789 \cdot 3}{4,18} \right] = 49,3 \text{ Тм} . \quad (16)$$

Составляющие общей равномерно-распределенной нагрузки, приходящиеся на балки:

$$g_x = g \cdot \frac{L_y^4 \cdot D_x}{L_x^4 \cdot D_y + L_y^4 \cdot D_x} = 9728 \cdot \frac{5,68^4 \cdot 59,77}{4,18^4 \cdot 49,3 + 5,68^4 \cdot 59,77} = 7833 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} , \quad (17)$$

$$g_y = g \cdot \frac{L_x^4 \cdot D_y}{L_x^4 \cdot D_y + L_y^4 \cdot D_x} = 9728 \cdot \frac{4,18^4 \cdot 49,3}{4,18^4 \cdot 49,3 + 5,68^4 \cdot 59,77} = 1895 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} . \quad (18)$$

Рассматриваем балки короткого направления, установленные вдоль оси X.

Расчет начинаем с центральной балки Б_к-3.

Погонная нагрузка на балку:

$$q_x = g_x \cdot a + q , \quad (19)$$

где g_x – равномерно-распределенная нагрузка, приходящаяся на балку; a – расстояние между балками; q – нагрузка от собственного веса балки.

$$q_x = 7833 \cdot 1,0 + 440 = 8273 \frac{\text{Н}}{\text{м}} . \quad (20)$$

Максимальный пролетный изгибающий момент:

$$M_{\text{Бк-3}}^{\text{max}} = \frac{q_x \cdot L_x^2}{8} \cdot n_x = \frac{8273 \cdot 4,18^2}{8} \cdot 1,0 = 18069 \text{ Нм} . \quad (21)$$

Балка Б_к-2.

Погонная нагрузка на балку:

$$q_x = 7833 \cdot 1,0 + 440 = 8273 \frac{\text{Н}}{\text{м}} . \quad (22)$$

Коэффициент пропорциональности, учитывающий расположение балки от опорного контура вдоль оси Y:

$$\eta_y = \frac{y}{L_y} = \frac{1,84}{5,68} = 0,324 , \quad (23)$$

$$n_x = \frac{16}{5} \cdot \left(\eta_y - 2 \cdot \eta_y^3 + \eta_y^4 \right) = \frac{16}{5} \cdot (0,324 - 2 \cdot 0,324^3 + 0,324^4) = 0,854 . \quad (24)$$

Максимальный пролетный изгибающий момент:

$$M_{\text{Бк-2}}^{\text{max}} = \frac{q_x \cdot L_x^2}{8} \cdot n_x = \frac{8273 \cdot 4,18^2}{8} \cdot 0,854 = 15431 \text{ Нм} . \quad (25)$$

Балка Б_к-1.

Погонная нагрузка на балку:

$$q_x = 7833 \cdot 0,92 + 440 = 7646 \frac{\text{Н}}{\text{м}}. \quad (26)$$

Коэффициент пропорциональности, учитывающий расположение балки от опорного контура вдоль оси Y:

$$\eta_y = \frac{y}{L_y} = \frac{0,84}{5,68} = 0,148. \quad (27)$$

$$n_x = \frac{16}{5} \cdot (\eta_y - 2 \cdot \eta_y^3 + \eta_y^4) = \frac{16}{5} \cdot (0,148 - 2 \cdot 0,148^3 + 0,148^4) = 0,454. \quad (28)$$

Максимальный пролетный изгибающий момент:

$$M_{\text{Бк-1}}^{\text{max}} = \frac{q_x \cdot L_x^2}{8} \cdot n_x = \frac{7646 \cdot 4,18^2}{8} \cdot 0,454 = 7582 \text{ Нм}. \quad (29)$$

Рассматриваем балки длинного направления, установленные вдоль оси Y.

Балка Б_д-2.

Погонная нагрузка на балку:

$$q_y = g_y \cdot a + q, \quad (30)$$

где g_y – равномерно-распределенная нагрузка, приходящаяся на балку; a – расстояние между балками; q – нагрузка от собственного веса балки.

$$q_y = 1895 \cdot 1,0 + 440 = 2335 \frac{\text{Н}}{\text{м}}. \quad (31)$$

Максимальный пролетный изгибающий момент:

$$M_{\text{Бд-2}}^{\text{max}} = \frac{q_y \cdot L_y^2}{8} \cdot n_y = \frac{2335 \cdot 5,68^2}{8} \cdot 1,0 = 9417 \text{ Нм}. \quad (32)$$

Балка Б_д-1.

Погонная нагрузка на балку:

$$q_y = 1895 \cdot 1,045 + 440 = 2420 \frac{\text{Н}}{\text{м}}. \quad (33)$$

Коэффициент пропорциональности, учитывающий расположение балки от опорного контура вдоль оси X:

$$\eta_x = \frac{x}{L_x} = \frac{1,09}{4,18} = 0,261. \quad (34)$$

$$n_y = \frac{16}{5} \cdot (\eta_x - 2 \cdot \eta_x^3 + \eta_x^4) = \frac{16}{5} \cdot (0,261 - 2 \cdot 0,261^3 + 0,261^4) = 0,736. \quad (35)$$

Максимальный пролетный изгибающий момент:

$$M_{\text{Бд-1}}^{\text{max}} = \frac{q_y \cdot L_y^2}{8} \cdot n_y = \frac{2420 \cdot 5,68^2}{8} \cdot 0,736 = 7183 \text{ Нм}. \quad (36)$$

Результаты

Данные аналитических расчетов и компьютерной модели кессонного перекрытия представлены в таблице.

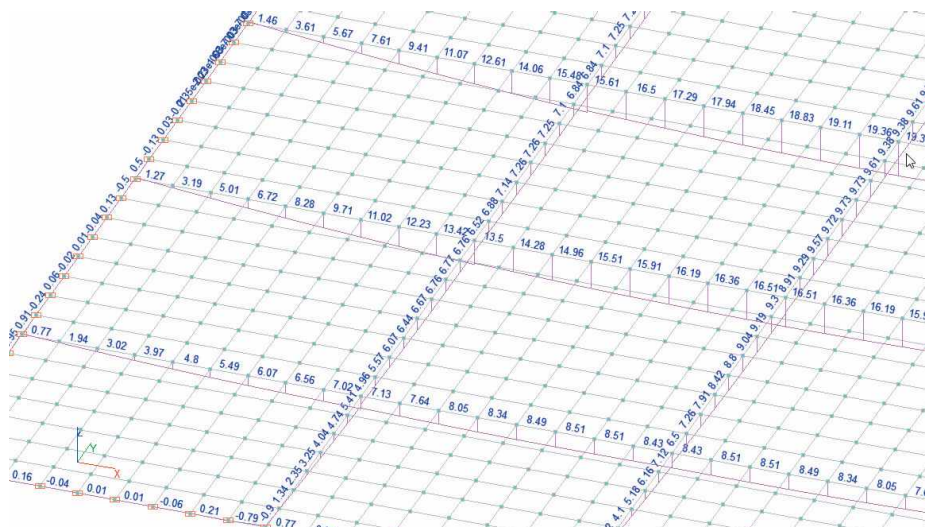


Рис. 2. Эпюры изгибающих моментов M, Tm в балках модели BK SCAD, состоящей из стержневых конечных элементов таврового поперечного сечения с шириной полки, равной расстоянию шага балок. Показана 1/4 часть модели

Сравнение значения изгибающих моментов в балках шарнирно опертого по контуру кессонного перекрытия размером в плане по осям (L_x × L_y) 4,18 × 5,68 м, приведенные в справочнике проектировщика, а также полученные уточненным аналитическим методом расчета и при помощи стержневой конечно-элементной модели вычислительного комплекса SCAD

Расчетная модель	Изгибающий момент в балках M, кНм				
	Бд-1	Бд-2	Бк-1	Бк-2	Бк-3
<p>Балочная модель BK SCAD</p> <p>Тавровые балки – пространственный стержень тип КЭ 5</p>	6,84 (7,26)* 100 %	9,38 (9,73)* 100 %	8,43 100 %	16,51 100 %	19,36 100 %
Данные из справочника проектировщика [18]	2,269 33,2 %	9,864 105,2 %	2,434 28,9 %	4,521 27,4 %	17,389 89,8 %
Аналитическая с учетом величин пролетов и жесткости перекрытия	7,183 105 %	9,417 100,4 %	7,582 90 %	15,431 93,5 %	18,069 93,3 %

*Примечание. В балках длинного направления L_y максимальные значения изгибающих моментов находятся не в середине пролета, эпюра изгибающих моментов отклоняется от параболы. Данный эффект выявлен в работах [19,20].

Одним из методов проверки правильности полученного решения является проверка равновесия системы, в нашем случае сравнение суммы опорных реакций с нагрузкой, действующей на конструкцию. Проверим равновесие компьютерной модели.

Грузовая площадь, приходящаяся на пролетные балки:

$$A = 4,18 \cdot 5,68 - \left(\frac{1,09 \cdot 0,545}{2} \cdot 4 + \frac{0,84 \cdot 0,42}{2} \cdot 4 + \frac{1,0 \cdot 0,5}{2} \cdot 12 \right) = 18,8487 \text{ м}^2 . \quad (37)$$

Длина пролетных балок:

$$L = 5,68 \cdot 3 + 4,18 \cdot 5 = 37,94 \text{ м.} \quad (38)$$

Суммарная нагрузка на перекрытие:

$$q = 18,8487 \cdot 9728 + 37,94 \cdot 440 = 200054 \text{ Н.} \quad (39)$$

Сумма поперечных сил на опорах пролетных балок:

$$\sum Q_z = (9,93 + 16,11 + 18,04 + 16,11 + 9,93 + 9,51 + 11,89 + 9,51) \cdot 2 = 202 \text{ кН.} \quad (40)$$

Равновесие системы соблюдается, погрешность 1 %.

Для определения изгибающих моментов в балках, расположенных по бокам от центра перекрытия, в формулы входят коэффициенты пропорциональности, полученные из условия пропорциональности прогибов под действием равномерно-распределенной нагрузки [12]. В примере расчета [18] в данных формулах пропущен коэффициент 16/5, что является опечаткой. Еще одной ошибкой является неверное суммирование расчетной погонной нагрузки на балки длинного направления L_y , что является ошибкой арифметической. Следующая ошибка – неверное определение погонной нагрузки на крайние балки перекрытия как короткого, так и длинного направлений, по причине различной грузовой площади на них по сравнению с центральными балками.

Выводы. 1. В формулах аналитического метода расчета прямых шарнирно-опертых по контуру часторебристых кессонных железобетонных перекрытий с различным расстоянием между ребрами, основанного на балочной аналогии, при определении составляющих общей равномерно-распределенной нагрузки, приходящихся на ортогональные балки, необходимо использовать величины пролетов и жесткость перекрытия, состоящую из суммы цилиндрической жесткости плиты и усредненной относительной жесткости ребер.

2. Пример расчета ребристой железобетонной панели кессонного перекрытия, приведенный в справочнике проектировщика, при определении усилий в балках имеет четыре ошибки. Первая ошибка является принципиальной, заложенной в известном аналитическом методе расчета кессонных конструкций, и заключается в определении составляющих общей равномерно-распределенной нагрузки на ортогональные балки только в зависимости от пролетов перекрытия. Жесткость конструкции в расчете не учитывается. Вторая ошибка – отсутствие в формулах определения изгибающих моментов, учитывающих расположение

балок в плане перекрытия, коэффициента 16/5. Третья ошибка – арифметическая – неверное суммирование расчетной суммарной погонной нагрузки на балки длинного направления L_y . Четвертая ошибка – неверное определение погонной нагрузки на крайние балки как короткого, так и длинного направлений, по причине различной грузовой площади на них по сравнению с центральными балками.

3. Значения изгибающих моментов в балках прямоугольного в плане шарнирно-опертого по контуру ребристого перекрытия с различным расстоянием между параллельными ребрами, определенные уточненным аналитическим способом, основанным на балочной аналогии, а также методом конечных элементов в BK SCAD с применением стержневой конечно-элементной модели таврового поперечного сечения с шириной полки, равной шагу балок, имеют близкие значения. Отклонения аналитического метода от компьютерного расчета составляют от -10,0 до +5,0 %, что можно объяснить погрешностями расчетов, как аналитического, так и компьютерного.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Перельмутер А.В., Сливкер В.И.* Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс; 2007. 600 с.
2. *Секулович М.* Метод конечных элементов / пер. с серб. Ю.Н. Зуева; под ред. В.Ш. Барбакадзе. М.: Стройиздат; 1993. 664 с.
3. *Городецкий А.С., Евзеров И.Д.* Компьютерные модели конструкций. Киев: Факт, 2005. 344 с.
4. *Перельмутер А.В.* Беседы о строительной механике. М.: Изд-во SCAD Soft, Издательский дом АСВ; 2016. 304 с.
5. *Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Фиалко С.Ю., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А.* SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD. М.: Изд-во «СКАД СОФТ». 2015. 848 с.
6. *Лоскутов И.С.* Монолитные железобетонные кессонные перекрытия [Электронный ресурс]. URL: <https://dwg.ru/lib/2046> (дата обращения: 5.01.2023).

7. Ефимцева Е.Э. Способы моделирования кессонных перекрытий // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–5. С. 14–20.
8. Малахова А.Н. Монолитные кессонные перекрытия зданий // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 79–86.
9. Шibaева В.Д. Исследование напряженно-деформированного состояния монолитных кессонных перекрытий // Молодой ученый. 2021. № 16 (358), Ч. II. С. 119–123.
10. Мозолов М.В., Туранова А.В. Об эффективности косых кессонных железобетонных перекрытий // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 20–25. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.03.
11. Никитин К.Е., Кирсанов О.А. Сравнительное исследование конечно-элементных методик расчета ребристых железобетонных перекрытий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. 18(3). С. 242–254. DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-3-242-254.
12. Залигер Р. Железобетон: его расчет и проектирование / пер. с нем.; под ред. П.Я. Каменцева. М.-Л.: Изд-во ГНТИ, 1931. 671 с.
13. Иванов-Дятлов И.Г. Железобетонные конструкции. М.-Л.: Министерство коммунального хозяйства РСФСР, 1950. 296 с.
14. Карпухин Н.С. Железобетонные конструкции. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. 442 с.
15. Мурашев В.И., Сигалов Э.Е., Байков В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 662 с.
16. Железобетонные конструкции / И.И. Улицкий, С.А. Ривкин, М.В. Самолетов, А.А. Дыховичный, М.М. Френкель, В.И. Кретов. К.: Будівельник, 1972. 992 с.
17. Линович Л.Е. Расчет и конструирование частей гражданских зданий. К.: Будівельник, 1972. 644 с.
18. Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий: справочник проектировщика / П.Ф. Вахненко, В.Г. Хилюбок, Н.Т. Андрейко, М.Л. Яровой. К.: Будівельник, 1987. 424 с.
19. Мозолов М.В., Козлова Е.В. О применении жесткостей аналитического метода расчета прямых железобетонных кессонных перекрытий // Вестник НИЦ «Строительство». 2022. №33(2). С. 122–138. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-2(33)-122-138.
20. Мозолов М.В., Козлова Е.В. О применении жесткостей аналитического метода расчета прямых железобетонных кессонных перекрытий. Ч. 2. Расчет с относительной жесткостью балок // Вестник НИЦ «Строительство». 2022. №35(4). С. 62–79. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-4(35)-62-79.
21. Канчели Н.В., Батов П.А., Дробот Д.Ю. Реализованные мембранные оболочки. Расчет, проектирование и возведение. М.: АСВ, 2009. 120 с.
22. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде APM Structure3D. М.: АПИМ. 2009. 288 с.
23. Мозолов М.В., Козлова Е.В. О разгружающем действии крутящих моментов в балках железобетонных кессонных перекрытий // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 11–20. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.2.
24. Мозолов М.В., Брыль С.В., Козлова Е.В. О влиянии балки опорного контура на напряженно-деформированное состояние балок прямых кессонных железобетонных перекрытий // Системные технологии. 2022. № 43. С. 31–40. DOI: 10.55287/22275398_2022_2_31.
25. Мозолов М.В., Козлова Е.В. К вопросу создания верификационной модели для расчета кессонного железобетонного перекрытия в вычислительном комплексе SCAD // Вестник НИЦ «Строительство». 2022. №32(1). С. 128–140. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-1(32)-128-140.
26. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Расчет пластин. К.: Будівельник, 1970. 436 с.
27. Плоские безбалочные железобетонные перекрытия [Электронный ресурс]. URL: https://www.faucc.ru/upload/methodical_materials/mp60_2017.pdf (дата обращения 5.01.2023).

REFERENCES

- Perel'muter A.V., Slivker V.I. *Raschetnye modeli sooruzhenij i vozmozhnost' ih analiza* [Design models of structures and possibility of their analysis]. Moscow, DMK Press Publ, 2007. 600 p.
- Sekulovich M. *Metod konechnyh jelementov* [Finite element method]. Moscow, Stroyizdat, 1993. 664 p.
- Gorodeckij A.S., Evzerov I.D. *Komp'yuternye modeli konstrukcij* [Computer models of structures]. Kiev, Fact, 2005. 344 p.
- Perel'muter A.V. *Besedy o stroitel'noj mehanike* [Conversations about construction mechanics]. Moscow, SCAD Soft Publishing House, DIA Publishing House, 2016. 304 p.
- Karpilovskij V.S., Kriksunov Je.Z., Maljarenko A.A., Fialko S.Ju., Perel'muter A.V., Perel'muter M.A. *SCAD Office. Versija 21. Vychislitel'nyj kompleks SCAD* [SCAD Office. Version 21. SCAD computing complex]. Moscow, Publishing House "SKAD SOFT", 2015. 848 p.
- Flaps I.S. Monolithic reinforced concrete coffered floors. Available at: <https://dwg.ru/lib/2046> (accessed 05 January 2023).
- Efimtseva E.E. Methods of modeling coffered floors. *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [Current problems of the humanities and natural sciences], 2015, no. 11–5, pp. 14–20. (in Russian)
- Malakhova A.N. Monolithic coffered floors of buildings. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2013, no. 1, pp. 79–86. (in Russian)
- Shibaeva V.D. Study of stress-strain state of monolithic coffered floors. *Molodoj uchenyj* [Young scientist], 2021, no. 16(358), pp. 119–123. (in Russian)
- Mozgolov M.V., Turanova A.V. On the Effectiveness of Oblique Coffered Reinforced Concrete Floors. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction

and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 20–25. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.03

11. Nikitin K.E., Kirsanov O.A. Comparative study of finite element methods for calculating ribbed reinforced concrete floors. *Stroitel'naja mehanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij* [Construction mechanics of engineering structures and structures], 2022, no. 18(3), pp. 242–254. (in Russian) DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-3-242-254

12. Zaliger R. *Zhelezobeton: ego raschet i proektirovanie* [Reinforced concrete: its calculation and design]. Moscow, 1931. 671 p.

13. Ivanov-Djatlov I.G. *Zhelezobetonnye konstrukcii* [Reinforced concrete structures]. Moscow, Leningrad, Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 1950. 296 p.

14. Karpuhin N.S. *Zhelezobetonnye konstrukcii* [Reinforced concrete structures]. Moscow, State Publishing House of Literature on Construction and Architecture, 1957. 442 p.

15. Murashev V.I., Sigalov Je.E., Bajkov V.N. *Zhelezobetonnye konstrukcii. Obshhij kurs* [Reinforced concrete structures. General course]. Moscow, State Publishing House of Literature on Construction and Architecture, 1962. 662 p.

16. Ulitsky I.I., Rivkin S.A., Samolov M.V., Dykhovichny A.A., Frenkel M.M., Kretov V.I. *Zhelezobetonnye konstrukcii* [Reinforced concrete structures]. Kiev, Budivel'nik, 1972. 992 p.

17. Linovich L.E. *Raschet i konstruirovaniye chastej grazhdanskih zdaniy* [Calculation and design of parts of civil buildings]. Kiev, Budivel'nik, 1972. 644 p.

18. Vakhenko P.F., Khilobok V.G., Andreiko N.T., Yarovoy M.L. *Raschet i konstruirovaniye chastej zhilyh i obshhestvennykh zdaniy: spravochnik proektirovshhika* [Calculation and design of parts of residential and public buildings: designer's handbook]. Kiev, Budivel'nik, 1987. 424 p.

19. Mozgolov M.V., Kozlova E.V. On application of rigidity of analytical method of calculation of direct reinforced concrete coffered floors. *Vestnik NIC «Stroitel'stvo»* [Bulletin of the Research Center

“Construction”], 2022, no. 33(2), pp. 122–138. (in Russian) DOI: 10.37538/2224-9494-2022-2(33)-122-138

20. Mozgolov M.V., Kozlova E.V. On application of rigidity of analytical method of calculation of direct reinforced concrete coffered floors. PART 2. Calculation with Relative Stiffness of Beams. *Vestnik NIC «Stroitel'stvo»* [Bulletin of the Research Center “Construction”], 2022, no. 35(4), pp. 62–79. (in Russian) DOI: 10.37538/2224-9494-2022-4(35)-62-79

21. Kancheli N.V., Batov P.A., Drobot D.Ju. *Realizovannyye membrannyye obolochki. Raschet, proektirovanie i vozvedenie* [Implemented membrane shells. Calculation, Design and Erection]. Moscow, ASV, 2009. 120 p.

22. Zamrij A.A. *Proektirovanie i raschet metodom konechnykh jelementov trekhmernykh konstrukcij v srede APM Structure3D* [Design and finite element calculation of 3D structures in APM environment Structure3D]. Moscow, APM, 2009. 288 p.

23. Mozgolov M.V., Kozlova E.V. On the Unloading Action of Torque Moments in the Beams of Reinforced Concrete Casson Floors. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 11–20. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.2

24. Mozgolov M.V., Bryl S.V., Kozlova E.V. On the influence of the support loop beam on the stressed-deformed state of the beams of straight caisson reinforced concrete floors. *Sistemnyye tehnologii* [System technologies], 2022, no. 43, pp. 31–40. (in Russian) DOI: 10.55287/22275398_2022_2_31

25. Mozgolov M.V., Kozlova E.V. On the issue of creating a verification model for calculating caisson reinforced concrete flooring in the SCAD computer system. *nik NIC «Stroitel'stvo»* [Bulletin of the Research Center “Construction”], 2022, no. 32(1), pp. 128–140. (in Russian) DOI: 10.37538/2224-9494-2022-1(32)-128-140

26. Vajnberg D.V., Vajnberg E.D. *Raschet plastin* [Plate Calculation]. Kiev, Budivel'nik, 1970. 436 p.

27. Flat beamless reinforced concrete floors. Available at: https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp60_2017.pdf (accessed 05 January 2023).

Об авторе:

МОЗГОЛОВ Михаил Валентинович

кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства
Московский политехнический университет
140402, Россия, г. Коломна, ул. Октябрьской революции, 408
E-mail: mvmozgolov@yandex.ru

MOZGOLOV Mikhail V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Construction Chair
Moscow Polytechnic University
140402, Russia, Kolomna, October Revolution str., 408
E-mail: mvmozgolov@yandex.ru

Для цитирования: *Мозголов М.В. Об ошибках примера расчета железобетонной кессонной панели перекрытия в справочнике проектировщика // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 13–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.02.*

For citation: *Mozgolov M.V. About errors of the example of calculation of a reinforced concrete caisson floor panel in the designer's handbook. Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 13–22. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.02.

Б. И. ПИНУС
И. Г. КОРНЕЕВА

ОБ ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ЦИКЛИЧЕСКИМ НАГРУЖЕНИЯМ

ON THE ASSESSMENT OF THE STRENGTH OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS SUBJECTED TO CYCLIC LOADING

Представлены результаты вероятностно-статистического анализа усталостного сопротивления обычных и фиброполипропиленсодержащих железобетонных изгибаемых элементов с использованием нормативных методов расчета по предельным усилиям, нелинейным деформационным моделям и экспериментальным данным внутреннего сопротивления композитов после 50 циклов нагружения с амплитудой $\eta = 0,8$ и нулевой асимметрией. Установлена повышенная прочность и усталостная долговечность элементов с фибробетоном при армировании конструкций менее граничного уровня. Предполагается, что введение полипропиленовых мелкодисперсных волокон способствует внутреннему перераспределению усилий в цикловом и последующем монотонном нагружении.

Ключевые слова: усталость, полипропиленфибробетоны, изгибаемые элементы

Многочисленные данные технического мониторинга железобетонных конструкций зданий и сооружений свидетельствуют о постепенной трансформации их под влиянием технологических, температурно-климатических, геотехнических и других воздействий умеренной (ниже расчетной) нестационарной интенсивности. Учитывая физические закономерности инициируемых процессов, состоящих в образовании, развитии и накоплении микротрещин, имеются основания анализировать ожидаемые последствия с позиций малоциклового усталости [1-3]. При таком подходе определяющим фактором усталостной деградации цементно-матричных структур становится их способность к развитию и формированию магистральных (критических) [4, 5] микротрещин.

Одним из технологически приемлемых и технически эффективных методов ее достижения является мелкодисперсное фиброармирование, создающее «... внутреннюю среду переноса напряжений и препятствующее срастанию микротрещин и их неустойчивому росту» [6-9]. Широкий спектр используемых

The results of a probabilistic and statistical analysis of the fatigue resistance of conventional and fibropropylene containing reinforced concrete bending elements using standard calculation methods based on limiting forces, nonlinear deformation models and experimental data of the internal resistance of composites after 50 loading cycles with an amplitude of $\eta = 0.8$ and zero asymmetry are presented. The increased strength and fatigue durability of elements with fiber-reinforced concrete, when reinforcing structures less than the boundary level, has been established. It is assumed that the introduction of polypropylene fine fibers contributes to the internal redistribution of forces in cyclic and subsequent monotonous loading.

Keywords: fatigue, polypropylene fiber-reinforced concrete, bendable elements

волокон позволяет целенаправленную коррекцию параметров внутреннего сопротивления композитов с учетом фактических критериев условий работоспособности. Ранее [10, 11] нами была обоснована техническая целесообразность использования полипропиленовых волокон с аспектным соотношением $l_i/d_i = 40/0,8 = 50$ в качестве объемного (случайно распределенного) армирования. Их применение способствует структурной модификации, обладающей высоким потенциалом пластично-сдвигового деформирования [11-13] и, как следствие, внутреннего перераспределения усилий.

Вероятностно-статистический анализ усталостного сопротивления изгибаемых и внецентренно-сжатых железобетонных элементов с комбинированным (объемным фибропропиленовым и стальным стержневым) армированием составляет основное содержание настоящей статьи.

Методика исследования

Изменение потенциала внутреннего сопротивления после циклических нагружений различной интенсивности прогнозируется посред-

ством валидации нормативной методики (пп. 8.1.20-8.1.30 СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции») для сравнения влияния усталостных последствий в обычных (серия ОБ) и фиброармированных элементах (серия ФБ). При этом был разработан в среде Excel алгоритм расчета прочности, использующий нормативные нелинейные деформационные модели, экспериментальные диаграммы $\sigma_b-\varepsilon_b$ и позволяющий учитывать неоднородность распределения напряжений по высоте сечения.

Численное моделирование прочности осуществляется путем условной разбивки сечения на участки ограниченной толщины, в пределах которой деформации (напряжения) принимаются постоянными и соответствующими распределению для плоских сечений.

Методом последовательных приближений на каждом этапе устанавливается величина относительной высоты сжатой зоны ξ_v , при которой соблюдается условие равновесия внешнего усилия N и внутреннего сопротивления

$$N = \sum \sigma_{bi}(\varepsilon_i) \cdot A_{bi} + \sum \sigma_{sj}(\varepsilon_j) \cdot A_{sj} \quad (1)$$

Здесь обозначения соответствуют нормативным, а напряжения в бетоне и арматуре принимаются по двух-трехлинейным верифицированным по экспериментальным данным диаграммам $\sigma_b-\varepsilon_b$ в зависимости от деформации i , j -го слоя и с учетом знака и растянутого бетона для фиброармированных элементов.

Соответствующее значение моментов сопротивления внутренних сил определяется как

$$M = \sum \sigma_{bi}(\varepsilon_i) \cdot A_{bi} \cdot Z_{bxi} + \sum \sigma_{sj}(\varepsilon_j) \cdot A_{sj} \cdot Z_{sxj} \quad (2)$$

При выполнении критериального условия разрушения

$$\varepsilon_b \leq \varepsilon_{b,ult} \quad (3)$$

предельно допустимая деформация $\varepsilon_{b,ult}$ принимается равной экспериментальным значениям на постпиковом участке диаграмм сжатия до напряжений $0,8\sigma_u$.

Численный эксперимент по указанным деформационным моделям и предельным нормативным (СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции») усилиям выполнен на примере балки прямоугольного сечения ($b \times h = 100 \times 200$ мм) с односторонним армированием (класс А400, $\mu = 1-6\%$), изготовленной из бетонов обычного (Ц:П:Щ:В = 1:1,42:3,31:0,55) и фиброармированного (тот же с добавлением 1,5 % полипропиленовых фибр с $l_f/d_f = 40/0,8$). Усталостное сопротивление композитов оценивалось по изменению M_{ult} различного уровня обеспеченности по истечении 50 циклов нагружения с амплитудой $\eta = 0,8$ и нулевой асимметрией с использованием экспериментальных данных, приведенных в табл. 1. Численные значения соответствующих параметров нелинейных деформационных моделей представлены графически с нормируемой обеспеченностью 99 % (рис. 1).

Обсуждение результатов

Вероятностное изменение несущей способности балок различного уровня армирования в условиях статического (СН) монотонного и тождественного постциклического (СН_ц) представлено на рис. 2.

Как и следовало ожидать, кинетика несущей способности балок серий одинакова при армировании μ менее граничного ($\mu_R = 2,5 \div 3\%$), поскольку она (в соответствии с предпосылками СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции») определяется только потенциалом прочности растянутой арматуры. Это подтверждается и практической тождественностью изменения показателей различного уровня обеспеченности. Примечательно, что в этом диапазоне армирования несущая способность балок серии ФБ выше обычных аналогов при сравнительно меньшей прочности бетона.

Таблица 1

Экспериментальные данные для расчета по предельным усилиям

Серия	Обозначение	Ед. изм.	Исходные			После $N = 50 \eta = 0,8$		
			средние	min 95 %	min 99 %	средние	min 95 %	min 99 %
ОБ	R_b	МПа	43,57	41,03	39,76	37,43	33,54	31,59
	$\varepsilon_{b,ult}$	$\times 10^5$	313	277	258	238	182	153
	ξ_R		0,518	0,496	0,486	0,466	0,418	0,394
ФБ	R_{fb}	МПа	35,79	33,63	32,55	35,36	29,66	26,8
	$\varepsilon_{b,ult}$	$\times 10^5$	318	262	234	233	190	168
	ξ_R		0,521	0,489	0,473	0,462	0,425	0,406

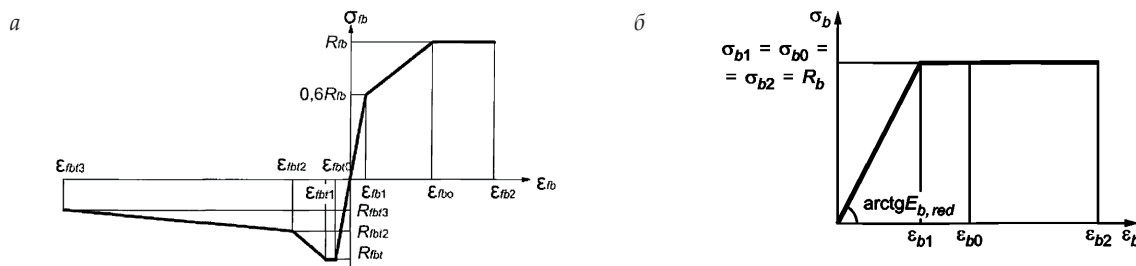


Рис. 1. Деформационные модели:
а – фибробетона; б – бетона

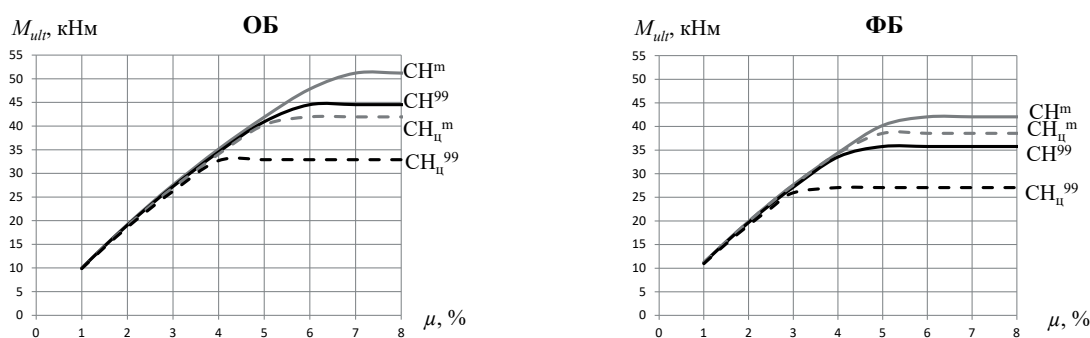


Рис. 2. Влияние армирования на средние (CH^m) и 99 % обеспеченности (CH^{99}) показатели прочности балок

Влияние факторов усталостной трансформации композитов существенно возрастает в переармированных элементах и сказывается:

- в снижении уровня стабилизации несущей способности;
- различии показателей M_{ult} , определяемых по параметрам среднего и нормативного (99%) уровней обеспеченности.

При этом в изгибаемых элементах классического армирования вероятно 20-30 %-е (зависит от μ) снижение постциклической прочности.

Для установления причинно-следственных связей повышенной динамической устойчивости нормально армированных фибробетонных элементов проведена дополнительная оценка параметров сжатой зоны с использованием нормативных деформационных моделей (рис. 1, табл. 2), позволяющих идентифицировать эпюру распределения напряжений сжатой зоны в соответствии с параметрами ее послойного деформирования. Приемлемость такого подхода для сравнительного анализа усталост-

Таблица 2

Изменение параметров сжатой зоны при циклических воздействиях

Серия, этап состояния	Процент армирования	По предельным усилиям			По деформационной модели		
		высота сжатой части	площадь эпюры	предельный момент	высота сжатой части	площадь эпюры	предельный момент
		x	A_c	M_{ult}	x	A_c	M_{ult}
	μ	см	МПа·см	кН·м	см	МПа·см	кН·м
ОБ CH^{99}	1	1,5	59,5	9,97	6,26	66,34	9,44
	1,5	2,24	89,25	14,62	7,22	97,07	13,82
	2	2,99	119	19,04	8,03	128,82	18,15
	2,5	3,74	148,75	23,25	8,69	160,72	22,38
	3	4,49	178,5	27,23	9,21	189,4	26,41

Серия, этап состояния	Процент армирования	По предельным усилиям			По деформационной модели		
		высота сжатой части	площадь эпюры	предельный момент	высота сжатой части	площадь эпюры	предельный момент
	μ %	x см	A_c МПа·см	M_{ult} кН·м	x см	A_c МПа·см	M_{ult} кН·м
ОБ СН _Ц ⁹⁹	1	1,88	59,5	9,85	6,01	65,18	9,44
	1,5	2,83	89,25	14,36	6,95	94,64	13,79
	2	3,77	119	18,58	7,25	125,93	18,08
	2,5	4,71	148,75	22,53	8,42	154,21	22,04
	3	5,62	178,5	26,19	11,41	181,71	25,7
ФБ СН ⁹⁹	1	2,25	73,17	11,11	7,42	78,58	11,09
	1,5	3,14	102,23	15,52	8,24	108,96	15,27
	2	4,03	131,29	19,65	8,94	139,65	19,36
	2,5	4,93	160,36	23,53	9,52	167,51	23,26
	3	5,82	189,42	27,14	10,1	196,69	26,92
ФБ СН _Ц ⁹⁹	1	2,72	72,81	10,94	6,74	77,84	10,94
	1,5	3,8	101,73	15,17	7,62	107,86	15,17
	2	4,87	130,65	19,09	8,37	135,51	19,07
	2,5	5,95	159,57	22,68	9,1	159,93	22,13
	3	7,03	188,48	25,96	11,37	186,27	25,59

ной долговечности подтверждается практической тождественностью соотношений высот и площадей сжатой зоны рассматриваемых элементов. Становится возможным предположить, что установленное превышение прочности изгибаемых фибросодержащих элементов объяснимо повышенной способностью к перераспределению усилий [13, 14] и, как следствие, большей полнотой эпюры напряжений (рис. 3). Различие напряжений в соответствующих сечениях элементов возрастают в слоях, примыкающих к нейтральной зоне элементов.

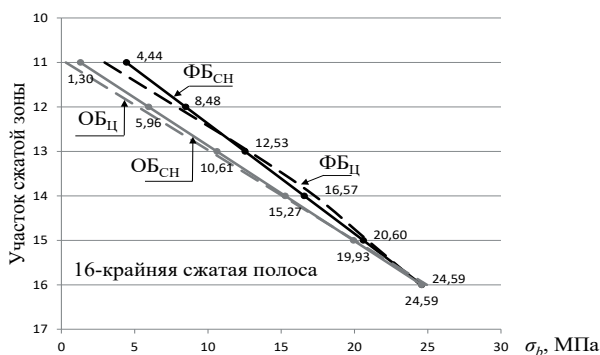


Рис. 3. Послойное изменение напряжений сжатой зоны

Выводы. Фиброармирование бетона полипропиленовыми волокнами:

- повышает несущую способность изгибаемых железобетонных элементов при их конструктивном армировании менее граничного;
- увеличивает усталостное сопротивление элементов за счет развития внутреннего трения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузовчикова Е. А., Яшин А. В. Исследование влияния малоцикловых сжимающих воздействий на деформативность, прочность, и структурные изменения бетона // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1976. №10. С. 30–35.
2. Isojeh B, El-Zeghayar M, Vecchio F.J. Concrete damage under fatigue loading in uniaxial compression // ACI Materials Journal. 2017. No 114(2). P. 225–235. DOI:10.14359/51689477.
3. Gao L., Hsu TCC. Fatigue of concrete under uniaxial compression cyclic loading // ACI Materials Journal. 1998. No 95(5). P. 575–581.
4. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография. М.: АСВ, 2004. 560 с.
5. Huang B, Li Q, Xu S, Zhou B. Effect of loading frequency on the fatigue behavior of ultra-high

toughness cementitious composites in compression 14th International Conference on Fracture (ICF 14) June18–23, 2017, Rhodes, Greece.

6. Liu F, Zhou J. Fatigue strain and damage analysis of concrete in reinforced concrete beams under constant amplitude fatigue loading. *Shock and Vibration*. 2016. DOI:10.1155/2016/3950140.

7. Cachim P.B., Figueiras J.A., Pereira P.A.A. Fatigue behavior of fiber-reinforced concrete in compression // *Cement and Concrete Composites*. 2002. No 24(9). P. 211–217.

8. Paskova T, Meyer C. Low-cycle fatigue of plain and fiber reinforced concrete // *ACI Materials Journal*. 1997. No 94(4). P. 273–285.

9. Ramakrishnan V., Gollapudi S., Zellers R. Performance Characteristics and Fatigue of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete // SP-105, American Concrete Institute: Detroit, 1987. P. 159–177.

10. Korneeva I.G., Pinus B.I. Deformation fatigue fibroproliferative concrete under dynamic effects // *Contemporary Problems of Architecture and Construction Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction*, November Saint Petersburg, 25–26, 2020, P.198–202. DOI: 10.1201/9781003176428.

11. Korneeva I.G., Pinus B. I. Energy aspects of low-cycle fatigue of fibropolypropylene concrete // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety Sochi*, 6-12 September 2020. DOI:10.1088/1757-899X/962/2/022020.

12. Сорокин Е.С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем. М.: Госстройиздат, 1960. 131 с.

13. Li C. Y., Song Y. P. Study of residual strain of concrete under fatigue loading // *Journal of Dalian University of Technology*. 2001. Vol. 41, No. 3. P. 355–358.

14. Lee M. K., Barr B. I. G. An overview of the fatigue behaviour of plain and fibre reinforced concrete // *Cement & Concrete Composites*. 2003. No 26(2004). P. 299–305.

REFERENCES

1. Kuzovchikova E.A., Yashin A.V. Investigation of influence of low-cycle compression impact on deformability, strength and structural changes of concrete. *Izvestiia vuzov. Stroitelstvo i arkhitektura* [Universities News. Construction and architecture], 1976, no. 10, pp. 30–35 (in Russian)

2. Isojeh B., El-Zeghayar M., Vecchio F.J. Concrete damage under fatigue loading in uniaxial compression. *ACI Materials Journal*. 2017. No. 114 (2). P. 225–235. DOI:10.14359/51689477

3. Gao L., Hsu, T.C.C. Fatigue of concrete under uniaxial compression cyclic loading. *ACI Materials Journal*. 1998. No. 95(5). P. 575–581.

4. Rabinovich F.N. *Kompozity` na osnove dispersno-armirovanny`x betonov. Voprosy` teorii i proektirovaniya, tekhnologiya, konstrukcii* [Composites based on dispersedly-

reinforced concrete. Questions on theory and design, technology, constructions]. Moscow, ASV, 2004. 563 p.

5. Huang B., Li Q., Xu S., Zhou B. Effect of loading frequency on the fatigue behavior of ultra-high toughness cementitious composites in compression 14th International Conference on Fracture (ICF 14) June18–23, 2017, Rhodes, Greece.

6. Liu F., Zhou J. Fatigue strain and damage analysis of concrete in reinforced concrete beams under constant amplitude fatigue loading. *Shock and Vibration*. 2016. DOI:10.1155/2016/3950140

7. Cachim P.B., Figueiras J.A., Pereira P.A.A. Fatigue behavior of fiber-reinforced concrete in compression. *Cement and Concrete Composites*. 2002. No. 24(9). P. 211–217.

8. Paskova T, Meyer C. Low-cycle fatigue of plain and fiber reinforced concrete. *ACI Materials Journal*. 1997. No. 94(4). P. 273–285.

9. Ramakrishnan V., Gollapudi S., Zellers R. Performance Characteristics and Fatigue of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete. SP-105, American Concrete Institute, Detroit, 1987. P. 159–177.

10. Korneeva I.G., Pinus B.I. Deformation fatigue fibroproliferative concrete under dynamic effects. *Contemporary Problems of Architecture and Construction Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction*, November Saint Petersburg, 25–26, 2020, Pub. Location London Imprint CRC Press eBook ISBN 9781003176428. P. 198–202. DOI: 10.1201/9781003176428

11. Korneeva I.G., Pinus B.I. Energy aspects of low-cycle fatigue of fibropolypropylene concrete. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety Sochi*, 6-12 September 2020 r. № 962 IOP Publishing, United Kingdom ISSN:1757-899X DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022020

12. Sorokin E.S. *K teorii vnutrennego treniya pri kolebaniyax uprugix system* [On the theory of internal friction during oscillations of elastic systems]. Moscow, Gosstrojizdat, 1960. 131 p.

13. Li C. Y., Song Y. P. Study of residual strain of concrete under fatigue loading. *Journal of Dalian University of Technology*. 2001. vol. 41, No. 3. P. 355–358.

14. Lee M. K., Barr B. I. G. An overview of the fatigue behaviour of plain and fibre reinforced concrete. *Cement & Concrete Composites*. 2003. No. 26(2004). P. 299–305.

Об авторах:

ПИНУС Борис Израилевич

доктор технических наук, профессор
профессор кафедры строительного производства
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
тел. (3952) 40-54-67
E-mail: pinus@istu.edu

PINUS Boris Iz.

Doctor of Engineering Science, Professor
Professor of the Building Production Chair
Irkutsk National Research Technical University
664074, Russia, Irkutsk, Lermontova str.,83
tel. (3952) 40-54-67
E-mail: pinus@istu.edu

КОРНЕЕВА Инна Геннадьевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры строительного производства
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
E-mail: kornee-inna@yandex.ru

KORNEEVA Inna G.

PhD in Engineering Science,
Associate Professor of the Building Production Chair
Irkutsk National Research Technical University
664074, Russia, Irkutsk, Lermontova str.,83
E-mail: kornee-inna@yandex.ru

Для цитирования: Пинус Б.И., Корнеева И.Г. Об оценке прочности изгибаемых железобетонных элементов, подвергнутых циклическим нагрузениям // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 23–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.03.

For citation: Pinus B.I., Korneeva I.G. On the assessment of the strength of bent reinforced concrete elements subjected to cyclic loading. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 23–28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.03.

А. А. ЧУЛКОВ
И. В. НЕДОСЕКО

ОШИБКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

DESIGN ERRORS DURING MAJOR REPAIRS OF APARTMENT BUILDINGS

Рассмотрены и проанализированы основные ошибки проектирования при проведении капитального ремонта системы отопления многоквартирных жилых домов на примере пятиэтажного дома, построенного из керамзитобетонных панелей. Выполнен сравнительный анализ значений сопротивления теплопередаче наружных стен, полученных расчетным путем и по результатам экспериментальных данных. На основании полученных значений сопротивления теплопередаче наружных стен произведен расчет тепловых потерь здания. В результате выявленных недочетов рассчитано количество тепловой энергии, которое недополучили жители обследуемого дома, расположенного на территории города Самары.

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче, тепловые потери, тепловой поток, система отопления, капитальный ремонт, проектирование

Коллективом авторов выполнено обследование жилой квартиры в пятиэтажном четырехподъездном жилом доме, расположенном в Самаре. Основанием для обследования стала жалоба жильцов квартиры, расположенной на первом этаже, на пониженную температуру воздуха в помещении. Со слов жильцов, данная проблема возникла после проведения капитального ремонта системы отопления, выполненного в 2020 г. Представителями государственной жилищной инспекции совместно с управляющей компанией неоднократно были зафиксированы пониженные температуры воздуха в жилой комнате квартиры, температура воздуха достигала 15 °С, что не соответствует требованиям ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Жилой дом постройки 60-х гг. прошлого века выполнен из керамзитобетонных панелей толщиной 350 мм, в доме имеется подвал и неотапливаемый чердак. Система отопления жилого дома двухтрубная с разводкой подающей и обратной магистрали по подвалу. Дом запитан к тепловым сетям по зависимой схеме. На вводе в здание установлены отсечные задвижки. Качественное регулирование тем-

The main design errors during the overhaul of the heating system of apartment buildings on the example of a 5-storey building made of expanded clay concrete panels are considered and analyzed. A comparative analysis of the values of the heat transfer resistance of external walls obtained by calculation and based on the results of experimental data is performed. Based on the obtained values of the heat transfer resistance of the exterior walls, the calculation of the heat losses of the building was performed. As a result of the identified shortcomings, the amount of thermal energy that the residents of the surveyed house located on the territory of the city of Samara did not receive was calculated.

Keywords: resistance to heat transfer, heat losses, heat flow, heating system, overhaul, design

пературы теплоносителя в системе отопления организовано с помощью элеваторного теплового узла. На момент обследования системы отопления температура наружного воздуха $t_n = -4$ °С; температура внутреннего воздуха $t_b = 21,3$ °С; влажность воздуха $\varphi_b = 35,6$ %. Параметры микроклимата в помещении в момент обследования соответствует требованиям ГОСТ 30494-2011. В жилой комнате расположено два стояка системы отопления внутренним диаметром $D_u = 20$ мм (стояки № 26 и 27 согласно проектной документации). На каждом стояке в жилой комнате установлены биметаллические секционные радиаторы по 8 секций каждый. Фрагмент плана квартиры представлен на рис. 1.

В результате замера температура на поверхности стояков № 26 и 27 и отопительных приборов в разных местах находится в пределах 35–46 °С.

Для более тщательного изучения обусловленной проблемы выполнено обследование системы отопления в подвальных помещениях. Температура теплоносителя на подающем трубопроводе на вводе в здание составила $T_{11} = 76$ °С, на обратном трубопроводе $T_{21} = 50$ °С;

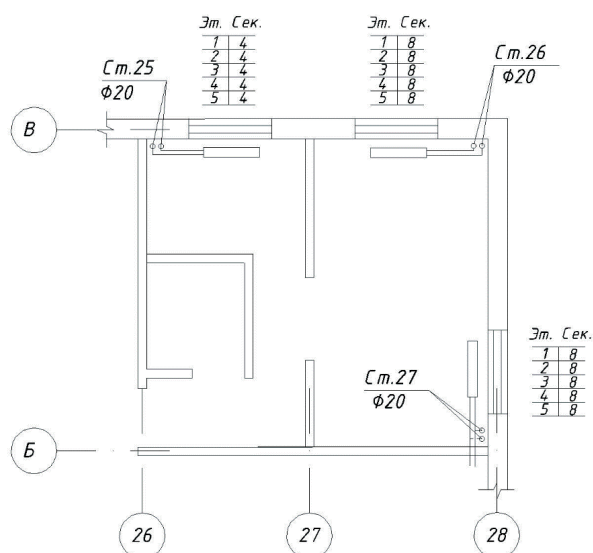


Рис. 1. Фрагмент плана обследуемой квартиры

давление на подающем трубопроводе $P_1 = 0,58$ МПа, на обратном трубопроводе $P_2 = 0,4$ МПа, что соответствует температурному графику ресурсоснабжающей компании.

После узла смешения (элеваторный узел) температура теплоносителя на подающем трубопроводе в системе отопления составляла $T_1 = 62$ °С. Результаты натурного исследования температуры на поверхности стояков № 26 и 27 системы отопления и отопительных приборов, установленных в квартире, показали, что температура на их поверхностях изменяется в диапазоне 35–46 °С, а температура теплоносителя на подающем трубопроводе системы отопления составляет 62 °С. Исходя из данного анализа следует, что температура теплоносителя, поступающая в стояки № 26 и 27 намного ниже, чем на магистральном трубопроводе в подвале. Это свидетельствует о том, что система отопления не отбалансирована по гидравлическому режиму.

Также выполнен анализ рабочей документации на соответствие принятых решений нормативным требованиям.

При анализе рабочей документации, возникает сомнение в правильности принятых решений в проекте. В документации по каждому стояку на разных этажах установлено одинаковое количество секций отопительных приборов. К примеру, на стояке №27 (проходит в квартирах № 1, 4, 8, 12) с первого по пятый этаж установлено по 8 секций. Проектные работы по системе отопления начинаются с расчета тепловых потерь в помещениях. А для этого необходимо выполнить теплотехнический расчет ограждающих конструкций.

Выполним расчет тепловых потерь квартир № 1, 4, 12. Для этого сначала выполним теплотехнический расчет строительных ограждающих конструкций.

Приведенное сопротивление теплопередаче определяется по формуле

$$R_0^{np} = r \cdot \left(\frac{1}{\alpha_v} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_n} \right), \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт,} \quad (1)$$

где r – коэффициент теплотехнической однородности; α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С); α_n – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);

$R_i = \delta_i / \lambda_i$ – термическое сопротивление i -го слоя многослойной ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт, здесь δ_i – толщина i -го слоя конструкции, м; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя конструкции, Вт/(м·°С).

Состав и характеристики ограждающих конструкций жилого дома представлены в табл. 1.

Выполним расчет тепловых потерь по методике [1] для указанных выше квартир. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Исходя из полученных результатов расчета видно, что тепловые потери одинаковых помещений на разных этажах отличаются и, следовательно, одинаковое количество секций отопительных приборов не может быть установлено.

Далее выполним расчет количества секций отопительных приборов в жилой комнате квартиры №1 с некоторыми допущениями: условно принимаем, что радиатор в данной комнате один и подключен к одному стояку, также в расчете не будем учитывать теплоотдачу стояков. Для более полного расчета, с учетом нескольких стояков и радиаторов, необходимо выполнить расчет тепловых потерь соседних квартир и разделить нагрузку пропорционально на разные стояки. Данные расчеты необходимо выполнять при проектировании системы отопления.

Расчет выполнен по методике, изложенной в справочнике проектировщика [1]. Тепловые потери для данного расчета приняты из табл. 2. Результаты расчеты сведены в табл. 3.

Из табл. 3 отчетливо видно, что по результатам расчета количество секций в жилой комнате квартиры № 1 по этажам меняется, что подтверждает описанное выше предположение.

Исходя из выполненных расчетов можно сделать вывод, что расчет тепловых потерь и подбор количества секций отопительных приборов в рабочей документации выполнен некорректно.

Таблица 1

Теплофизические характеристики ограждающих конструкций жилого дома

Вид ограждающей конструкции	Толщина δ_i , м	Коэффициент теплопроводности λ_{γ} , Вт/м ² ·°С	Плотность ρ_{γ} , кг/м ³	Сопротивление теплопередаче R_{γ} (м ² ·°С)/Вт
1. Наружные стены				
Керамзитобетонные плиты	0,35	0,33	1000	1,09
2. Перекрытие над подвалом				
Цементно-песчаная стяжка	0,03	0,76	1800	0,66
Керамзитобетон	0,05	0,29	800	
Пустотная плита перекрытия	0,22	1,29	2500	
Оконные блоки с двухкамерными стеклопакетами	-	-	-	0,55
3. Перекрытие над чердаком				
Пустотная плита перекрытия	0,22	1,29	2500	1,09
Керамзитобетон	0,2	0,29	800	
Цементно-песчаная стяжка	0,03	0,76	1800	

Таблица 2

Расчет тепловых потерь

№ квартиры	Этаж	Назначение помещения	Тепловые потери, Вт
1	1	Жилая комната	2560
1	1	Кухня	740
4	2–4	Жилая комната	2250
4	2–4	Кухня	600
12	5	Жилая комната	3000
12	5	Кухня	930

Таблица 3

Результаты расчета секций отопительных приборов

Этаж	Факт	Расчет
1	16	20
2	16	17
3	16	17
4	16	17
5	16	24

С помощью измерительных приборов тепловизора Flir ThermaCam, измерителя теплового потока ИТП–МГ4.03/5(1) произведено те-

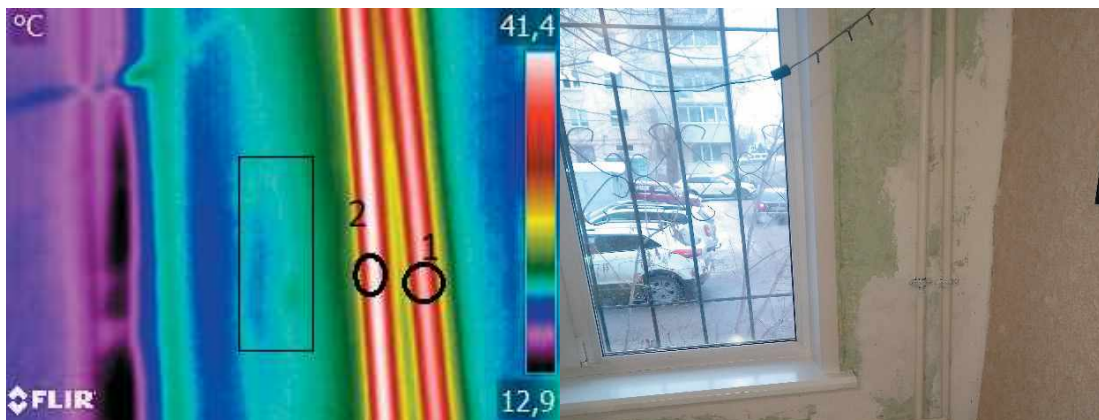
плотехническое обследование наружных стен в квартире №1.

На рис. 2 и 3 представлены термограммы исследуемых наружных стен.

В табл. 4 представлены результаты измерения температуры на внутренней поверхности стены и плотности теплового потока.

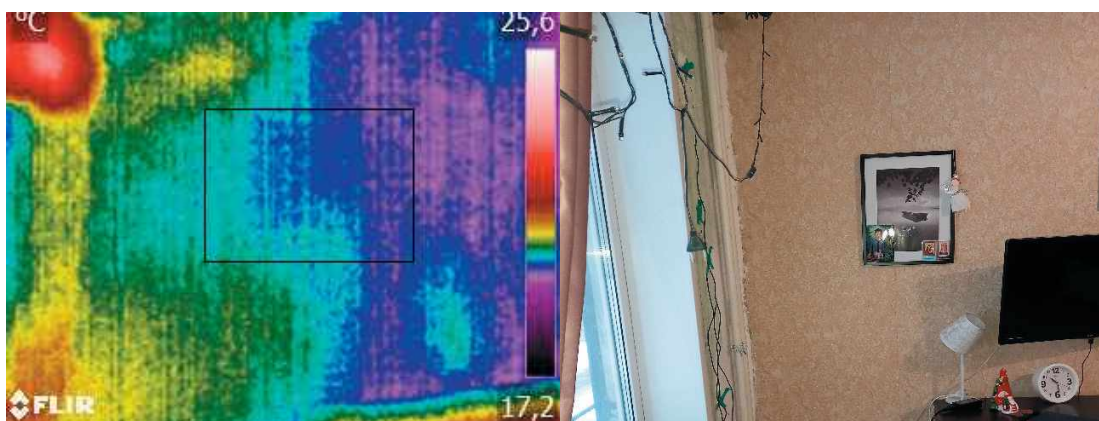
Из полученных результатов видно, что температуры на внутренней поверхности стены, полученные с помощью тепловизионной съемки, отличаются от значений, полученных с помощью измерителя теплового потока ИТП–МГ4.03/5(1), на величину погрешности измерения и практически совпадают, что свидетельствует о точности полученных результатов.

Далее определим фактическое сопротивление теплопередаче наружных стен в осях 27-28/В и Б-В/28 на основании экспериментальных



Минимальная температура стены, °C 19,9
 Максимальная температура стены, °C 21,6
 Среднее значение стены, °C 20,7
 Точка 1 (стойк системы отопления) 38,8
 Точка 2 (стойк системы отопления) 41,7

Рис. 2. Фрагмент стены в осях 27-28/В



Минимальная температура стены, °C 19,5
 Максимальная температура стены, °C 20,9
 Среднее значение стены, °C 20,2

Рис. 3. Фрагмент стены в осях Б-В/28

Таблица 4

Результаты теплотехнических измерений

Стена в осях 27–28/В		Стена в осях Б–В/28	
тепловой поток q , Вт/м ²	температура на внутр. поверхности τ , °C	тепловой поток q , Вт/м ²	температура на внутр. поверхности τ , °C
27,1	20,3	27,8	19,4

данных по формуле (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»):

$$R_0 = \frac{t_e - t_n}{q}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}, \quad (2)$$

где R_0 – сопротивление теплопередаче на глади наружной стены, (м²·°C)/Вт; t_n – температура внутреннего воздуха в помещении, °C; t_e – температура наружного воздуха, °C; q – тепловой поток, Вт/м².

$R_{01} = \frac{21,3 + 4}{27,1} = 0,93 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ – для наружной стены в осях 27-28/В;

$R_{02} = \frac{21,3 + 4}{27,8} = 0,91 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ – для наружной стены в осях Б-В/28.

Определим приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен с учетом коэффициента теплотехнической однородности r , учитывающего неоднородность конструкции, по формуле

$$R_0^{np} = r \cdot R_0, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}. \quad (3)$$

Для панельных керамзитобетонных зданий коэффициент теплотехнической однородности принимаем равным $r = 0,9$ [2].

$R_{01}^{np} = 0,9 \cdot 0,93 = 0,84 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ – для наружной стены в осях 27-28/В;

$R_{02}^{np} = 0,9 \cdot 0,91 = 0,82 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ – для наружной стены в осях Б-В/28.

Значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен, полученные в результате натурного эксперимента, существенно отличаются от значений, полученных расчетным путем, $0,82-0,84 < 1,09$.

Исходя из полученных результатов видно, что даже при «правильно» выполненном теплотехническом расчете проектная организация некорректно бы сделала расчет тепловых потерь, так как теплотехническое обследование строительных ограждающих конструкций не выполнялось.

Проверим полученное экспериментальным путем приведенное значение теплопередаче наружных стен на соответствие нормативному значению в период строительства жилого дома.

Согласно СНиП II-В.3-58 «Строительная теплотехника» требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяют по формуле

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_e - t_n)}{\alpha_e \cdot \Delta t_n} = \frac{1 \cdot (18 + 30)}{8,7 \cdot 6} = 0,92 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, \quad (3)$$

где Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой на внутренней поверхности наружной стены, °C.

Полученный результат свидетельствует о том, что конструкция наружной стены жилого дома не соответствует нормативному показателю на момент строительства дома: $R_0^{np} < R_0^{mp}$, $0,82 < 0,92 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Площадь наружных стен жилого дома составляет 1410 м² (за минусом окон и балконных дверей). Тепловые потери через наружные стены по результатам расчета сопротивления теплопередаче составляют 66740 Вт; на основании значений сопротивления теплопередаче, полученных экспериментальным путем, составляют 88500 Вт. Разница полученных значений составляет 21760 Вт, что в процентном соотношении составляет примерно 25 %. Как показали результаты исследований, опубликованные в работах [3–5], утепление наружных стен существенно снижает тепловые потери в помещениях (ГОСТ Р 54852–2011 «Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»). Рекомендовано выполнить утепление наружных стен.

Причиной пониженной температуры воздуха жилой квартиры по результатам проведенных исследований являются ошибки проектирования, а именно: неправильно выполнен теплотехнический расчет ограждающих конструкций, расчет тепловых потерь, расчет подбора отопительных приборов.

Выводы. 1. Фактическое сопротивление теплопередаче наружных стен составило $0,82-0,84 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, расчетное значение $1,09$.

2. Тепловые потери через наружные стены по результатам расчетного значения сопротивления теплопередаче на 25 % меньше значений, полученных при использовании в расчете экспериментальных данных.

3. Перед проектированием системы отопления в жилых многоквартирных домах необходимо выполнять теплотехническое обследование ограждающих конструкций, определять фактическое сопротивление теплопередаче и на основании полученных данных выполнять расчет тепловых потерь и подбор отопительных приборов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Староверов И.Г. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление / под ред. И.Г. Староверова, Ю.И. Шиллера. М.: Стройиздат, 1990. 343 с.
2. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций. Стандарт организации. М.: РОИС, 2006. 64 с.

3. Витчиков Ю.С., Беляков И.Г., Чулков А.А., Шайхутдинова И.В. Исследование теплозащитных характеристик торцевой наружной стены многоэтажного жилого здания // Научное обозрение. 2015. № 23. С. 31–35.

4. Витчиков Ю.С., Беляков И.Г., Нохрина Е.Н. Утепление фасадов зданий при капитальном ремонте существующего жилого фонда Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2014. № 3(16). С.103–110. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.03.18.

5. Витчиков Ю.С., Беляков И.Г., Белякова Е.А., Славов С.Д. Повышение энергоэффективности реконструируемых жилых зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 1. С. 62–63.

4. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Nokhrina E.N. Insulation of building facades during the overhaul of the existing housing stock of the Samara region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2014, Iss. 3(16), pp. 103–110. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.03.18

5. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Belyakova E.A., Slavov S.D. Improving the energy efficiency of reconstructed residential buildings. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka* [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century], 2008, no. 1, pp. 62–63. (in Russian)

REFERENCES

1. Staroverov I.G., Shiller Ju.I. *Spravochnik proektirovshhika. Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva. Chast' 1. Otoplenie* [Designer's Handbook. Internal sanitary and technical devices. Part 1. Heating]. Moscow, Stroyizdat, 1990. 343 p.

2. STO 00044807-001-2006. *Teplozashhitnye svoystva ograzhdajushhih konstrukcij. Standart organizacii* [STO 00044807-001-2006. Thermal protection properties of enclosing structures. Organization Standard]. Moscow, ROIS, 2006. 64 p.

3. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Chulkov A.A., Shaikhutdinova I.V. Study of heat protection characteristics of the end outer wall of a multi-storey residential building. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2015, no. 23, pp. 31–35. (in Russian)

Об авторах:

ЧУЛКОВ Александр Анатольевич

инженер Центра энергосбережения в строительстве Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ch_aleks01@mail.ru

CHULKOV Alexander A.

Engineer of the Center for Energy Saving in Construction Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ch_aleks01@mail.ru

НЕДОСЕКО Игорь Вадимович

доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций Уфимский государственный нефтяной технический университет Архитектурно-строительный институт 450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, 195 E-mail: nedoseko1964@mail.ru

NEDOSEKO Igor' V.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Building Structures Chair Ufa State Petroleum Technical University Architectural and Construction Institute 450080, Russia, Ufa, Mendeleev str., 195 E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Для цитирования: Чулков А.А., Недосеко И.В. Ошибки проектирования при проведении капитального ремонта жилых многоквартирных домов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 29–34. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.04.

For citation: Chulkov A.A., Nedoseko I.V. Design errors during major repairs of apartment buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 29–34. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.04.

А. П. ШЕПЕЛЕВ
Р. Р. ИБАТУЛЛИН
А. А. ПИЩУЛЕВ

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СБОРНЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ РИГЕЛЬ ПОНИЖЕННОЙ ВЫСОТЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НАГРУЖЕНИЕМ

IMPROVED PRECAST REINFORCED CONCRETE CROSSBAR OF REDUCED HEIGHT. RESULTS OF FULL-SCALE LOADING TESTS

Объектом исследования является усовершенствованная конструкция железобетонного ригеля перекрытия в составе сборного каркаса жилого здания. Ригель имеет пониженную высоту с подрезками в опорных зонах, что в совокупности с видоизменёнными сборными многопустотными плитами позволяет выполнить нижнюю поверхность перекрытия без выступающих рёбер. Данное решение позволяет использовать сборный железобетон со всеми его преимуществами и конкурировать с монолитными железобетонными безбалочными каркасами. Для обеспечения прочности наклонных сечений на действие поперечной силы и изгибающего момента в качестве поперечного армирования применены каркасы с использованием жестких вставок из листовой стали. Результаты проведенных испытаний показали, что разработанный ригель удовлетворяет заявленным требованиям как по первой, так и по второй группе предельных состояний (прочность, жесткость, трещиностойкость). Поперечное армирование в виде каркасов с жесткими вставками из листовой стали обеспечивает требуемую несущую способность наклонных сечений. Испытанием также подтвердилась надежная совместная работа бетона и жесткой вставки от начала загрузки до предельного состояния по прочности.

Ключевые слова: сборные железобетонные конструкции, сборный безбалочный каркас, предварительно напряженный ригель, каркас с жесткими вставками, натурные испытания

Сложившаяся в настоящее время ситуация на рынке жилищного строительства, а именно возросшие требования к комфортабельности и при этом невысокой стоимости, заставляет специалистов непрерывно пересматривать и видоизменять принятые в строительстве конструктивные решения жилых зданий.

Из всего перечня конструктивных решений гражданских зданий (каменные здания; монолитные каркасы с ребристыми и плоскими

The object of the study is an improved design of a reinforced concrete floor crossbar as part of a prefabricated frame of a residential building. The crossbar has a reduced height with undercuts in the support zones, which in combination with modified prefabricated multi-hollow plates allows you to perform the lower surface of the overlap without protruding ribs. This solution allows you to use precast reinforced concrete with all its advantages and compete with monolithic reinforced concrete girderless frames. To ensure the strength of inclined sections to the action of transverse force and bending moment, cage using rigid inserts made of sheet steel are used as transverse reinforcement. The results of the tests showed that the developed crossbar meets the stated requirements for both the first and the second group of limit states (strength, stiffness, crack resistance). Transverse reinforcement in the form of cages with rigid inserts made of sheet steel provides the required bearing capacity of inclined sections. The test confirmed the reliable joint work of concrete and rigid inserts from the beginning of loading to the ultimate state of strength.

Keywords: precast reinforced concrete structures, prefabricated frame without beams, prestressed beam, cage with rigid inserts, full-scale tests

безригельными перекрытиями; сборные рамные, связевые и рамно-связевые каркасы; сборно-монолитные каркасы, панельные здания) на сегодняшний день в гражданском строительстве повсеместное распространение получил безбалочный бескапитальный каркас. Такая система имеет ряд преимуществ: уменьшение общей кубатуры здания, улучшение санитарных условий (освещенности, вентиляции, инсоляции), большая архитектурная лаконичность

и выразительность, появляется возможность свободной планировки помещений. Наряду с этим имеются значительные недостатки, присущие монолитным конструкциям: устройство трудоемкой и дорогостоящей опалубки; необходимость контроля прочности бетона непосредственно на площадке строительства, повышенный расход бетона и арматуры (что продиктовано требованиями второй группы предельных состояний), опасность снижения несущей способности из-за риска недоуплотнения бетона вследствие высокой насыщенности арматурой, сезонность работ, энергетические затраты на производство работ в зимнее время, высокая продолжительность сроков строительства, зависящая от длительности твердения бетона в естественных условиях, низкая индустриализация строительства.

Главное преимущество строительства объектов из сборных железобетонных конструкций (ЖБК) – быстрота сборки: сборный каркас не требует дополнительного времени на набор прочности бетона в конструкциях, как при монолитном строительстве; отсутствие мокрых процессов позволяет вести строительные-монтажные работы всесезонно и в различных климатических условиях. Ещё одним преимуществом сборного каркаса является то, что на заводах ЖБИ налажена система контроля качества продукции. Кроме того, изготовление предварительно напряженных ЖБК возможно, как правило, только в заводских условиях. Это позволяет достичь высоких показателей по срокам строительства и качеству зданий и сооружений. Применение сборных железобетонных конструкций способствует индустриализации и максимальной механизации строительства. Таким образом, применение сборных железобетонных конструкций способствует снижению себестоимости строительства. Однако отсутствие возможности свободной планировки пространства и низкая комфортабельность существующих решений сборных железобетонных каркасных и панельных зданий являются главными и решающими факторами, снижающими их конкурентоспособность.

В связи с этим на кафедре ЖБК АСА СамГТУ совместно со специалистами ООО «Опытный Завод СМиК», г. Тольятти и ПКМ «Татищев» был разработан сборный безбалочный каркас многоэтажного здания с усовершенствованной системой диска перекрытия без выступающих элементов, что позволяет использовать сборный железобетон со всеми его преимуществами.

Конструктивная система здания принята по аналогии с серией 1.020–1.87 с изменениями следующих элементов: консолей колонн, вы-

соты ригелей, узлов опирания ригелей на консоли колонн, конструкций плит перекрытия и диафрагм жесткости. В результате получено здание с плоским диском перекрытия. При этом каркас работает по связевой схеме, что обеспечивает простоту монтажа конструкций на строительной площадке.

В состав каркаса входят предварительно напряженные ригели таврового поперечного сечения (с полкой в растянутой зоне) с подрезками в опорных зонах. Данная конструкция ригелей в совокупности со сборными многопустотными плитами перекрытия позволяет выполнить поверхность потолка без выступающих ребер. В отличие от подобного ригеля типовой серии 1.020-1.87 разработанный ригель имеет пониженную высоту поперечного сечения 300 мм (в типовом варианте высота ригеля составляет 450 мм). Опалубочный чертеж ригеля представлен на рис. 1. Расчеты по прочности, жесткости и трещиностойкости, а также конструирование ригеля выполнены сотрудниками кафедры ЖБК АСА СамГТУ с использованием методик, частично изложенных в [1, 2].

Понижение высоты ригеля приводит к значительной потере жесткости, увеличивая его деформативность. При этом наиболее «слабым» местом с точки зрения обеспечения прочности являются опорные зоны, в связи с тем что имеются подрезы малого сечения.

Для обеспечения прочности наклонных сечений на действие поперечной силы и изгибающего момента в качестве поперечного армирования применяются каркасы с использованием жестких вставок из листовой стали (рис. 2). Такое армирование обеспечивает значительную несущую способность короткой консоли, образованной подрезкой, при относительно малых размерах сечения консоли.

Для обеспечения лучшей совместной работы бетона с пластинами, вставки выполняются с перфорацией.

Для предотвращения отрыва полки по центру тяжести продольной предварительно напряженной арматуры предусматриваются закладные детали анкерного типа, которые закладываются в опорных зонах по нижней поверхности полки. Чертеж закладной детали представлен на рис. 3.

На ООО «Опытный завод СМиК» были изготовлены и испытаны в лаборатории кафедры ЖБК АСА СамГТУ два опытных образца ригелей перекрытия. Проектный класс бетона $\sigma_{sp} = 550$ МПа. Продольное армирование ригеля следующее: в нижней зоне – пять предварительно напряженных стержней диаметром 18 мм класса А800; без предварительного на-

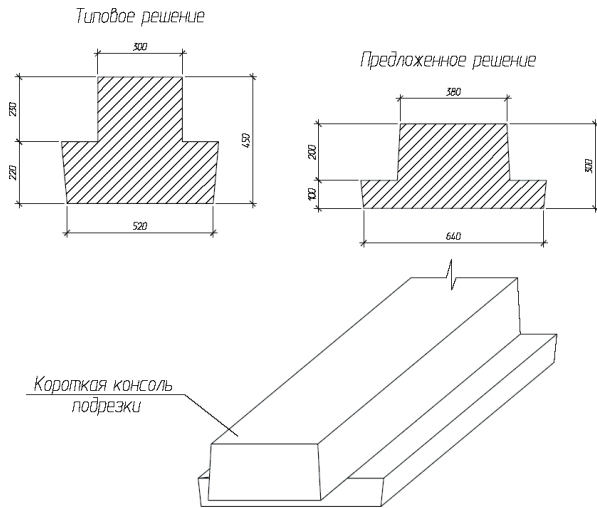


Рис. 1. Опалубочный чертеж ригеля

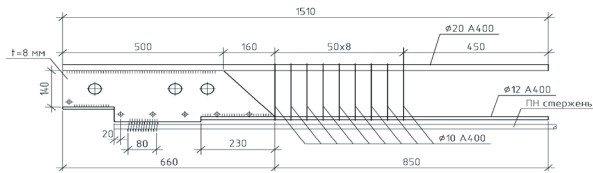


Рис. 2. Каркас для поперечного армирования ригеля

пряжения – два стержня диаметром 18 мм класса А400, четыре стержня диаметром 12 мм класса А400; в сжатой от внешней нагрузки зоне – четыре стержня диаметром 22 мм класса А400. Для обеспечения анкеровки предварительно напряженных стержней предусмотрены пластины с анкерами по нижней грани ригеля.

Испытание ригеля проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 8829 в рабочем положении по схеме, где одна опора неподвижная, другая подвижная, допускающая перемещение ригеля вдоль пролета.

Испытание проводилось гидравлическими домкратами ДГ-25 в количестве четырех штук. Давление в домкратах создавалось при помощи гидравлической насосной станции с ручным приводом. Общий вид на испытываемые конструкции представлен на рис. 4.

Загружение выполнялось ступенчато, эквивалентная нагрузка на каждой ступени не превышала 10 % от контрольной нагрузки по прочности и 20 % от контрольной нагрузки по жесткости. После каждой ступени нагружения ригель выдерживался не менее 10 мин, при контрольных нагрузках ригель выдерживался не менее 30 мин. На последней ступени нагружения ригели выдерживались 2,5 ч. На каждой

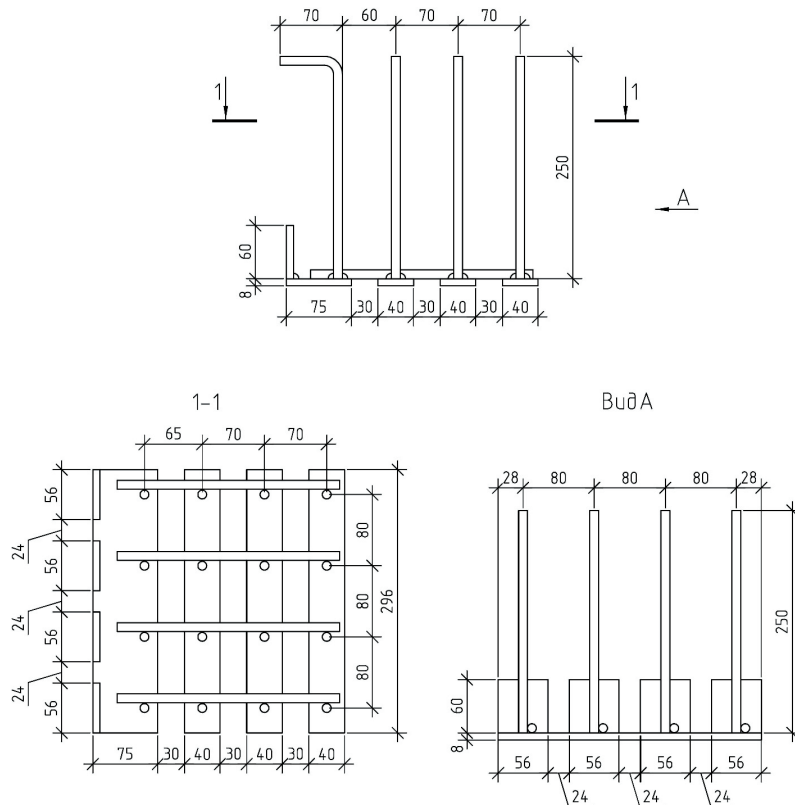


Рис. 3. Закладная деталь анкерного типа



Рис. 4. Вид на испытываемые образцы

ступени снимались показания прогибомеров, индикаторов часового типа, а также производился осмотр контрольного образца на предмет образования трещин. На контрольных нагрузках велась фотосъемка.

Для определения величины фактического прогиба ригеля перекрытия использовались прогибомеры 6ПАО (цена деления 0,01 мм), установленные в середине пролета по одному с каждой стороны ригеля. Определение смещения (в продольном направлении) концов арматурных стержней относительно бетона на торцах плиты измерено на трех средних стержнях с каждой стороны ригеля. Измерение производилось при помощи индикаторов часового типа. Индикаторы были зафиксированы на предварительно напряженных стержнях посредством специально разработанных захватов. Определение ширины раскрытия трещин выполнялось с помощью измерительного микроскопа МПБ-3М.

На третьем этапе загрузки при нагрузке 16,2 т (1,185 т/м), что соответствует контрольной нагрузке по образованию нормальных к продольной оси элемента трещины не зафиксированы. Образовались вертикальные трещины, берущие начало у внутреннего угла подрезки. Трещины, нормальные к продольной оси элемента, в середине пролета зафиксированы на 5-м этапе загрузки при нагрузке 24 т (4,444 т/м).

При контрольной нагрузке по жесткости и трещиностойкости (7-й этап, 31,5 т (5,833 т/м) фактический прогиб конструкций составил 25,09 и 25,05 мм, что меньше контрольного 26,78 мм.

Силовые наклонные трещины в опорных зонах не обнаружены. Ширина раскрытия трещин в середине пролета, нормальных к продольной оси элемента, составила 0,05 мм, что меньше контрольной величины 0,062 мм. Зафиксированы волосные трещины вдоль про-

лета в местах примыкания полков на длину ≈ 15 см шириной раскрытия 0,1 мм. Ширина раскрытия вертикальных трещин, берущих начало у внутреннего угла подрезки, составила 0,25 мм. Таким образом, требования ГОСТ 8829 по жесткости и трещиностойкости ригелей удовлетворяются.

На 8-м этапе нагружения при нагрузке 35 т (6,481 т/м) зафиксированы дугообразные трещины на торцах полков ригеля. Данные трещины на 11-м этапе нагружения представлены на рис. 5.

Трещины вдоль пролета в местах примыкания полков (рис. 6) показали значительную динамику развития и на 9-м этапе нагружения при нагрузке 41,5 т (7,685 т/м); ширина раскрытия подобных трещин составила 0,7 мм. При этом их длина изменилась незначительно. При дальнейшем нагружении ширина раскрытия этих трещин менялась незначительно.

При контрольной нагрузке по прочности согласно первому случаю разрушения ГОСТ 8829 (разрушение от достижения в рабочей арматуре нормального или наклонного сечения напряжений, соответствующих пределу текучести (условному пределу текучести) стали, ранее раздробления сжатого бетона), что соответствует 11-му этапу нагружения, 50,5 т (9,352 т/м) фактический прогиб ригелей составил 51,41 и 51,43 мм, что меньше граничного 90,53 мм. Следовательно, разрушения конструкции вследствие достижения в рабочей продольной арматуре предела текучести (условного предела текучести) не произошло.

При контрольной нагрузке по прочности согласно второму случаю разрушения ГОСТ 8829 (разрушение от раздробления бетона в сжатой зоне над нормальной или наклонной трещиной в изделии до достижения предела текучести (условного предела текучести) стали в растянутой арматуре, что соответствует

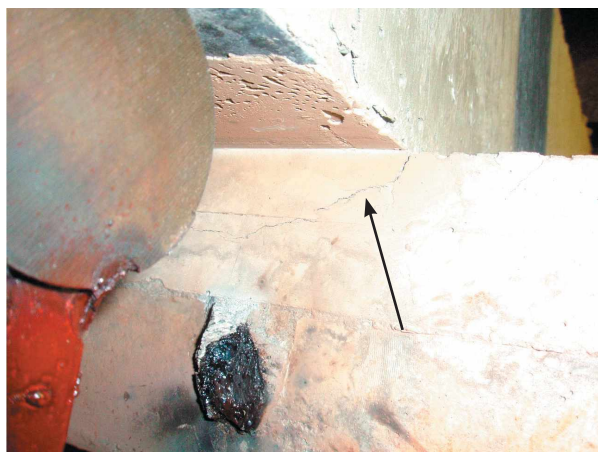


Рис. 5. Дугообразная трещина на торце полки

хрупкому характеру разрушения), что соответствует 13-му этапу нагружения, 61,5 т (11,39 т/м) наклонные трещины у внутренних углов подрезов и на опорных участках за подрезами не зафиксированы, ширина раскрытия вертикальных трещин у внутренних углов подрезов составила 0,25 мм, что свидетельствует о хорошей совместной работе жестких вставок с бетоном в конструкции. При этом максимальное смещение концов предварительно напряженной арматуры составило 0,13 мм < 0,2 мм.

Раздробления бетона в вершинах трещин не наблюдалось. Фактический прогиб конструкций составил 74,98 и 74,09 мм, что меньше граничного 90,53 мм, следовательно, напряжения в рабочей продольной арматуре не достигли предела текучести (условного предела текучести). Таким образом, прочность ригелей, соответствующая второму случаю разрушения ГОСТ 8829, обеспечена.

При дальнейшем нагружении наблюдалось значительное увеличение прогиба, раскрытие трещин, смещение относительно бетона концов предварительно напряженных стержней (на 15-м этапе 0,16 мм). Раздробления бетона в вершинах трещин не наблюдалось. На 15-м этапе нагружения при нагрузке 68 т (12,59 т/м) фактический прогиб составил 98,84 и 98,8 мм (рис. 7), что превышает граничное значение 90,53 мм, следовательно, достигнуто состояние разрушения в результате достижения в рабочей арматуре напряжений, соответствующих пределу текучести (условному пределу текучести) стали в растянутой арматуре. За разрушающую нагрузку следует считать нагрузку 68 т (12,59 т/м), соответствующую 15-му этапу. Коэффициент запаса при этом составил $s = 1,765$.

По результатам натурных испытаний нагружением сборных железобетонных двухполочных ригелей пониженной высоты с подрезками в опорных зонах получены следующие **выводы**:



Рис. 6. Трещина вдоль пролета в месте примыкания полки



Рис. 7. Ригели в предельном состоянии

– прогиб ригелей и ширина раскрытия трещин при контрольной нагрузке не превысили контрольных значений; конструкция разра-

ботанного ригеля удовлетворяет требованиям по жесткости и трещиностойкости;

– разрушение ригелей произошло от достижения в рабочей арматуре нормального сечения условного предела текучести (первый случай разрушения); коэффициент безопасности при этом достиг значения $c = 1,765$ (для первого случая разрушения нормируемый коэффициент безопасности $c = 1,33$, для второго случая разрушения – $c = 1,6$);

– разрушений бетона сжатой зоны над трещинами (второй случай разрушения) не наблюдалось;

– смещение относительно бетона концов предварительно напряженных стержней не превышает допустимой величины при испытании двух конструкций из партии 0,2 мм;

– конструкция разработанного ригеля удовлетворяет требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости;

– предложенное поперечное армирование в виде каркасов с жесткими вставками из листовой стали обеспечило значительную несущую способность наклонных сечений ригелей; наблюдалась хорошая совместная работа бетона и пластины от начала загрузки ригелей до его предельного состояния.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коянкин А. А., Митасов В. М. Каркас сборно-монолитного здания и особенности его работы на разных жизненных циклах // Вестник МГСУ. 2015. №9. С. 28–35.

2. Недвига Е.С., Виноградова Н. А. Системы сборно-монолитных перекрытий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №4(43). С. 87–102.

3. Бухман Н.С., Жильцов Ю.В. Определение коэффициентов распределения напряжений в стальном листе при поперечном изгибе железобетонной балки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. №6–2. С. 314–317.

4. Filatov V., Galyautdinov Z. Numerical study of crack formation and strains distribution during the punching of reinforced concrete slabs // Lecture notes in civil engineering. 2022. V. 197. P. 169–177.

5. Филатов В.Б., Галяутдинов З.Ш. Исследование деформаций бетона плиты в зоне продавливания // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции. 2020. С. 224–230.

6. Филатов В.Б. Расчет прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом сил зацепления в наклонной трещине // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 т. 2014. С. 389–396.

7. Филатов В.Б., Галяутдинов З.Ш. Экспериментальное исследование и методика расчета прочности

железобетонных плит при продавливании // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 4(45). С. 53–65. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.7.

8. Snezhkina O.V. Engineering method for assessing the strength of reinforced concrete beams. Proc. of International scientific workshop «MIP engineering 2019: advanced technologies in material science, mechanical and automation engineering». Institute of Physics and IOP Publishing Limited. Krasnoyarsk. 2019. P. 22050.

9. Murashkin V., Murashkin P. Application of concrete deformation model for calculation of bearing capacity of reinforced concrete structures. Proc. of 27th Russian-Polish-Slovak seminar, theoretical foundation of civil engineering (27RSP). Rostov-on-Don. 2018. P. 04008.

10. Travush V.I., Krylov S.B., Konin D.V., Krylov A.S. Ultimate state of the support zone of reinforced concrete beams. Magazine of civil engineering. 2018. no. 7. P. 165–174.

11. Мирсаянов И.Т. Обеспечение безопасности железобетонных балок по наклонному сечению при многократно повторяющихся нагрузках // Жилищное строительство. 2016. №1–2. С. 23–27.

12. Медведев В.Н., Семенюк С. Д. Прочность и деформативность балочных изгибаемых элементов с внешним листовым армированием // Инженерно-строительный журнал. 2016. №3(63). С. 3–15.

13. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р., Кокорин Д.Н. Экспериментально-теоретические исследования железобетонных балок на податливых опорах по наклонным сечениям при сейсмических и других динамических нагрузениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013 №1. С. 40–44.

REFERENCES

1. Koyankin A.A, Mitasov V. M. Cast-in-place building frame and its features at separate life cycles. *Vestnik MGSU* [Vestnik MGSU], 2015, no. 7, pp. 28–35. (in Russian)

2. Nedviga E. S., Vinogradova N. A. Systems of prefabricated monolithic slabs. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of unique buildings and structures], 2016, no. 4(43), pp. 87–102. (in Russian)

3. Buhman N. S., Zhiltsov Yu. V. Determination the coefficients of stress distribution in the steel sheet at transverse bend of ferroconcrete beam. *Izvestiya samarskogo nauchnogo centra rossijskoj akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, vol. 15, no. 6–2, pp. 314–317. (in Russian)

4. Filatov V., Galyautdinov Z. Numerical study of crack formation and strains distribution during the punching of reinforced concrete slabs. Lecture notes in civil engineering. 2022. vol. 197. pp. 169–177.

5. Filatov V., Galyautdinov Z. Study of concrete slab deformations in the area of punching. *Stroitel'stvo i zastrojka: zhiznennyj cikl – 2020. Materialy V Mezhdunarodnoj (XIVserossijskoj) konferencii* [Construction and development: life cycle – 2020. Materials in the

International (XI All-Russian) Conference], 2020, pp. 224–230. (In Russian).

6. Filatov V. B. Calculation of strength of the inclined sections bent reinforced concrete elements taking account of aggregate interlock forces in inclined crack. *Beton i zhelezobeton – vzgljad v budushhee. Nauchnye trudy III Vserossijskoj (II Mezhdunarodnoj) konferencii po betonu i zhelezobetonu: v 7 tomah* [Concrete and reinforced concrete – a look into the future. Scientific papers of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete: in 7 volumes], 2014, vol. 1, pp. 289–296. (In Russian).

7. Filatov V., Galyautdinov Z. Experimental study and methodology for calculating the punching shear strength of reinforced concrete slabs. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2021, vol. 11, no. 4(45), pp. 53–65. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.7

8. Snezhkina O.V. Engineering method for assessing the strength of reinforced concrete beams. Proc. of International scientific workshop «MIP engineering 2019: advanced technologies in material science, mechanical and automation engineering», Institute of Physics and IOP Publishing Limited, Krasnoyarsk, 04-06 April 2019, (2019), P. 22050.

9. Murashkin V., Murashkin П., Application of concrete deformation model for calculation of bearing capacity of reinforced concrete structures. Proc. of 27th Russian-Polish-Slovak seminar, theoretical foundation of civil engineering (27RSP), Rostov-on-Don, 17-21 September 2018. P. 04008.

10. Travush V.I., Krylov S.B., Konin D.V., Krylov A.S. Ultimate state of the support zone of reinforced concrete beams. *Magazine of civil engineering*. 2018, no. 7, pp. 165–174.

11. Mirsayapov I.T. Ensuring the safety of reinforced concrete beams along the oblique section under repeated loads. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2016, no. 1–2, pp. 23–27. (in Russian)

12. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Magazine of civil engineering], 2016, no. 3, pp. 3–15. (in Russian)

13. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Kokorin D.N. Experimental and theoretical studies of reinforced concrete beams on yielding supports over oblique sections under seismic and other dynamic loads. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2013, no. 1, pp. 40–44. (in Russian)

Об авторах:

ШЕПЕЛЕВ Александр Петрович

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

SHEPELEV Alexandr P.

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

ИБАТУЛЛИН Рустам Рафаилович

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

IBATULLIN Rustam R.

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

ПИЩУЛЕВ Александр Анатолиевич

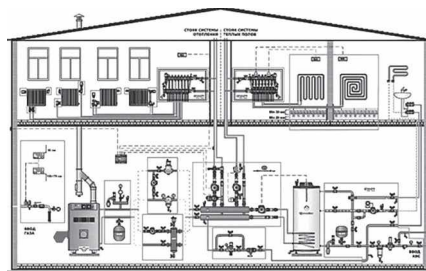
кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: pishulev@yandex.ru

PISCHULEV Alexandr A.

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

Для цитирования: Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р., Пищулев А.А. Усовершенствованный сборный железобетонный ригель пониженной высоты. Результаты натурных испытаний нагружением // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 35–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.05.

For citation: Shepelev A.P., Ibatullin R.R., Pishchulev A.A. Improved precast reinforced concrete crossbar of reduced height. Results of full-scale loading tests. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 35–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.05.



О. А. ПРОДОУС
Д. И. ШЛЫЧКОВ
П. П. ЯКУБЧИК

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАЦИИ

CAUSES AND CONSEQUENCES OF CHANGES IN THE VALUES OF HYDRAULIC
CHARACTERISTICS OF METAL WATER SUPPLY AND SANITATION NETWORKS
DURING THEIR OPERATION

Цель работы: Заключается в проведении сравнительного анализа значений характеристик гидравлического потенциала металлических трубопроводов, используемых при оценке энергопотребления насосных агрегатов, установленных на трубопроводах с разной толщиной слоя внутренних отложений.

Методы: Разработаны в табличной форме причины изменения значений гидравлических характеристик металлических трубопроводов в процессе их эксплуатации. На конкретном примере показано изменение значений характеристик гидравлического потенциала труб с разной толщиной слоя внутренних отложений, входящих в расчетную зависимость для определения фактического энергопотребления насосных агрегатов.

Результаты и обсуждение: Предложено разработать для всего сортамента выпускаемых стальных труб и труб из серого чугуна шкалу предельно-допустимых значений толщины слоя внутренних отложений, по которой должно приниматься решение о продолжении или остановке эксплуатации трубопроводов.

Заключение: Рекомендовать на основе гидравлического расчета характеристик гидравлического потенциала труб для приведенного примера минимизирование использования в проектах сетей водоснабжения и водоотведения стальных и чугунных труб из серого чугуна. Учитывать при эксплуатации металлических трубопроводов динамику изменения энергопотребления насосных агрегатов при разной толщине слоя внутренних отложений.

Purpose: It consists in carrying out a comparative analysis of the values of the characteristics of the hydraulic potential of metal pipelines used in assessing the energy consumption of pumping units installed on pipelines with different thickness of the layer of internal deposits.

Methods: The reasons for changing the values of hydraulic characteristics of metal pipelines during their operation are developed in tabular form. A concrete example shows the change in the values of the characteristics of the hydraulic potential of pipes with different thickness of the layer of internal deposits included in the calculated dependence for determining the actual energy consumption of pumping units.

Results: It is proposed to develop for the entire range of manufactured steel pipes and pipes made of gray cast iron, a scale of maximum permissible values of the thickness of the layer of internal deposits, according to which a decision should be made to continue or stop the operation of pipe wires.

Conclusion: To recommend, based on the hydraulic calculation of the characteristics of the hydraulic potential of pipes for the given example, minimizing the use of steel and cast iron pipes made of gray cast iron in projects of water supply and drainage networks. When operating metal pipelines, take into account the dynamics of changes in the energy consumption of pumping units with different thickness of the layer of internal deposits.

Ключевые слова: гидравлический расчет, металлические сети водоснабжения и водоотведения, характеристики гидравлического потенциала, энергопотребление насосов, внутренние отложения

Keywords: hydraulic calculation, metal networks of water supply and sanitation, characteristics of hydraulic potential, energy consumption of pumps, internal deposits.

Введение

Установлено, что в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» водопроводные сети из металлических труб (серого чугуна), а также сети водоотведения из любых видов материалов при определенных условиях подвержены образованию на стенках труб слоя внутренних отложений, изменяющих значения характеристик гидравлического потенциала труб – $V, d_{\text{вн}}, i$ [1–8].

На рис. 1 приведены фрагменты отложений на внутренней поверхности металлических сетей водоснабжения и сетей водоотведения.

Наличие слоя внутренних отложений на стенках труб приводит к последствиям, изменяющим значения характеристик гидравлического потенциала труб и влияющим на продолжительность использования изношенных сетей и энергопотребление насосных агрегатов для напорных сетей и коллекторов [1, 2].

На рис. 2 перечислены причины и последствия изменения значений гидравлических характеристик трубопроводов водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями.

Методы

На конкретном примере на основе рис. 1 проведем гидравлический расчет и покажем изменения значений характеристик гидравлического потенциала напорного коллектора водоотведения из чугунных труб диаметром $d_{\text{н}} = 0,404$ м.

Условие задачи

По напорному чугунному коллектору диаметром $d_{\text{н}} = 0,404$ м (ГОСТ 9583-75) с толщиной стенки $S_{\text{н}} = 12,5$ мм (0,0125 м) перекачивается расход сточных вод $q = 140$ л/с (0,14 м³/с). Толщина слоя внутренних отложений $\sigma = 25$ мм (0,025 м).

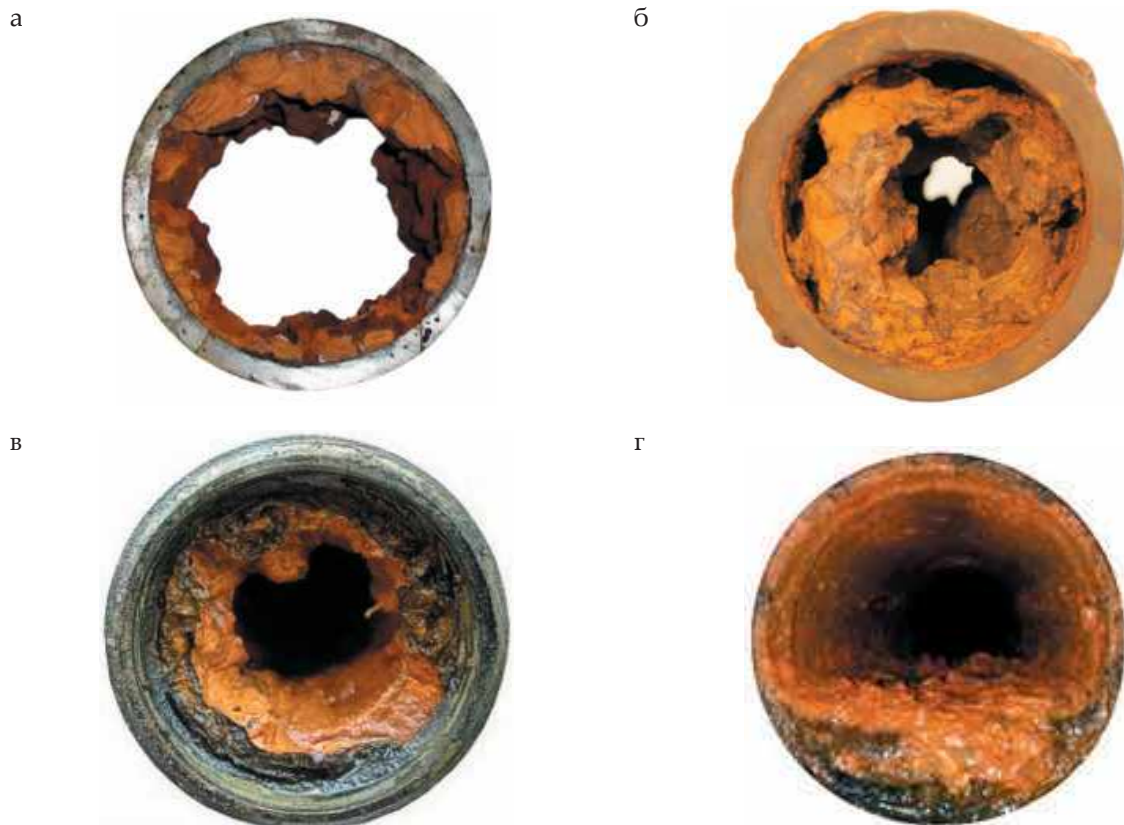


Рис. 1. Фрагменты внутренних отложений на стенках металлических труб: а, б – напорные сети водоотведения; в, г – самоточные сети водоотведения



Рис. 2. Причины и последствия изменения значений гидравлических характеристик трубопроводов водоснабжения и водоотведения

Рассчитать и сравнить значения фактических характеристик гидравлического потенциала труб $d_{вн}^{\phi}$, V_{ϕ} , i_{ϕ} и новых чугунных труб диаметром $d_n = 0,429$ м. Показать изменение значения энергопотребления насосного агрегата $N_{дв}^{\phi}$ для заданных условий задачи.

Решение

С учетом фактического внутреннего диаметра вычисляют значения средней скорости потока V_n для новых чугунных труб и труб с толщиной слоя отложений $\sigma = 25$ мм:

$$V_n = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{вн}^2} = \frac{4 \cdot 0,14}{3,14 \cdot 0,379^2} = \frac{0,56}{0,4510} = 1,24 \text{ м/с};$$

$$d_{вн} = d_n - 2S_p = 0,404 - 0,025 = 0,379 \text{ м};$$

$$d_{вн}^{\phi} = (d_n - 2S_p) - 2\sigma = (0,404 - 0,025) - 2 \cdot 0,025 = 0,379 - 0,05 = 0,329 \text{ м};$$

$$V_{\phi} = \frac{4 \cdot 0,14}{3,14 \cdot 0,329^2} = \frac{0,56}{0,3399} = 1,65 \text{ м/с}.$$

Производят расчет значений гидравлического уклона для новых чугунных труб d_n и для труб со слоем отложений $\sigma = 0,025$ м. Расчет производят по формуле [9, 10]:

$$i_{n(\phi)} = 0,00107 \frac{V_{n(\phi)}^2}{[(d_n - 2S_p) - 2\sigma]^{1,3}}, \text{ м/м};$$

$$i_n = \frac{0,00107 \cdot 1,24^2}{[0,404 - 2 \cdot 0,0125]^{1,3}} = \frac{0,00165}{0,379^{1,3}} = \frac{0,00165}{0,2833} = 0,00582 \text{ м/м};$$

$$i_{\phi} = \frac{0,00107 \cdot 1,65^2}{[(0,404 - 2 \cdot 0,0125) - 2 \cdot 0,025]^{1,3}} = \frac{0,00291}{0,329^{1,3}} = \frac{0,00291}{0,2357} = 0,01234 \text{ м/м}.$$

Изменение фактических значений гидравлических характеристик чугунных труб $d_{вн} = 0,404$ м с разной толщиной слоя внутренних отложений σ в диапазоне значений $\sigma = 0 \div 30$ мм ($0 \div 0,03$ м) приведено в табл. 1.

Эффективность работы напорных и безнапорных трубопроводов водоснабжения и водотведения ($K_{эф}^*$), по мнению авторов, рекомендуется оценивать значением безразмерного коэффициента гидравлической эффективности трубопроводов, который представляет собой отношение значения энергопотребления насосного оборудования, установленного в новом трубопроводе $N_{дв}^p$, к значению энергопотребления в трубопроводе с фактической толщиной слоя отложений $\sigma_{ф}$ – $N_{дв}^ф$ или отношение произведения значений характеристик гидравлического потенциала новых труб ($V_{р'} d_{вн}^p i_p$) к произведению значений тех же характеристик для труб с конкретной толщиной слоя отложений на их внутренней поверхности [11]:

$$K_{эф} = \frac{N_{дв}^p}{N_{дв}^ф} = \frac{V_{р'} \cdot (d_{вн}^p)^2 \cdot i_p}{V_{ф} \cdot (d_{вн}^ф)^2 \cdot i_{ф}}, \quad (1)$$

где $N_{дв}^p$ – паспортное значение энергопотребления насосного агрегата в новом трубопроводе, кВт/ч;

$N_{дв}^ф$ – фактическое значение энергопотребления насосного агрегата, работающего в трубопроводе с толщиной слоя отложений $\sigma_{ф}$, кВт/ч;

$V_{р'} d_{вн}^p i_p$ – значения расчетных (паспортных) характеристик гидравлического потенциала новых труб на момент запуска трубопровода в эксплуатацию;

$V_{ф} d_{вн}^ф i_{ф}$ – значения фактических характеристик гидравлического потенциала изношенных труб с отложениями на момент оценки.

Предельное значение толщины слоя внутренних отложений σ в табл. 1 выделено жирным шрифтом.

Анализ значений гидравлических характеристик, представленных в табл. 1, показывает следующее.

Для условий приведенного примера значения фактического внутреннего диаметра трубы с внутренними отложениями разной толщины уменьшаются в диапазоне значений от $d_{вн}^ф = 0,400$ м (труба без отложений) до $d_{вн}^ф = 0,319$ м (труба со слоем отложений $\sigma = 0,03$ м, т. е. на 15,83 % или в 1,19 раза. Следствием этого является увеличение скоростного режима потока от $V = 1,24$ м/с (в новой чугунной трубе) до $V_{ф} = 2,47$ м/с (в трубе со слоем отложений $\sigma = 0,03$ м), т. е. на 49,8 % или в 1,99 раза.

При этих условиях в сравнении с новой трубой возрастают значения фактических потерь напора на сопротивление по длине (гидравлический уклон) $i_{ф}$ в диапазоне

$$i_p = 0,00581 \text{ м/м} \leq i_{ф} \leq 0,02883 \text{ м,}$$

т. е. на 51,29 % (труба со слоем отложений $\sigma = 0,03$ м) или в 4,96 раза.

По данным табл. 1 на рис. 3 построен график зависимости $i_{ф} = f(\sigma)$, подтверждающий, что чем меньше значения фактического внутреннего диаметра $d_{вн}^ф$ в трубах со слоем отложений σ , тем больше значения гидравлического уклона $i_{ф}$ и тем больше значения фактической скорости потока $V_{ф}$. Это также подтверждается значениями коэффициента гидравлической эффективности трубопровода $K_{эф}$, характеризующего для приведенного примера влияние толщины слоя внутренних отложений σ на значения гидравлических характеристик трубопровода.

Для приведенного примера определим предельное значение σ , больше которого дальнейшая эксплуатация трубопровода **недопустима**, которое составляет (см. табл. 1) – 0,018 м! То есть при $\sigma_{ф} = 0,018$ м трубопровод должен сниматься с эксплуатации.

Экспертная оценка специалистами, занимающимися эксплуатацией водопроводных сетей из металлических труб, рекомендует следующее.

Таблица 1

Толщина слоя отложений σ , м	Фактическая средняя скорость $V_{ф}$, м/с	Фактический внутренний диаметр труб с отложениями $d_{вн}^ф$, м	Фактические удельные потери напора 1000 $i_{ф}$	Коэффициент гидравлической эффективности трубопровода $K_{эф}^*$
0	1,24	0,379	5,81	1,0
0,005	1,31	0,369	6,71	0,87
0,01	1,38	0,359	7,72	0,76
0,018	1,52	0,343	9,94	0,58
0,02	0,55	0,339	10,49	0,56
0,03	2,47	0,319	28,83	0,14

Уменьшение значения величины фактического внутреннего диаметра стальных и чугунных труб (из серого чугуна) с внутренними отложениями – не должно превышать значения 5 % от величины номинального внутреннего диаметра труб, т. е.

$$d_{\text{вн}}^{\Phi} \leq d_{\text{вн}} = (d_{\text{н}} - 2 \cdot S_{\text{р}}) - 2 \sigma \leq 5 \%$$

Для приведенного примера это соответствует значению:

$$d_{\text{вн}}^{\Phi} = d_{\text{вн}}^{\text{н}} - 5\% = 0,379 - 0,01895 = 0,360 \text{ м.}$$

Итак, для приведенного примера предельное значение фактической толщины слоя отложений σ_{Φ} не должно превышать значения

$$\sigma_{\Phi} = 0,379 - 0,360 = 0,018 \text{ м (1,8 мм).}$$

В табл. 1 – выделено жирным шрифтом.

При этом предельное значение величины коэффициента гидравлической эффективности трубопровода $K_{\text{эф}}$ составит:

$$K_{\text{эф}} = \frac{0,00581 \cdot 0,379^2 \cdot 1,24}{0,00994 \cdot 0,343^2 \cdot 1,52} = \frac{0,001035}{0,001778} = 0,58.$$

Это доказывает, что при значении $K_{\text{эф}} = 0,58$ дальнейшая эксплуатация напорного коллектора диаметром $d_{\text{н}} = 0,404 \text{ м}$ – **недопустима**.

Для условий рассмотренной задачи рассчитаем фактическое энергопотребление насосно-

го оборудования, установленного на напорном коллекторе диаметром = 0,404 м при толщине слоя внутренних отложений = 0,03 м (30 мм).

Методика расчета значений энергопотребления насосно-силового оборудования изложена в работах [2, 11].

Расчет значения $N_{\text{дв}}^{\Phi}$ для условий приведенного примера производится по формуле [11, 12]:

$$N_{\text{дв}}^{\text{р}(\Phi)} = 10^6 \cdot i_{\text{р}(\Phi)} \cdot (d_{\text{вн}}^{\text{р}(\Phi)})^2 \cdot V_{\text{р}(\Phi)} \cdot \frac{0,00808}{\eta}, \text{ кВт/ч}, \quad (2)$$

где $N_{\text{дв}}^{\text{р}(\Phi)}$ – значение энергопотребления насосного оборудования в новом (р) и изношенном (ф) трубопроводе на момент оценки, кВт/ч;

$i_{\text{р}(\Phi)}$, $d_{\text{вн}}^{\text{р}(\Phi)}$, $V_{\text{р}(\Phi)}$ – значения характеристик гидравлического потенциала новых (р) и изношенных (ф) труб с толщиной слоя отложений σ ; η – КПД насосного агрегата. Для расчетов принимаем значение $\eta = 0,7$.

В табл. 2 представлены значения энергопотребления насосных агрегатов, установленных в новом трубопроводе $N_{\text{дв}}^{\text{р}}$ и в трубопроводе с разной толщиной слоя внутренних отложений σ_{Φ} .

По данным табл. 2 на рис. 4 построен график зависимости $N_{\text{дв}}^{\Phi} = f(\sigma_{\Phi})$.

График, представленный на рис. 4 для приведенного примера, подтверждает изменение энергопотребления насосных агрегатов и показывает, что чем больше значение толщины слоя отложений σ , тем больше энергопотребление насосных агрегатов (табл. 2). При значении $\sigma \geq 0,018 \text{ м}$, фактическое значение энергопотре-

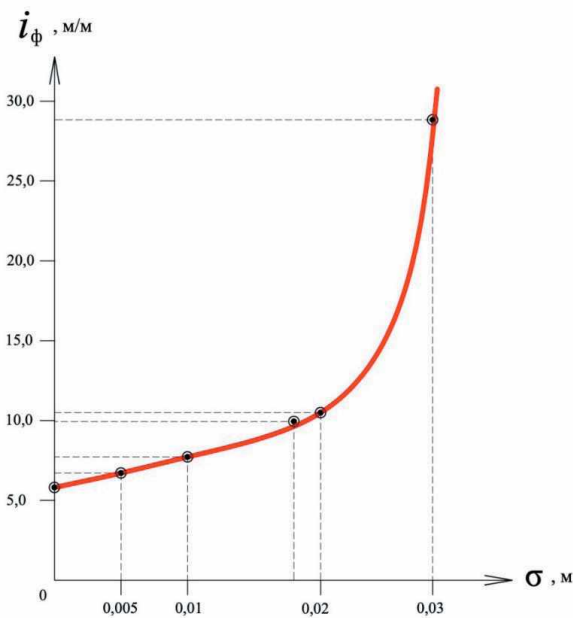


Рис. 3. График зависимости $i_{\Phi} = f(\sigma)$

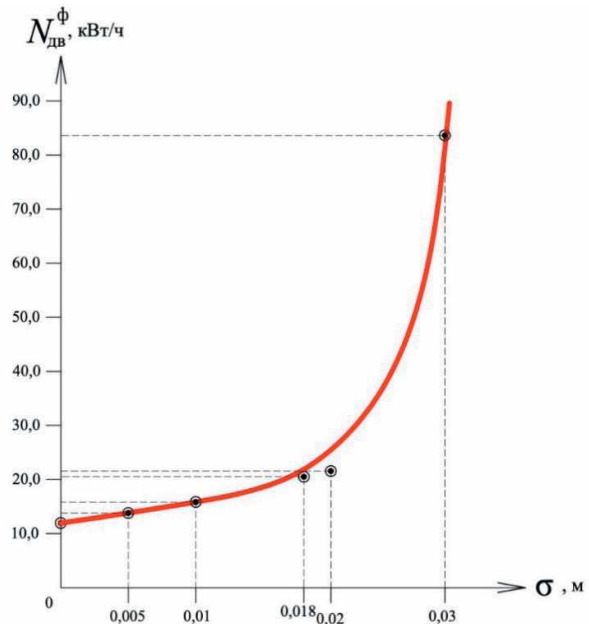


Рис. 4. График зависимости $N_{\text{дв}}^{\Phi} = f(\sigma_{\Phi})$

Таблица 2

Энергопотребление насосных агрегатов

Фактический внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}}^{\text{ф}}$, м	Фактическая толщина слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}$, м	Фактическое энергопотребление насосных агрегатов $N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$, кВт/ч
0,379	0	11,94
0,369	0,005	13,81
0,359	0,010	15,84
0,343	0,018	20,51
0,339	0,020	21,56
0,319	0,030	83,62

бления насосных агрегатов $N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$, установленных в трубопроводе диаметром $d_{\text{н}}^{\text{ф}} = 0,404$ м – резко возрастает. Это означает, что в процессе эксплуатации напорных коллекторов из чугунных труб необходимо контролировать фактические значения толщины слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}$.

Заключение

Анализ графиков, представленных на рис. 3 и 4, позволяет сделать следующие выводы:

1. Для всего сортамента стальных и чугунных труб (из серого чугуна), выпускаемых по ГОСТу, необходимо разработать шкалу предельных значений допустимой толщины слоя внутренних отложений σ , регламентирующую возможность продолжения дальнейшей эксплуатации трубопроводов.

2. Минимизировать законодательно использование стальных и чугунных труб из серого чугуна при разработке проектов сетей водоснабжения и водоотведения.

3. Разработать методику контроля значений фактической толщины слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}$ в процессе эксплуатации трубопроводов из металлических труб.

4. По значению толщины слоя отложений σ разработать законодательно методику обоснования необходимости проведения гидродинамической (механической) очистки напорных сетей водоснабжения и водоотведения из металлических труб.

5. При подборе насосных агрегатов для металлических сетей водоснабжения и водоотведения учитывать динамику изменения энергопотребления насосных агрегатов, работающих в трубопроводах с разной толщиной слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Продоус О.А. Зависимость продолжительности использования металлических трубопроводов

систем водоснабжения от толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб // Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции «Яковлевские чтения». М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. С. 113–117.

2. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями // Известия вузов. Строительство. 2020. № 12 (744). С. 70–77.

3. Шлычков Д.И. Проблемы технического состояния действующих трубопроводных систем // Инновации и инвестиции. 2020. № 4. С. 207–210.

4. Продоус О. А., Якубчик П.П., Шпилов А.А. Прогнозирование падения рабочего давления в изношенном металлическом водоводе с отложениями при частичной замене труб на полиэтиленовые // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. 2021. № 2. С. 32–36.

5. Вильсон Е.В., Серпокрылов Н.С., Долженко Л.А. Устойчивость функционирования очистных сооружений водоотведения в критических ситуациях // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №1. С. 54–58. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.10.

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

7. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие. М., 2020. 429 с.

8. Продоус О.А., Терехов Л.Д. Оценка влияния технологических допусков на трубы из полимерных материалов на энергопотребление насосных агрегатов // Водоснабжение и санитарная техника. 2020. №2. С. 61–64.

9. Продоус О.А., Шпилов А.А., Якубчик П.П. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями: справочное пособие. 1-е изд. СПб. – М., 2021. 238 с., ил.

10. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов из стали и серого чу-

гуна / О.А. Продоус, М.Г. Новиков, Г.А. Самбурский, А.А. Шипилов, Л.Д. Терехов, П.П. Якубчик, В.А. Чесноков. СПб.– М., 2021. 36 с.

11. Резервы экономии электроэнергии при транспортировании воды по водоводам из железобетонных труб / В.С. Дикаревский, О.А. Продоус, П.П. Якубчик, Ю.А. Смирнов // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Рациональное использование воды и топливно-энергетических ресурсов в коммунальном водном хозяйстве» (Алма-Ата, 6-8 августа 1985 г.). М.: КСМ ВСНТО, 1985. С. 90–92.

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

REFERENCES

1. Prodous O.A. Dependence of the duration of use of metal pipelines of water supply systems on the thickness of the layer of deposits on the inner surface of pipes. *Sbornik dokladov XV Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Jakovlevskij chtenija»* [Collection of reports of the XV International Scientific and Technical Conference “Yakovlevsky Readings”]. Moscow, MISA Publishing House – MGSU, 2020, pp. 113–117. (In Russian).

2. Prodous O.A., Shlychkov D.I. On Changes in Hydraulic Characteristics of Pressure Sewer Headers Made of Steel and Cast Iron Pipes with Internal Deposits. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo* [News of universities. Construction], 2020, no. 12(744), pp. 70–77. (in Russian)

3. Shlychkov D.I. Problems with the technical condition of existing pipeline systems. *Innovacii i investicii* [Innovation and Investment], 2020, no. 4, pp. 207–210. (in Russian)

4. Prodous O. A., Jakubchik P.P., Shipilov A.A. Prediction of the working pressure drop in a worn metal water conduit with deposits during partial replacement of pipes with polyethylene pipes. *Inzhenernye sistemy. AVOK – Severo-Zapad* [Engineering systems. AVOK – Northwest], 2021, no. 2, pp. 32–36. (in Russian)

5. Wilson E.V., Serpokyrylov N.S., Dolzhenko L.A. Sustainability of wastewater treatment facilities in critical situations. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 54–58. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.10

6. Shuvalov M.V., Shuvalov R.M. Overhaul and reconstruction of sewage networks in Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 23–28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.4

7. Shevelev F.A., Shevelev A.F. *Tablicy dlja gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnyh trub: spravochnoe posobie* [Tables for hydraulic calculation of water pipes: reference manual]. Moscow, 2020. 429 p.

8. Prodous O.A., Terehov L.D. Evaluation of the impact of process tolerances on polymer pipes on the power consumption of pump units. *Vodospabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2020, no. 2, pp. 61–64. (in Russian)

9. Prodous O.A., Shipilov A.A., Jakubchik P.P. *Tablicy dlja gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnyh trub iz stali i serogo chuguna s vnutrennimi otlozhenijami: spravochnoe posobie. 1-e izd* [Tables for hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits: spravochnoe manual. 1st ed.]. St. Petersburg. Moscow, 2021. 238 p.

10. Prodous O.A., Novikov M.G., Samburskij G.A., Shipilov A.A., Terehov L.D., Jakubchik P.P., Chesnokov V.A. *Rekomendacii po rekonstrukcii nenovyh metallicheskih truboprovodov iz stali i serogo chuguna* [Recommendations for the reconstruction of new metal pipelines made of steel and gray cast iron]. St. Petersburg. Moscow, 2021. 36 p.

11. Dikarevskij V.S., Prodous O.A., Jakubchik P.P., Smirnov Ju.A. Reserves of power saving when transporting water through water ducts made of reinforced concrete pipes. *Tezisy dokladov Vsesojuznogo nauchno-tehnicheskogo seminarja «Racional'noe ispol'zovanie vody i toplivno-energeticheskikh resursov v kommunal'nom vodnom hozjajstve»* [Abstracts of the reports of the All-Union Scientific and Technical Seminar “Rational Use of Water and Fuel and Energy Resources in the Municipal Water Industry”]. Moscow, CSM VSNT0, 1985, pp. 90–92. (In Russian).

12. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Methodological Approaches to Assessing the Efficiency of Gravity Drainage Networks with Sediments in the Pipe Tray. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 34–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.5

Об авторах:

ПРОДОУС Олег Александрович

доктор технических наук, профессор,
генеральный директор
ООО «ИНКО-инжиниринг»
190005, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр.,
д. 37/1, лит. А, пом. 1-Н
E-mail: pro@enco.su

PRODOUS Oleg A.

Doctor of Engineering Science, Professor, CEO
INKO-Engineering LLC
190005, Russia, St. Petersburg, Moskovsky pr., 37/1, lit. Ah,
pom. 1-N
E-mail: pro@enco.su

ШЛЫЧКОВ Дмитрий Иванович

кандидат технических наук, доцент кафедры
водоснабжения и водоотведения,
заместитель директора института инженерно-
экологического строительства и механизации
Московский государственный строительный
университет
129337, г. Москва, Ярославское ш., д.26, УЛБ, каб. 322г,
E-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru

SHLYCHKOV Dmitry I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Water Supply and Wastewater Chair
Deputy Director of the Institute of Engineering and
Environmental Construction
and mechanization
Moscow State University of Civil Engineering
129337, Moscow, Yaroslavl sh., 26, ULB, office 322g,
E-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru

ЯКУБЧИК Петр Петрович

кандидат технических наук, профессор кафедры
водоснабжения и водоотведения и гидравлики
Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I
105187, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9
E-mail: P.Jakub@mail.ru

YAKUBCHIK Petr P.

PhD in Engineering Science, Professor of the Water
Supply and Drainage and Hydraulics Chair
St. Petersburg State University of Railways of Emperor
Alec-Sandr I
105187, Russia, St. Petersburg, Moskovsky pr., 9
E-mail: P.Jakub@mail.ru

Для цитирования: Продоус О.А., Шлычков Д.И., Якубчик П.П. Причины и последствия изменения значений гидравлических характеристик металлических сетей водоснабжения и водоотведения в процессе их эксплуатации // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 42–49. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.06.

For citation: Prodous O.A., Shlychkov D.I., Jakubchik P.P. Causes and consequences of changes in the values of hydraulic characteristics of metal water supply and sanitation networks during their operation. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 42–49. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.06.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 691.322

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.07

**М. С. БАЛАБАНОВ
А. Г. ЧИКНОВОРЬЯН**

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАЩЕНИЯ ПЕСКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ОТСЕВАМИ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

STUDY OF ENRICHMENT OF SAND FOR CONSTRUCTION WORKS
WITH SCREENING OF ROCKS CRUSHING

Формулируется проблема рассмотрения отсевов камнедробления как компонентного фактора формирования структуры конгломератных строительных композитов. В этом контексте представляются данные по изучению отсевов Сокского, Ивантеевского и Орского карьеров для обогащения волжских песков для строительных работ. Рассматривается влияние на прочность растворной матрицы бетона различных комбинаций отсевов с речным кварцевым волжским песком. Проведенные исследования показали эффективность применения отсевов камнедробления в качестве мелкого заполнителя при производстве железобетонных изделий. Применение отсевов дробления щебня является оправданным технологическим приемом и позволяет улучшить прочностные характеристики полученных на их основе материалов. В то же время данная работа требует дополнительных научных изысканий и разработок оптимальных соотношений заполнителей и выявления влияния различных добавок на их характеристики.

Ключевые слова: песок, щебень, отсевы горных пород, прочность

Бетон представляет собой конгломерат, свойства которого главным образом зависят от характеристик заполнителей. При этом оптимизация состава заполнителей обеспечивает получение прочного жесткого каркаса из плотно упакованных зерен заполнителей и, соответственно, сокращение расхода цемента при уменьшении усадки бетона и повышении долговечности бетона.

The article formulates the problem of considering screenings of stone crushing as a component factor in the formation of the structure of conglomerate building composites. In this context, data are presented on the study of screenings from the Soksky, Ivanteevsky and Orsky quarries for the enrichment of the Volga sands for construction work. At the same time, the influence on the strength of the mortar matrix of concrete of various combinations of screenings with river quartz Volga sand is considered. The conducted studies have shown the effectiveness of the use of stone crushing screenings as a fine aggregate in the production of reinforced concrete products. The use of crushed stone screenings is a justified technological method and allows improving the strength characteristics of the materials obtained on their basis. At the same time, this work requires additional scientific research and development of optimal ratios of aggregates and identification of the effect of various additives on their characteristics.

Key words: sand, crushed stone, screenings of rocks, strength

Существенный вклад в создание оптимальной структуры затвердевшего бетона вносят гранулометрические характеристики мелкого заполнителя. Эффективный зерновой состав мелкого заполнителя с оптимальной межзерновой пустотностью позволяет получать связные бетонные смеси с рациональным расходом цемента [1–5].

Однако применяемые в настоящее время кварцевые пески, например большинство реч-

ных песков, являются мелкими и очень мелкими и отличаются низким модулем крупности, а карьерные пески характеризуются высокой неоднородностью и содержат значительное количество пылевидных и глинистых частиц.

В этих условиях использование отсевов, получаемых при переработке нерудных горных пород на строительный щебень, при производстве мелких заполнителей для бетонов может существенно улучшить качественные показатели природных кварцевых песков, а соответственно, и физико-механические свойства бетонов на их основе [6–8].

В данной работе рассмотрена возможность применения отсевов дробления различных нерудных материалов, таких как гранит и карбонатный щебень. Для исследований были взяты отсева дробления гранитного щебня Орского месторождения, карбонатного щебня Сокского и Ивантеевского месторождений.

Речные волжские пески относятся к классу мелких с модулем крупности, равным 1,4–1,6. При таких значениях показателей модуля крупности песка расход цемента в бетоне возрастает на 10–20 % в связи с высокими показателями водопотребности и межзерновой пустотности мелких песков.

Для обеспечения проектных показателей прочности и долговечности бетонов одним из вариантов является обогащение мелких песков отсевами от дробления горных пород с модулем крупности 3,00–4,50, которые можно отнести к крупным пескам. Обогащение мелких речных песков отсевами дробления горных пород позволяет довести модуль крупности мелкого заполнителя до оптимальных значений 2,0–3,0 и обеспечить получение бетонов с заданными физико-механическими и строительно-технологическими свойствами.

Оптимизация зернового состава мелко-го заполнителя на основе природных речных

кварцевых песков отсевами камнедробления повышает прочность растворной составляющей бетонов за счет более равномерного распределения цементного камня в структуре композита.

В работе определялись основные показатели песков, такие как модуль крупности, насыпная и истинная плотность. Затем производились замесы растворов с использованием этих материалов. В качестве вяжущего был использован портландцемент Вольский М500 (В42,5).

Характеристики материалов, принятых для испытаний, приведены в табл. 1.

Испытания проводились на стандартных балочках. Расход цемента во всех испытаниях был постоянным и составлял 1,3 кг на замес. Результаты определения водопотребности композиционных смесей их прочности приведены в табл. 2 и 3.

На рис. 1 и 2 приведены фотографии структуры на изломе и микроструктуры образцов, полученные для смесей, принятых для исследований. Фотографии структуры были получены с использованием микроскопа Levenhuk 3L NG, оборудованного цифровой камерой Levenhuk M35 BASE Series. Микроскоп был подключен к ноутбуку с установленным программным обеспечением LevenhukLite.

Исследования структуры растворной составляющей бетона, с применением отсевов дробления, на макроуровне (см. рис. 1 и 2) показали достаточно высокую степень адгезии заполнителей с цементным тестом, что обеспечило связность и нерасслаиваемость системы. На микрофотографиях структуры растворной составляющей бетона можно отметить интенсивное заполнение межзернового пространства мелкого заполнителя цементным клеем. Структура растворной составляющей бетона характеризуется в основном аморфной составляющей матрицы вяжущего вещества,

Таблица 1

Характеристики материалов

Вид мелкого заполнителя	Содержание частиц более 5мм, %	Насыпная плотность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³	Модуль крупности
Песок кварцевый волжский	0,5	1438	2675	1,42
Отсев дробления гранитного щебня Орского карьера	2,5	1354	2714	2,95
Отсев дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера	11,0	1393	2645	4,6
Отсев дробления карбонатного щебня Сокского карьера	24,0	1375	2550	3,79

Таблица 2

Результаты определения водопотребности смесей

Масса отсева дробления на замес, кг	Масса волжского песка на замес, кг	Расход воды на замес, мл	Водоцементное отношение смеси (В/Ц)	Диаметр расплыва раствора на встяхивающем столике, мм
Растворная смесь на основе цемента и волжского песка				
-	3,90	800	0,62	110
Растворная смесь на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера				
3,90	-	725	0,56	110
Растворная смесь на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера				
3,90	-	875	0,67	110
Растворная смесь на основе цемента и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера				
3,90	-	550	0,42	105
Растворная смесь на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера				
1,95	1,95	725	0,54	115
Растворная смесь на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера				
1,95	1,95	740	0,57	110
Растворная смесь на основе цемента, волжского песка и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера				
1,95	1,95	700	0,54	107

заполнителем и мелкими порами. При этом трещин в зоне контактов цементной матрицы и заполнителей не наблюдается, что свидетельствует о плотном и хорошем сцеплении цементного камня с заполнителями. На рис. 3 приведены графики набора прочности образцов на изгиб и сжатие.

Обозначения на графике: Ц/П – растворная смесь на основе цемента и волжского песка; Ц/И – растворная смесь на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера; Ц/С – растворная смесь на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера; Ц/Г – растворная смесь на основе цемента и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера; Ц/П/И – растворная смесь на основе волжского песка, цемента и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера; Ц/П/С – растворная смесь на основе волжского песка, цемента и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера; Ц/П/Г – растворная смесь на основе, волжского песка, цемента и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера.

Анализ выполненных экспериментальных исследований позволяет сделать некоторые выводы и обобщения. Во-первых, структура образцов на сколе, изготовленных на основе отсева дробления и песка, в «чистом» виде позволяет сделать вывод, что у образца с применением в качестве мелкого заполнителя отсева гранита – упорядоченное, слоистое расположение зерен (см. рис. 1, б). Кроме того, следует отметить, что данные слои расположены перпендикулярно линии излома.

Такое же расположение зерен заполнителя видно и на рис. 1, в, который показывает макроструктуру, при 10-кратном увеличении, для образца на отсева дробления щебня Ивантеевского карьера.

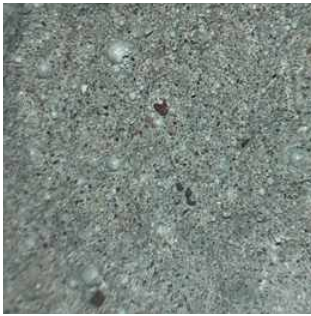
Противоположную картину можно увидеть на рис. 1, г, где наблюдается свободное (хаотичное) расположение зерен мелкого заполнителя.

Ориентация слоев заполнителя на рис. 1, б, в позволяет получить более высокое значение прочности на изгиб, что подтверждается полученными значениями (см. табл. 3 и рис. 3, б).

Таблица 3

Результаты определения прочности смесей

Срок испытаний на сутки	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на изгиб, МПа	Прочность на сжатие, МПа
Растворная смесь на основе цемента и волжского песка			
3-е	2005	3,96	12,01
7-е	2064	4,00	12,05
14-е	2046	4,05	18,44
28-е	2013	4,12	19,41
Растворная смесь на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера			
3-е	2233	4,35	20,65
7-е	2198	4,51	21,30
14-е	2134	4,78	22,47
28-е	2209	5,8	28,61
Растворная смесь на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера			
3-е	2159	3,2	15,31
7-е	2098	3,45	15,85
14-е	2062	3,54	17,71
28-е	2101	3,73	24,40
Растворная смесь на основе цемента и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера			
3-е	2219	5,7	18,23
7-е	2214	6,0	23,43
14-е	2209	6,24	24,58
28-е	2226	6,39	29,60
Растворная смесь на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера			
3-е	2235	3,78	22,33
7-е	2207	4,09	29,58
14-е	2182	5,07	35,69
28-е	2235	5,8	37,40
Растворная смесь на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера			
3-е	2142	3,06	16,98
7-е	2099	3,23	20,36
14-е	2070	3,45	22,10
28-е	2139	4,2	24,00
Растворная смесь на основе цемента, волжского песка и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера			
3-е	2115	4,13	19,89
7-е	2120	4,56	20,72
14-е	2117	4,59	23,54
28-е	2119	4,65	27,06



а) на основе цемента и волжского песка



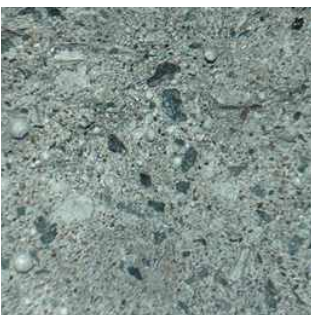
б) на основе цемента и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера



в) на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера



г) на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера



д) на основе цемента, волжского песка и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера

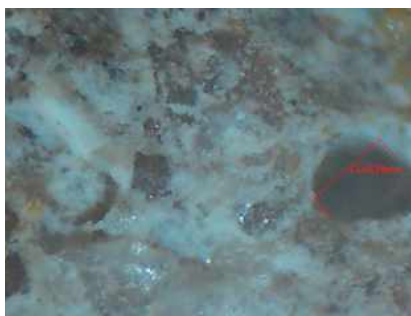


е) на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера



ж) на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера

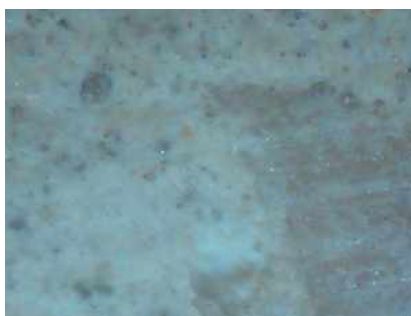
Рис. 1. Структура образцов на изломе из растворяемых смесей (увеличение 10-кратное)



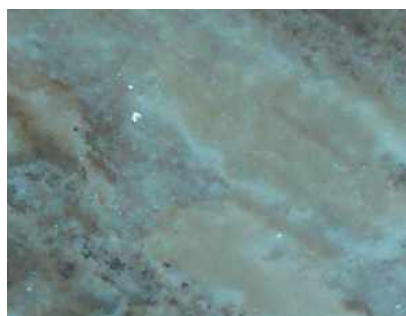
а) на основе цемента и волжского песка



б) на основе цемента и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера



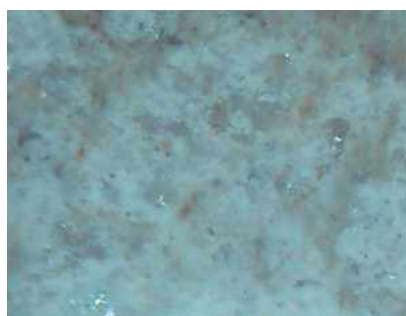
в) на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера



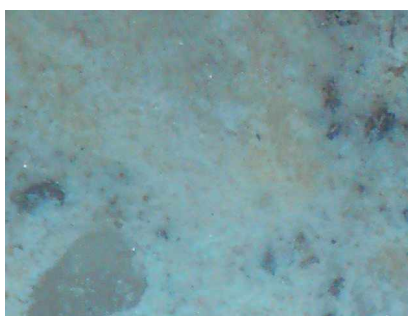
г) на основе цемента и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера



д) на основе цемента, волжского песка и отсева дробления гранитного щебня Орского карьера



е) на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Ивантеевского карьера



ж) на основе цемента, волжского песка и отсева дробления карбонатного щебня Сокского карьера

Рис. 2. Микроструктура образцов на шлифе из растворных смесей (увеличение 150-кратное)

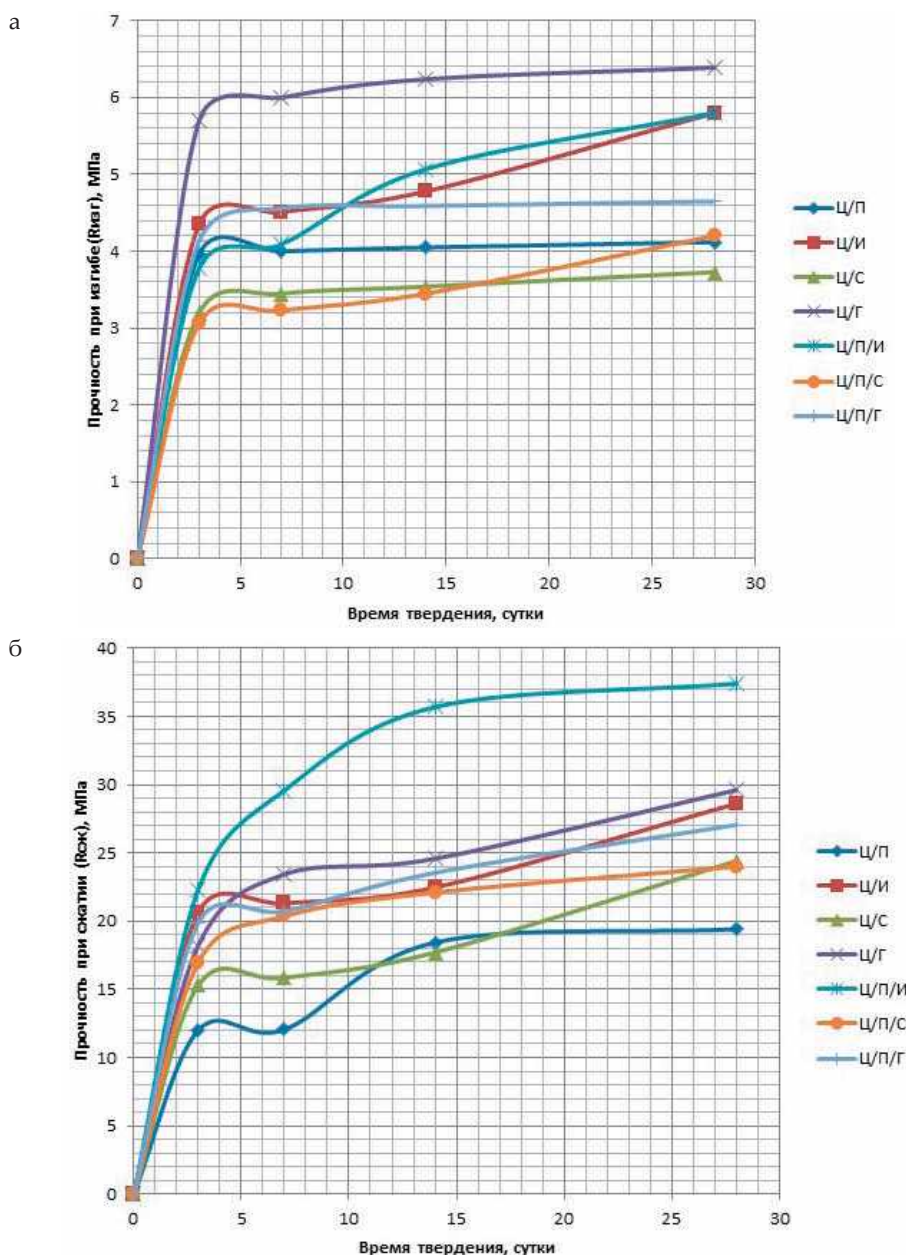


Рис. 3. Графики набора прочности образцов на изгиб (а) и сжатие (б)

Во-вторых, при применении смеси отсева дробления с песком сцепление более крупных зерен (см. модули крупности в табл. 1) отсева друг с другом, что наблюдалось при их применении без добавления песка, не наблюдается, так как песок заполняет промежутки между ними, тем самым раздвигая их. Данное изменение структуры отражается в результатах испытаний прочности при изгибе (см. рис. 3).

Самые низкие показания прочности на изгиб – у образцов, изготовленных на мелком заполнителе из песка и отсева дробления щеб-

ня Сокского карьера. Это обусловлено тем, что в первом случае, при использовании Волжского песка из-за низкого значения модуля крупности, его количества недостаточно для создания жесткого каркаса, во втором случае на прочность образцов влияет относительно низкая прочность исходной породы и разрушение происходит по зернам отсева, что видно на рис. 1, г.

Объединение этих компонентов приводит к увеличению прочностных показателей за счет того, что песок, выступая наиболее прочным

компонентом, дополняется каркасообразующим отсевом и в результате совместно повышает прочность образцов.

Низкая прочность образцов, выполненных из цементно-песчаной смеси обусловлена увеличенным расходом воды (табл. 2), что делает структуру более пористой (см. рис. 1, а, 2, а), средний размер пор составляет 0,19 мм.

При применении отсева дробления сокского щебня водопотребность раствора больше, а пористость структуры меньше. Это происходит за счет того, что часть воды впитывается в саму породу и не зацемяется в материале, образуя в дальнейшем поры. Кроме того, благодаря тому, что отсев постепенно отдает воду, рост прочности происходит плавно, что и подтверждается графиком набора прочности (см. рис. 3, б).

Небольшое различие значений прочности на сжатие между образцами, изготовленными на отсеве песка и смеси песка и отсева дробления сокского щебня, связано с тем, что разрушение происходит по зернам заполнителя и введение 50 % песка практически не влияет на прочностные характеристики, хотя и уменьшает пористость образцов, что подтверждается исследованиями их на изломе при 10-кратном, а также шлифов при 150-кратном увеличении.

Положительное влияние структуры образцов, изготовленных на отсеве дробления гранита при испытании на изгиб, одновременно снижает прочность на сжатие, увеличивая анизотропию свойств.

Применение отсева дробления ивантеевского щебня, более прочного по сравнению с сокским, позволяет повысить прочность на сжатие. А смесь отсева ивантеевского щебня и песка показывает наилучшие результаты по сравнению с остальными составами. Это произошло за счет более сбалансированного зернового состава смеси, а также благодаря близким прочностным характеристикам компонентов.

Применение отсева дробления щебня является оправданным технологическим приемом и позволяет улучшить прочностные характеристики полученных на их основе материалов. В то же время данная работа требует дополнительных научных изысканий и разработок оптимальных соотношений заполнителей и выявления влияния различных добавок на их характеристики.

Вывод. Проведенные исследования показали эффективность применения отсева дробления в качестве мелкого заполнителя при производстве железобетонных изделий.

На действующих предприятиях по производству сборного бетона и железобетона техническая и экономическая целесообразность применения отсева дробления горных пород, получаемых при производстве щебня из гор-

ных плотных пород для строительных работ, должна определяться соответствующими расчетами технико-экономических показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Калинина М.Г. Отвалы и захоронения из отходов Сокского карьера карбонатных пород // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, №4. С. 60–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.08
2. Чумаченко Н.Г. Ресурсосберегающий подход к сырьевой базе стройиндустрии // Градостроительство и архитектура. 2011. Т. 1, №1. С. 112–116. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.22
3. Баранова М.Н., Чумаченко Н.Г.1, Тюрников В.В. Геоэкологические проблемы при карьерной добыче минерального сырья для производства строительных материалов // Градостроительство и архитектура. 2014. Т. 4, №1. С. 80–85. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.14
4. Бутакова М.Д., Зырянов Ф.А. Исследование влияние зернового состава отсева дробления скальных пород на прочность бетонов // Межвузовский сборник научных трудов «Строительные материалы и изделия». Магнитогорск: МГТУ, 2007. С. 146–152.
5. Виноградов Ю.И., Хохлов С.В. К вопросу об образовании «отсева» при добыче гранитного щебня // Взрывное дело. 2015. № 113/70. С. 118–125.
6. Зырянов Ф.А., Бутакова М.Д., Трофимов Б.Я. Влияние гранулометрического состава отсева дробления щебня на свойства бетонной смеси и бетона // Сборник статей международной конференции. Ростов-на-Дону, 2006. С. 68–75.
7. Макеев А.И. Научно-техническое обоснование технологии глубокой переработки отсева дробления гранитного щебня // Научный журнал строительства и архитектуры. 2011. № 3. С. 56–67.
8. Применение отсева дробления щебня в самоуплотняющихся бетонах / Н.М. Морозов, В.И. Авксентьев, И.В. Боровских, В.Г. Хозин // Инженерно-строительный журнал. 2013. №7. С. 26–31.

REFERENCES

1. Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V., Kalinina M.G. Dumps and burials from wastes of Soksksy quarry of carbonate rocks. *Gradstroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 60–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.08
2. Chumachenko N.G. Resource-saving approach to raw materials base of construction industry. *Gradstroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2011, vol. 1, no. 1, pp. 112–116. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.22
3. Baranova M.N., Chumachenko N.G.1, Tyurnikov V.V. Geocological problems in the mining of mineral raw materials for the production of building materials. *Gradstroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2014, vol. 4, no. 1, pp. 80–85. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.14

4. Butakova M.D., Zyryanov F.A. Study of the Impact of Grain Composition of Rock Crushing Sieves on Concrete Strength. *Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov «Stroitel'nye materialy i izdelija»* [Intercollegiate collection of scientific works "Construction materials and products"]. Magnitogorsk, MSTU, 2007, pp. 146–152. (In Russian).

5. Vinogradov Yu. I., Khokhlov S.V. On the formation of "dropout" in the extraction of granite crushed stone. *Vzryvnoe delo* [Explosive affair], 2015, no. 113/70, pp. 118–125. (in Russian)

6. Zyryanov F.A., Butakova M.D., Trofimov B.Ya. Influence of grain size distribution of crushed stone crushing on properties of concrete mixture and concrete. *Sbornik statej mezhdunarodnoj konferencii* [International Conference Articles Collection]. Rostov-on-Don, 2006, pp. 68–75. (In Russian).

7. Makeev A.I. Scientific and Technical Substantiation of the Technology of Deep Processing of Granite Crushed Stone Screening. *Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury* [Scientific Journal of Construction and Architecture], 2011, no. 3, pp. 56–67. (in Russian)

8. Morozov N.M., Avksentiev V.I., Borovskikh I.V., Khozin V.G. Application of crushed stone sieving in self-compacting concretes. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Civil Engineering Logbook], 2013, no. 7, pp. 26–31. (in Russian)

Об авторах:

БАЛАБАНОВ Михаил Сергеевич

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

BALABANOV Mikhail S.

Senior Lecturer 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: bms-796@rambler.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, Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: umu-sgasu@mail.ru

CHIKNOVORYAN Alexandr G.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, 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: Балабанов М.С., Чикноворьян А.Г. Исследование обогащения песка для строительных работ отсевами дробления горных пород // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 50–58. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.07.

For citation: Balabanov M.S., Chiknovoryan A.G. Study of enrichment of sand for construction works with screening of rocks crushing. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 50–58. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.07.

Н. Г. ЧУМАЧЕНКО
М. Г. КАЛИНИНА
В. А. БУРАХТА
Н. М. БЕККАЛИЕВ

ОЦЕНКА ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

ASSESSMENT OF CLAY RAW MATERIALS OF WESTERN KAZAKHSTAN

В статье приведены результаты расчетной оценки глинистого сырья Западного Казахстана Погодаевского и Таскалинского месторождений. Расчет выполнен по химическому составу глин, ориентируясь на образование легкоплавких тройных алюмосиликатных эвтектик. По расчетным данным построены кривые динамики образований расплава, по которым определена возможная степень спекания, интервалы спекания и рекомендуемая температура обжига. Сделан прогноз по изменению свойств глинистого сырья при введении 2 % щелочных оксидов. Определены оптимальные направления использования этих глин и параметры обжига.

Ключевые слова: глинистое сырье, керамический кирпич, керамические материалы, спекание, интервал спекания, пиропластическая масса

На территории Казахстана, так же как и в Российской Федерации, наиболее распространенным природным сырьем для производства строительных материалов являются глины. Глины относятся к осадочным горным породам. Основные свойства глин, такие как пластичность, гранулометрический состав, связующая способность и др., определяются прежде всего минеральным составом. Большинство месторождений глинистого сырья имеет полиминеральный состав как по глинистым минералам, так и по составу примесей и включений.

Вид и количество глинистых минералов, примесей и включений определяют свойства глинистого сырья и направления использования глин. Наибольший объем глинистого сырья расходуется для производства керамического кирпича [1, 2]. Для каждого вида керамических материалов и изделий определены требования к глинистому сырью [3]. Также известны требования к глинам для производства портландцементного клинкера.

Для выбора направлений использования глинистого сырья в первую очередь необходимо определить стандартные свойства, знать

The article presents the results of the estimated assessment of the clay raw materials of the West Kazakhstan Pogodaevsky and Taskalinsky fields. The calculation was made by the chemical composition of clays, focusing on the formation of low-melting triple aluminosilicate eutectics. Based on the calculated data, the melt formation dynamics curves were built, from which the possible sintering degree, sintering intervals and the recommended firing temperature were determined. A forecast was made for a change in the properties of clay raw materials with the introduction of 2 % alkaline oxides. The optimal directions of use of these clays and firing parameters are determined.

Keywords: clay raw material, ceramic brick, ceramic materials, sintering, sintering interval, pyroplastic mass

химический и минеральный состав. Состав шихт, параметры обжига можно устанавливать экспериментально, варьируя рецептурой и параметрами обжига. Этот этап достаточно длительный.

Современные методы [4, 5] позволяют провести оценку глинистого сырья оперативно, используя данные по химическому и минеральному составу глин [6].

В Западном Казахстане достаточно активно изучаются свойства глинистого сырья Погодаевского и Таскалинского месторождений для производства клинкера портландцемента [7]. Химический состав этих глин представлен в табл. 1.

По [2] данные глины по содержанию Al_2O_3 относятся к основному глинистому сырью. По содержанию красящих оксидов глина Таскалинского месторождения относится к группе с весьма низким содержанием красящих оксидов (менее 1 %), а глина Погодаевского месторождения – к группе со средним содержанием красящих оксидов.

Для прогнозирования процессов, протекающих при обжиге глин, применили расчетные методики [3, 4]. Расчетные характеристики

глины Погодаевского месторождения по данным химического анализа, представленным в табл. 1, приведены в табл. 2.

Как видно из расчетных данных (см. табл. 2) и динамики образования расплава (рис. 1), из-за малого содержания модифицирующих ионов первичный расплав может образоваться только при температуре 1170 °С за счет эвтектического расплава в системе CaO-Al₂O₃-SiO₂ в количестве 2,54 %. Наличие в глине достаточно высокого содержания MgO (4,01 %) приведет к образованию эвтектического расплава в системе MgO-Al₂O₃-SiO₂, но при более высокой температуре. Полное спекание, как это видно из рис. 1, возможно при температурах выше 1400 °С.

Анализ большой выборки глинистого сырья, исследованного в различных регионах, показывает, что в большинстве глин присутствуют щелочные оксиды в количестве до 2 %, а соотношение между Na₂O и K₂O распределяется как 2:1 (табл. 3).

Если принять эти условия и провести расчет динамики образования расплава (см. табл. 2), то кривая динамики образования расплава глины Погодаевского месторождения переместится в более низкотемпературную зону, как это видно на рис. 1. И при температуре 1034 °С будет образовано более 35 % эвтектического расплава. Кроме этого, в температурном интервале 1100–1180 °С может образоваться пиропластическая масса, способная при достаточном газовыделении вспучиваться. В этом случае из глины Погодаевского месторождения можно организовать производство керамзитового гравия.

Аналогичные расчеты были проведены для глины Таскалинского месторождения. По расчетным данным построена кривая динамики образования расплава, представленная на рис. 2. В исходном составе глины (см. табл. 1) количество оксидов-плавней еще меньше, чем в глине Погодаевского место-

рождения. Поэтому процесс жидкостного спекания перемещается в более высокотемпературную зону. Даже при наличии 2 % щелочных оксидов пиропластическая масса не формируется и процесс вспучивания данной глины невозможен.

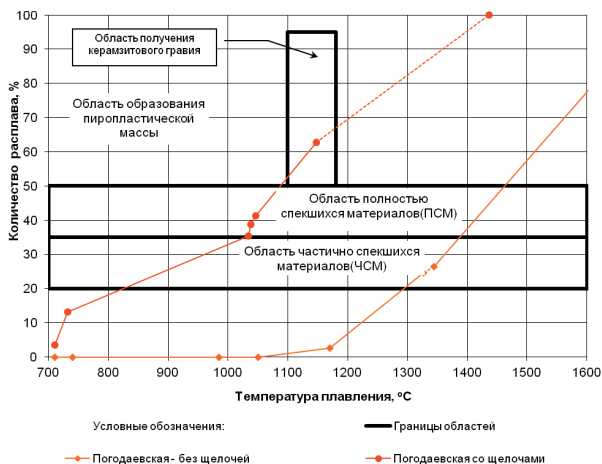


Рис. 1. Динамика образования расплава для глины Погодаевского месторождения

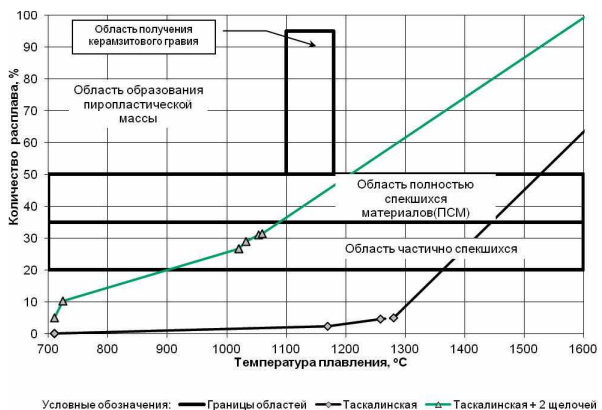


Рис. 2. Динамика образования расплава для глины Таскалинского месторождения

Таблица 1

Химический состав глинистого сырья [6]

Вид глинистого сырья	Содержание оксидов, мас. %							Потери при прокаливании	Сумма, р.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃			
Глина Погодаевского месторождения	44,351	38,928	1,683	0,516	4,014	1,149		9,359	100,00
Глина Таскалинского месторождения	48,126	39,028	0,316	0,483	0,386	0,635		11,026	100,00

Таблица 2

Расчетные характеристики глины Погодаевского месторождения

Расчетные эвлектики	Фигура- тивные точки	Содержание эвлекти- ческого расплава, %	Химический состав, мас. %										Температура плавления эвлектик, °С	Доля температуры, °С	Температура плавления, °С				
			SiO ₂ свобод- ное	SiO ₂ общее	SiO ₂ расчѐт- ное	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O				R ₂ O	Орга- ника	ППП +SO ₃	
Исходный состав		100,00	44,35	44,35	44,35	38,93	1,68	-	0,52	4,01	-	-	-	-	-	10,51			
Промежуточный		89,49	-	44,35	44,35	38,93	1,68	-	0,52	4,01	-	-	-	-	-				
Состав для расчета		100,00	-	49,55	43,50	1,88	-	0,59	4,48										
K ₁	1	0																	
N ₁		0																	
K ₁ +N ₁	2	0																	
K ₂		0																	
N ₂		0																	
K ₂ +N ₂	3	0																	
F ₁									-										
K ₂ +N ₂ +F ₁	4	0							-										
C ₁		2,54							0,59	-	-	-	-	-	-		1170	29,7	
K ₂ +N ₂ +F ₁ +C ₁	5	2,54	-	1,58	0,37	-	-	-	0,59	-	-	-	-	-	-		1170	29,7	
M ₁		22,08		13,57	4,03					4,48							1345	297	
K ₂ +N ₂ +F ₁ +C ₁ +M ₁ (состав эвлектического расплава)	6	24,62	-	15,15	4,40	-	-	-	0,59	4,48								326,7	1327
Нерастворившийся остаток	-	75,38	-	34,40	39,10	1,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Плавление Fe ₂ O ₃	-	1,88	-	-	-	1,88												29,4	1562
...+ Fe ₂ O ₃	7	26,50	-	15,15	4,40	1,88	-	0,59	4,48									356,1	1344
Алюмосиликатный остаток	-	73,50		34,40	39,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			1357	1847
Расплав	8	100,00	-	49,55	43,50	1,88	-	0,59	4,48									1713,3	

Таблица 3

Расчетные характеристики глины Погодаевского месторождения при восстановлении оксида железа и наличии щелочей

Расчетные эвтектики	Фигура- тивные точки	Содержание эвтекти- ческого расплава, %	Химический состав, мас. %											Температура плавления эвтектик, °С	Доля температуры, °С	Температура плавления, °С		
			SiO ₂ свобод- ное	SiO ₂ общее	SiO ₂ расчет- ное	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O				Ориа- ника	ГПП +SO ₃
Исходный состав		100,00		44,35	44,35	38,93	1,68	-	0,52	4,01	-	-	-	-	-	-	10,51	
Промежуточный		91,99		-	44,35	38,93	-	1,52	0,52	4,01	1,92	0,74	-	-	-	-	-	
Состав для расчета		100,00		-	48,21	42,31	-	1,66	0,57	4,36	2,08	0,81	-	-	-	-	-	
K ₁	1	3,55			2,61	0,13	-	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	710	25,2
N ₁		9,69			7,15	0,46	-	-	-	-	2,08	-	-	-	-	-	740	71,7
K ₁ +N ₁	2	13,24			9,76	0,59	-	-	-	-	2,08	0,81	-	-	-	-	985	85,2
K ₂		8,65			6,89	0,95	-	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	1050	280,4
N ₂		26,70			21,02	3,60	-	-	-	-	2,08	-	-	-	-	-	-	
K ₂ +N ₂	3	35,35			27,91	4,55	-	-	-	-	2,08	0,81	-	-	-	-	1073	365,6
F ₁		3,50			1,40	0,44	-	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,6
K ₂ +N ₂ +F ₁	4	38,85			29,31	4,99	-	1,66	-	-	2,08	0,81	-	-	-	-	-	403,2
C ₁		2,46			1,52	0,37	-	-	0,57	-	-	-	-	-	-	-	1170	28,8
K ₂ +N ₂ +F ₁ +C ₁	5	41,31			30,83	5,36	-	1,66	0,57	-	2,08	0,81	-	-	-	-	-	432
M ₁		21,49			13,2	3,93	-	-	-	4,36	-	-	-	-	-	-	1345	289
K ₂ +N ₂ +F ₁ +C ₁ +M ₁ (состав эвтектического расплава)	6	62,8			44,03	9,29	-	1,66	0,57	4,36	2,08	0,81	-	-	-	-	-	721
Нерастворившийся Алюмосиликатный остаток	-	37,2			4,18	33,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1923	715
Расплав	7	100,00			48,21	42,31	-	1,66	0,57	4,36	2,08	0,81	-	-	-	-	-	1436

Выводы. 1. Выполнена расчетная оценка глинистого сырья Западного Казахстана двух месторождений.

2. Расчетами и графической оценкой установлено следующее:

а) Глины Таскалинского и Погодаевского месторождений в чистом виде, без корректирующих добавок, нельзя рекомендовать для производства спекшейся строительной керамики – керамического кирпича, черепицы, керамической плитки, так как они не содержат нужного для процесса спекания количества оксидов-плавней.

б) При введении в глину Таскалинского месторождения 2 % щелочей процесс спекания смещается в низкотемпературную зону. При температуре около 1000 °С возможно производство частично спекшейся, пористой керамики, а при температуре обжига 1150–1200 °С – производство полностью спекшихся керамических изделий.

в) Динамика образования расплава в глине Погодаевского месторождения без корректирующих добавок аналогична глине Таскалинского месторождения с небольшим смещением в низкотемпературную зону. При введении в глину Погодаевского месторождения 2 % щелочей количество эвтектического расплава становится более 50 % и может привести к образованию пиропластической массы, способной вспучиваться. В данном случае глину с такой добавкой можно рекомендовать для производства керамзитового гравия.

3. Для определения перспектив использования глин каждого конкретного месторождения необходимо при исследовании выполнять полный химический анализ, включая содержание не только SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, FeO (или Fe₂O₃ и органики), но и Na₂O, K₂O.

4. Расширить возможности природного сырья можно за счет направленной корректировки глин техногенным сырьем – промышленными отходами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семёнов А.А. Тенденции развития кирпичной промышленности и кирпичного домостроения в России // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 49–51. DOI: 10.31659/0585-430X-2018-762-8-49-51.

2. Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В., Калинина М.Г. Отвалы и захоронения из отходов Сокского карьера карбонатных пород // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 4. С. 60–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.8.

3. ГОСТ 9169-2021. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация.

4. Natalia Chumachenko, Vladimir Turnikov, Vladimir Kuzmin Using the calculation method for low-

melting clay assessment // MATEC Web of Conferences Volume 196 (2018) XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP) (TFoCE 2018) Rostov-on-Don, Russia, September 17–21, 2018 DOI: 10.1051/mateconf/201819604014.

5. Чумаченко Н.Г. Возможности программного комплекса для оценки минерального алюмосиликатного сырья // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук: сб. науч. тр. Вып. 20. Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. С. 207–212.

6. Чумаченко Н.Г., Петрова Е. В., Безгина Л. Н. Исследование стабильности химического состава глинистого сырья Самарской области // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей [Электронный ресурс] / под ред. М.И. Бальзаникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова; СГАСУ. Самара, 2016. С. 18–22.

7. Буряхта В.А., Джубаналиева А.М. Исследование химического состава сырья Западно-Казахстанской области для использования в производстве портландцемента // Хабаршы: Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2017. Ч. I, № 2 (117). С. 141–145.

REFERENCES

1. Semenov A.A. Trends in the development of the brick industry and brick housing construction in Russia. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2018, no. 8, pp. 49–51. (in Russian) DOI: 10.31659/0585-430X-2018-762-8-49-51

2. Chumachenko N.G., Tyurnikov V.V., Kalinina M.G. Dumps and Landfills from of Carbonate Rock Waste of the River Sok Quarry. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 62–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.8

3. GOST 9169-2021. Clay raw materials for the ceramic industry. Classification. (In Russian)

4. Natalia Chumachenko, Vladimir Turnikov, Vladimir Kuzmin. Using the calculation method for low-melting clay assessment. MATEC Web of Conferences Volume 196 (2018) XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP). Rostov-on-Don. 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201819604014

5. Chumachenko N.G. Possibilities of software complex for evaluation of mineral aluminosilicate raw materials. *Vestnik Privolzhskogo territorial'nogo otdeleniya Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk: sb. nauch. tr.* [Bulletin of the Volga Territorial Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences: Scientific. tr.], N. Novgorod: NNGASU, 2017, Iss. 20, pp. 207–212. (In Russian).

6. Chumachenko N.G., Petrova E.V., Bezgina L.N. Study of the stability of the chemical composition of clay raw materials of the Samara region. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tehnologii: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and

architecture. Building Technology: A Collection of Articles], Samara, SGASU, 2016, pp. 18–22. (In Russian).

7. Burakhta V.A., Dzhubanalieva A.M. Study of chemical composition of raw materials of West Kazakhstan region for use in Portland cement production. *Habarshy: Vestnik ENU im. L.N. Gumileva* [Khabarshi: Bulletin of the ENU named after L.N. Gumilyova], 2017, no. 2(117), pp. 141–145.

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

КАЛИНИНА Мария Григорьевна

аспирант кафедры производства строительных
материалов, изделий и конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: uporova97@mail.ru

БУРАХТА Вера Алексеевна

доктор химических наук, профессор,
проректор по научной работе
и международным связям
Западно-Казахстанский инновационно-
технологический университет
090000, Республика Казахстан, г. Уральск,
пр. Достык-Дружба, 194
E-mail: vburakhta@mail.ru

БЕККАЛИЕВ Нурлан Мейрамович

магистр технических наук,
старший преподаватель кафедры нефтегазового
дела и отраслевых технологии
Западно-Казахстанский инновационно-
технологический университет
090000, Республика Казахстан, г. Уральск,
ул. Ихсанова, 44
E-mail: nurlan_b-90@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

KALININA Maria G.

Postgraduate student 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: uporova97@mail.ru

BURAKHTA Vera A.

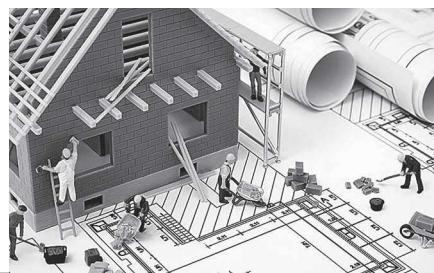
Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Vice-Rector for scientific work and international relations
West Kazakhstan Innovation and Technology University
090000, Republic of Kazakhstan, Uralsk,
pr. Dostyk-Druzhiba, 194
E-mail: vburakhta@mail.ru

BEKKALIEV Nurlan M.

Master of Engineering Science,
Senior Lecturer of the Oil and Gas Business and Industry
Technologies Chair
West Kazakhstan Innovation and Technological
University
090000, Republic of Kazakhstan, Uralsk, Ihsanova str., 44
E-mail: nurlan_b-90@mail

Для цитирования: Чумаченко Н.Г., Калинина М.Г., Бурахта В.А., Беккалиев Н.М. Оценка глинистого сырья Западного Казахстана // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 59–64. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.08.

For citation: Chumachenko N.G., Kalinina M.G., Burakhta V.A., Bekkaliev N.M. Assessment of clay raw materials of Western Kazakhstan. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 59–64. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.08.



Е. А. КРЕСТИН
Г. В. СЕРЕБРЯКОВ

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСКОНТАКТНЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПРИ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

ANALYSIS OF THE OPERATING CONDITIONS OF CONTACTLESS
SEALS DURING RECIPROCATING MOTION OF PLUNGER PAIRS
OF DRIVES OF CONSTRUCTION MACHINES

Гидравлический привод строительных машин и механизмов, используемых в технологических строительных процессах, находит все более широкое применение в строительной индустрии. Это обусловлено небольшой массой и малыми габаритными размерами на единицу мощности привода, незначительной инерционностью подвижных частей, хорошими динамическими характеристиками, легкостью реверсирования, плавностью хода, долговечностью механизмов вследствие самосмазываемости, простоте и надежности работы. Надежность работы гидравлического привода строительных машин во многом определяется эффективностью системы смазки бесконтактных уплотнений подвижных соединений. Стабильность характеристик, коэффициента полезного действия и безопасность эксплуатации механизмов и гидравлического привода, в частности, зависит от качества смазки поверхностей скольжения. С целью повышения качества и долговечности работы гидропривода для определенного диапазона диаметров плунжеров и перепадов давления в гидроагрегатах наиболее рациональным средством борьбы с силами сухого трения является щелевое бесконтактное уплотнение.

Ключевые слова: гидропривод, строительные машины, технология строительства, щелевые уплотнения, зазоры, плунжер, возвратно-поступательное движение, лабиринтные уплотнения, гидроагрегаты

Hydraulic drive of construction machines and mechanisms used in technological construction processes is increasingly being used in the construction industry. This is due to the small weight and small overall dimensions per unit of drive power, insignificant inertia of moving parts, good dynamic characteristics, ease of reversing, smooth running, durability of mechanisms due to self-lubricity, simplicity and reliability of operation. The reliability of the hydraulic drive of construction machines is largely determined by the effectiveness of the lubrication system of contactless seals of movable joints. The stability of characteristics, efficiency and safety of operation of mechanisms and hydraulic drive, in particular, depends on the quality of lubrication of sliding surfaces. In order to improve the quality and durability of the hydraulic drive for a certain range of plunger diameters and pressure drops in hydraulic units, the most rational means of combating dry friction forces is a slit non-contact seal.

Key words: hydraulic drive, construction machines, construction technology, slot seals, gaps, plunger, reciprocating motion, labyrinth seals, hydraulic units

Анализ работы уплотнений для соединений с возвратно-поступательным движением говорит о том, что создание надёжной конструкции уплотнений является одной из важнейших в мировой технике. Стабильная работа уплотнений определяет возможные рабочие параметры, ресурс и надёжность привода гидравлических систем и его элементов, а также последующее развитие механизмов с гидроприводом.

Патентные исследования и литературные источники [1–6] показывают основные тенденции развития конструкций уплотнений подвижных соединений:

- увеличение надёжности и долговечности;
- применение современных материалов повышенной износостойкости в экстремальных условиях работы;
- совершенствование работы уплотнений без смазки или в средах, имеющих плохие смазывающие свойства;
- оптимизация технологии изготовления и снижение стоимости производства конструкции;
- создание долговечных уплотняющих элементов с повышенными характеристиками для различных условий функционирования гидравлических приводов строительных машин и механизмов [7–11].

При эксплуатации гидравлических систем [12] число отказов, связанных с потерей герметичности, составляет 66 %. Выход из строя узлов гидравлических агрегатов чаще всего происходит из-за нарушения работы уплотнений.

Строительные машины, механизмы и агрегаты эксплуатируют в экстремальных условиях: сильной запыленности, высокой влажности, резкого изменения температуры, ударных нагрузок, вибрации и т. д. Поэтому необходимо, чтобы гидравлические уплотнения в конкретных условиях работы машин и механизмов соответствовали следующим требованиям [12]:

- надёжная степень герметизации как в состоянии покоя, так и при возвратно-поступательном движении уплотняемых сопрягаемых поверхностей;
- износоустойчивость, продиктованная установленным числом рабочих циклов и сроком службы агрегата;
- высокий КПД исполнительного механизма при минимальных утечках рабочей жидкости;
- сопротивление к пульсациям рабочего давления, ударным нагрузкам и вибрациям;
- минимальные усилия, необходимые для страгивания с места подвижных соединений;
- невосприимчивость к химическому воздействию по отношению к соприкасающимся деталям и жидкостям;

– компактные габаритные размеры, технологичность конструкции, доступность ремонта, сборки и регулировки;

– универсальность использования в различных сферах.

При проектировании и эксплуатации уплотнений подвижных соединений следует принимать компромиссное решение между долговечностью и утечками [12].

Все существующие типы уплотнений подразделяются на две группы. В уплотнениях первой группы герметичность достигается за счёт контакта и «поджима» поверхностей с использованием уплотняющего элемента: кольца, манжеты, прокладки, диафрагмы и т. д. Такие уплотнения называются контактными. Вторая группа – бесконтактные уплотнения, в которых между уплотняемыми поверхностями всегда существует малый зазор. Сквозь этот зазор всегда неизбежна утечка жидкости с небольшим расходом. Уплотняющий эффект, регулирующий величину утечки, в бесконтактных уплотнениях достигается за счёт возникновения гидравлического сопротивления при течении через малый зазор вязкой жидкости [11]. Бесконтактные уплотнения подразделяются на щелевые и лабиринтные. Щелевым уплотнением называют зазор между сопрягаемыми деталями, который необходим для обеспечения малой силы трения при относительном перемещении уплотняемых деталей.

Щелевые уплотнения применяют в механизмах с малыми диаметрами плунжеров и валов, не более 100 мм, при давлениях до 60 МПа. В таких уплотнениях сложно достичь абсолютной герметичности при любом малом зазоре, из-за чего подобные соединения используют только в тех случаях, когда не требуется полная герметичность [5, 11].

За счёт отсутствия прямого контакта между сопрягаемыми деталями, в щелевых уплотнениях не только снижаются механические потери на трение, но и значительно повышается надёжность и износостойкость деталей.

Для агрегатов с контактными уплотнениями также почти невозможно обеспечить абсолютную герметичность при подвижных соединениях. Например, при прямолинейном возвратно-поступательном движении некоторый объём жидкости будет подвергаться переносу подвижной уплотняемой деталью в виде жидкостной пленки. В этом случае уплотнительный элемент удаляет с поверхности гильзы эту пленку и со временем образуются отрывающиеся капли. В данной конструкции уплотнения обычного движения жидкости не происходит. Здесь наблюдается только заполнение жидкостью микрокамер на поверхности дви-

жущейся детали в уплотняемой среде под действием перепада давления, а затем – частичное опорожнение этих камер вследствие расширения жидкости при выходе этой поверхности в не уплотняемую среду с меньшим давлением [11].

Конкретные условия работы и нагружения механизмов требуют различные типы уплотнений. После всестороннего анализа особенностей работы системы и агрегатов выбирается рациональный вид уплотнения. В работе [12] отдаётся предпочтение применению контактных уплотнений с эластичными герметизирующими элементами в современных гидросистемах, однако контактные уплотнения не используются в управляющих устройствах следящих гидроприводов, у которых для достижения заданных силовой и расходной характеристик необходимы профили проходных щелей и перекрытий определенной формы, измеряемые величинами в несколько микрометров. В механизмах с возвратно-поступательным движением деталей контактные уплотнения создают силу трения, которая зависит от перепада давления жидкости. С увеличением давления жидкости сила трения повышается. Такие механизмы быстро изнашиваются и очень чувствительны к наличию частиц загрязнений жидкости. Довольно серьёзным недостатком уплотнений, выполненных из эластичных материалов, является их низкая теплостойкость.

Анализируя силы трения и величины утечек в эластомерных уплотнениях при возвратно-поступательном движении, выявлено, что эти два параметра уплотнений являются основной проблемой гидравлической уплотнительной техники [13]. Опираясь на теоретические исследования и практику эксплуатации уплотнений, автор получил нелинейную зависимость возрастания утечек от роста вязкости жидкости и скорости скольжения сопрягаемых деталей.

Повышение рабочего давления в гидроприводе увеличивает его быстродействие, уменьшает вес, но приводит к быстрому выходу из строя контактных уплотнений. При уменьшении плотности контакта увеличивается утечка, а коэффициент трения уменьшается, т. е. совершается постепенный переход от сухого к жидкому трению [14]. В этом случае утечки незначительны в сравнении с общим расходом жидкости и относительные потери мощности от них составляют менее одного процента, а сила трения и потеря мощности – десятки доли процентов.

Обычно стойкость контактных уплотнений составляет 0,5–1,0 млн двойных ходов [6]. Причина износа – трение, обусловленное самой конструкцией и назначением контактного

уплотнения. Исследования сил трения в таких уплотнениях [4] показывают, что их величина составляет до 10–15 % от движущей силы.

В гидросистемах, работающих в широком диапазоне температур при больших рабочих давлениях и при больших скоростях возвратно-поступательного движения поверхностей уплотняемых деталей, щелевые уплотнения имеют определённые преимущества над остальными видами уплотнений. В этих системах эластомерные контактные уплотнения при совместном действии высокого давления и температуры выходят и строя [12].

Таким образом, уплотнение плунжера в гидроприводах с его возвратно-поступательным движением является важной задачей, её реализация гарантирует долговечность и надёжность гидромеханизма и определяет коэффициент полезного действия агрегата. КПД установок с гидравлическим приводом будет определяться гидравлическими потерями мощности в соединительных трубопроводах, распределителе, арматуре, аккумуляторе, механическими потерями в трущихся парах и т. д.

Таким образом, наиболее рациональным видом уплотнения для малых диаметров плунжеров и перепадах давления не более 50–60 МПа является бесконтактное, в котором сухое трение переходит в чисто жидкостное трение, величина которого на несколько порядков ниже величины трения Кулона. Основная часть объёмных потерь в насосах, распределителях, гидродвигателях, в гидравлических автоматизированных системах управления происходит именно в подвижных соединениях, работающих при возвратно-поступательном движении.

В настоящее время в области гидравлических приводов электроэнергетики, машиностроения, горнорудной промышленности, в строительстве и т. д. ведутся исследования по модернизации и усовершенствованию гидродвигателей возвратно-поступательного движения [13]. При расчете таких механизмов необходимо определить величину объёмного КПД, учитывающего утечки жидкости, которые происходят в сопряжениях золотник – корпус золотника, цилиндр – поршень, гильза – плунжер. Кроме того, движение жидкости в щелевых зазорах бесконтактных уплотнений носит нестационарный характер.

Выводы. 1. С целью повышения надёжности и долговечности работы гидропривода для определенного диапазона диаметров плунжеров и перепада давления в гидроагрегатах наиболее рациональным средством борьбы с силами сухого трения является щелевое бесконтактное уплотнение.

2. В процессе проектирования и отладки указанного бесконтактного уплотнения необходимо выполнить гидродинамический расчет жидкости, протекающей через зазоры, с учетом нестационарности процесса.

3. В результате гидродинамического расчета необходимо определить распределение скоростей по зазору, выявить закон изменения давления как по длине канала, так и в поперечном направлении, а также найти утечку жидкости через зазор, силу вязкого трения на стенках канала при пульсирующих изменениях давления и осцилляциях стенки канала.

4. Большие усилия на экспериментальную доводку гидроаппаратуры и получение конструкций, далеких от совершенства, обусловлено отсутствием надежных методов расчета и проектирования щелевых и лабиринтных уплотнений.

5. Исследование гидродинамических параметров течения рабочей жидкости в зазорах бесконтактных, щелевых и лабиринтных уплотнений является актуальной задачей, продиктованной разработкой новой техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крестин Е.А. Определение утечек жидкости через зазор бесконтактного уплотнения поршня гидравлического вибратора // Научное обозрение. 2014. №5. С. 108–110.
2. Васильев В.А. Метод расчета гидродинамических сил в щелевых уплотнениях роторов мощных питательных насосов // Вестник ЮУрГУ. Сер. Машиностроение. 2004. № 5. С. 115–120.
3. Эрнст В. Гидропривод и его промышленное применение: пер. с англ. М.: Машгиз, 1963. 100 с.
4. 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.
5. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта и др. 5-е изд., стер. М.: Альянс, 2011. 422 с.
6. Уплотнительные устройства в машиностроении / Б. Жирных [и др.]. М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2017. 24 с.
7. 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.
8. Зайченко Е. Т. Нестационарное течение вязкой жидкости в щели постоянной ширины // Гидравлические машины: сборник статей. Киев: Техника, 1971. Вып. 4. С. 123–129.
9. 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.
10. Крестин Е. А. Гидродинамический расчет бесконтактных уплотнений плунжерных пар // Научное обозрение. 2014. № 10–2. С. 430–436.
11. Машиностроительный гидропривод / под ред. В. Н. Прокофьева; авт.: Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев, В. Я. Скрицкий, В. Л. Сосонкин. М.: Машиностроение, 1978. 495 с.
12. Никитин О.Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 288 с.
13. Чмиль В.П. Гидропневмопривод строительной техники. Конструкция, принцип действия, расчет. СПб.: Лань, 2011. 320 с.
14. Мокин Н.В. Гидравлические и пневматические приводы. Новосибирск: СГУПС, 2004. 353 с.

REFERENCES

1. Krestin E.A. Determination of fluid leaks through the non-contact seal gap of the hydraulic vibrator piston. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2014, no. 5, pp. 108–110. (in Russian)
2. Vasiliev V.A. Method of calculation of hydrodynamic forces in slot seals of rotors of high-power feed pumps. *Vestnik JuUrGU. Ser. Mashinostroenie* [Bulletin of SUSU. Ser. Mechanical engineering], 2004, no. 5, pp. 115–120. (in Russian)
3. Ernst W. *Gidroprivod i ego promyshlennoe primenenie* [Hydraulic drive and its industrial application]. Moscow, Mashgiz, 1963. 100 p.
4. Nikitin G.A., Cherkun V.E., Didur V.A. *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva* [Technology and organization of production], Kiev, 1971, no. 1, pp. 77–80.
5. Bashta T.M. *Gidraulika, gidromashiny i gidroprivody* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]. Moscow, Alliance, 2011. 422 p.
6. Zhirnyh B. *Uplotnitel'nye ustrojstva v mashinostroenii* [Sealing devices in mechanical engineering]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Publishing House, 2017. 24 p.
7. Krestin E.A., Serebryakov G.V. Hydrodynamic calculation of contactless seals with plane slots in drives of electric power 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
8. Zaichenko E.T. Transient flow of viscous fluid in slots of constant width. *Gidraulicheskie mashiny: sbornik statej*. Kiev: *Tehnika* [Hydraulic machines: a collection of articles. Kyiv: Technology], 1971, I. 4, pp. 123–129. (in Russian)
9. Belocerkovskij O.M. Numerical study of Taylor current stability between two cylinders in the two-dimensional case. *Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoy fiziki* [Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics], 2009, no. 4, pp. 754–768. (in Russian)

10. Krestin E.A. Hydrodynamic calculation of non-contact seals of plunger pairs. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2014, no. 10–2, pp. 430–436. (in Russian)

11. Kondakov L.A., Nikitin G.A., Prokofiev V.N., Skritsky V.Ya., Sosonkin V.L. *Mashinostroitel'nyj gidroprivod* [Machine-building hydraulic drive]. Moscow, Mechanical Engineering, 1978. 495 p.

12. Nikitin O.F. *Rabochie zhidkosti i uplotnitel'nye ustrojstva gidroprivodov* [Operating fluids and sealing devices of hydraulic drives]. Moscow, MSTU named after N.E. Bauman, 2013. 288 p.

13. Chmil' V.P. *Gidropnevmoprivod stroitel'noj tehniki. Konstrukcija, princip dejstvija, raschet* [Hydropneumatic drive of construction equipment. Design, principle of operation, calculation]. St. Petersburg, Lahn Publishing House, 2011. 320 p.

14. Mokin N.V. *Gidravlicheskie i pnevmaticheskie privody* [Hydraulic and pneumatic drives]. Novosibirsk, SGUPS Publishing House, 2004. 353 p.

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. Анализ условий функционирования бесконтактных уплотнений при возвратно-поступательном движении плунжерных пар приводов строительных машин // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 65–69. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.09.

For citation: Krestin E.A., Serebryakov G.V. Analysis of the operating conditions of contactless seals during reciprocating motion of plunger pairs of drives of construction machines. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 65–69. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.09.

Д. В. ПОПОВ
В. П. ПОПОВ

УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ИЗ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

REINFORCEMENT OF BASES WITH DISPERSED REINFORCEMENT FROM PLASTIC WASTE

В статье приведены результаты лабораторных испытаний штампом песчаных грунтов разной плотности, армированных с разным процентом от общего объема фиброй, изготовленной путём нарезки полосок из пластиковых бутылок. Целью работы является получение величин модуля деформации грунта, армирование которого осуществлено пластиковой фиброй. Произведено сравнение неармированного грунта с армированным. Представленные результаты лабораторных исследований показывают эффективность применения фибры, изготовленной из отходов пластика, что в будущем позволит существенно сэкономить на устройстве искусственных песчаных оснований, а также улучшить экологические показатели окружающей среды.

Ключевые слова: дисперсное армирование, отходы пластика, замена основания, усиление основания, прочность оснований, армирующие элементы, штамповые испытания, антропогенная нагрузка

В начале XX в. со стремительным ростом индустриализации резко выросло потребление бумаги. Бумага начала использоваться не только в отраслях промышленности, но и в других сферах, вплоть до упаковки продуктов питания в магазинах. Несколько десятков лет бумага была необоротным ресурсом, и уже к середине 50-х гг. прошлого века вырубка лесов достигла критического масштаба и планета впервые оказалась на грани экологической катастрофы. Параллельно с ростом потребления бумаги развивалась и химическая отрасль, которая имела к тому времени накопленный опыт в синтезировании полиэтилена. Многочисленные исследования показывали абсолютную безвредность полиэтилена для человека. И, как казалось, тогда был найден относительно дешёвый способ спасти леса от вырубки, а бумагу, которую использовали для упаковки продуктов питания, заменили на полиэтилен. С годами упаковочный материал постоянно модернизировался и полиэтилен был частично заменён схожими по свойствам пластиками. Простота, дешевиз-

The article presents the results of laboratory tests with a stamp of sandy soils of different densities, reinforced with a different percentage of the total volume with fiber made by cutting strips from plastic bottles. The aim of the work is to obtain the values of the modulus of deformation of the soil, the reinforcement of which is carried out with plastic fiber. Also in this article, a comparison was made of non-reinforced soil with reinforced. The presented results of laboratory studies show the effectiveness of the use of fiber made from plastic waste, which in the future will significantly save on the device of artificial sand bases, as well as improve environmental performance.

Keywords: dispersed reinforcement, plastic waste, replacement of the base, reinforcement of the base, strength of the bases, reinforcing elements, stamp tests, anthropogenic load

на и высокие эксплуатационные характеристики сделали пластиковую упаковку продуктов питания самой производимой в мире. По статистике в мире ежеминутно производится один миллион только пластиковых бутылок и уже для упаковки не только продуктов питания, но и для упаковки различных непищевых (технических) жидкостей. На сегодняшний день большинство стран мира оказались не готовыми к переработке или безвредной для экологии утилизации такого объёма пластика, что привело к загрязнению им значительных сухопутных территорий, а также мирового океана. Около пятнадцати миллионов тонн пластика ежегодно засоряют реки, озера, моря и океаны, пагубно влияя на флору и фауну последних. В связи с вышеописанным возникает актуальный вопрос о применимости пластиковых отходов, с минимальной их переработкой, в других производственных отраслях.

В строительстве отходы пластика могут применяться в виде тонких полос для дисперсного армирования искусственных оснований,

которые частично заменяют толщи слабых природных грунтов, обладающих низкими по величине показателями физико-механических характеристик, или при выполнении отсыпок территорий с целью поднятия рельефа до проектных отметок [1, 2]. При этом следует отметить, что армирование искусственных оснований в нашей стране осуществляется уже более тридцати лет, для чего в большинстве случаев используют произведённые специально для этих целей геотекстиль или геосетки, т. е. используются либо рулонные материалы, либо плоские каркасы [3, 4]. Как таковых попыток произвести дисперсное армирование грунтов отмечено не было, соответственно по этому поводу и была проведена серия экспериментов.

Эксперимент проводился в грунтовом лабораторном лотке, имеющем в поперечном сечении форму трубы с величиной внутреннего диаметра 410 мм, к верхнему краю которого прикреплена рычажная система для проведения штамповых испытаний (рис. 1). Грунтом, который подвергался армированию, являлся песок мелкий маловлажный. В качестве армирующих элементов применялись полоски размером 5,0x70,0 мм из полиэтилентерефталата, полученные путем нарезки бутылок из-под пищевых жидкостей. Толщина слоя грунта была принята 300 мм. Всего было проведено

две серии экспериментов. Первая серия экспериментов проводилась на грунте плотностью 1,73 г/см³, во второй плотность грунта была повышена до 1,82 г/см³ [5]. В каждой серии было проведено по четыре эксперимента, в результате которых производились штамповые испытания грунтов. В первых трёх экспериментах был испытан грунт с процентом армирования фиброй 10, 20 и 30 % от первоначального объёма (рис. 2). Четвёртый эксперимент был проведен на слое грунта без армирования.

Давление на экспериментальный грунт передавалось круглым металлическим штампом, имеющим площадь 60 см², ступенями путем укладки грузов весом 3 кг на вертикальную подвеску рычажной системы, создавая давление под штампом, равным по 0,01 МПа [6]. Приложение каждой последующей ступени нагрузки осуществлялось после полного затухания осадок от предыдущей ступени. Увеличение нагрузки продолжалось до тех пор, пока приращение деформаций грунта от вновь приложенной нагрузки, превышало более чем в пять раз величину деформации от предыдущей ступени. Величины деформаций грунта фиксировались с помощью индикатора часового типа (прогибомер) с ценой деления 0,01 мм.

Результаты экспериментов и построенные графики зависимости осадки штампа от нагрузки приведены в табл. 1 – 8 и рис. 3 – 10.



Рис. 1. Общий вид лабораторной установки штамповых испытаний грунтов



Рис. 2. Процесс смешивания грунта с полосками полиэтилентерефталата

Первая серия экспериментов, плотность грунта – 1,73 г/см³.

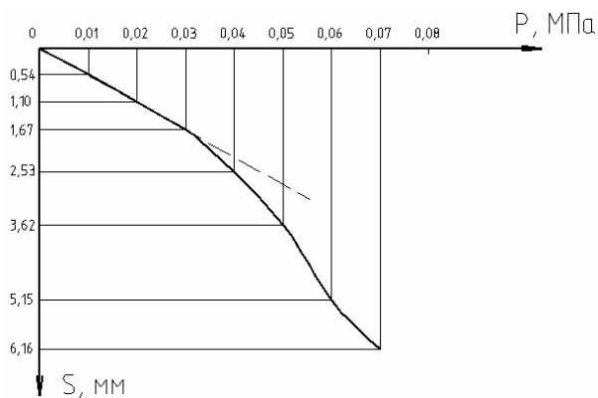


Рис. 3. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта без армирования

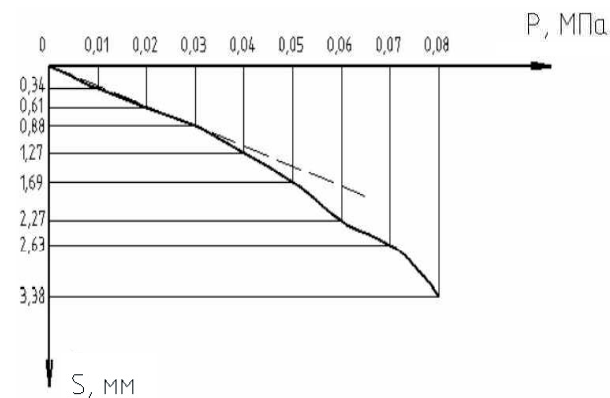


Рис. 4. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта с армированием 10 %

Таблица 1

Штамповые испытания грунта без армирования

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт P, МПа		Отсчёты по индикатору h _г мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _г кг	суммарная нагрузка ΣN _г кг	ступень P _г МПа	суммарное давление ΣP _г МПа		за ступень S _г мм	суммарная ΣS _г мм
0	N ₁ =6,0	42,0	P ₁ =0,01	0,07	0,54	0,54	6,16
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		1,10	0,56	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		1,67	0,57	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		2,53	0,86	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		3,62	1,09	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		5,15	1,53	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		6,16	1,01	

Таблица 2

Штамповые испытания. Процент армирования грунта 10 %

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт P, МПа		Отсчёты по индикатору h _г мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _г кг	суммарная нагрузка ΣN _г кг	ступень P _г МПа	суммарное давление ΣP _г МПа		за ступень S _г мм	суммарная ΣS _г мм
10	N ₁ =6,0	48,0	P ₁ =0,01	0,08	0,34	0,34	3,38
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,61	0,27	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		0,88	0,27	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		1,27	0,39	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		1,69	0,42	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		2,27	0,58	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		2,63	0,36	
	N ₈ =6,0		P ₈ =0,01		3,38	0,75	

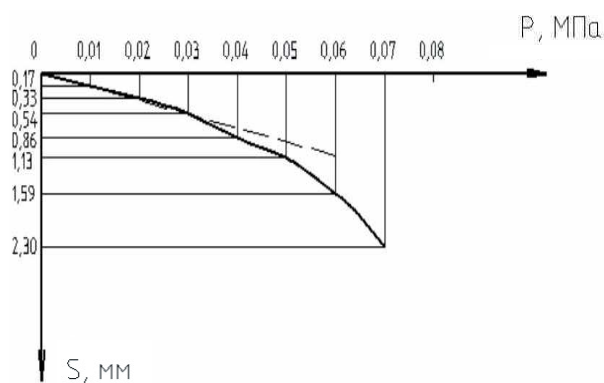


Рис. 5. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта с армированием 20 %

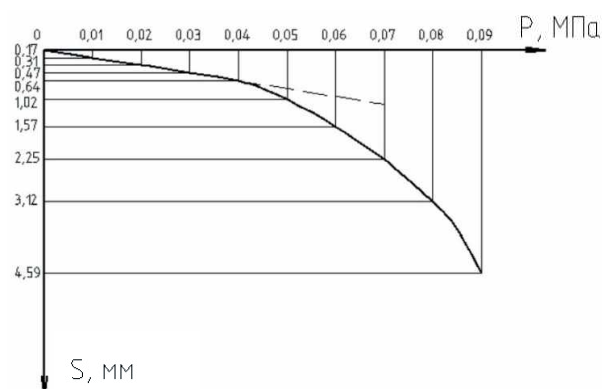


Рис. 6. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта с армированием 30 %

Таблица 3

Штамповые испытания. Процент армирования грунта 20 %

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт, P, МПа		Отсчёты по индикатору h _v , мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _v , кг	суммарная нагрузка ΣN _v , кг	ступень P _v , МПа	суммарное давление ΣP _v , МПа		за ступень S _v , мм	суммарная ΣS _v , мм
20	N ₁ =6,0	42,0	P ₁ =0,01	0,07	0,17	0,17	2,30
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,33	0,16	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		0,54	0,21	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		0,86	0,32	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		1,13	0,27	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		1,59	0,46	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		2,30	0,71	

Таблица 4

Штамповые испытания. Процент армирования грунта 30 %

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт, P, МПа		Отсчёты по индикатору h _v , мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _v , кг	суммарная нагрузка ΣN _v , кг	ступень P _v , МПа	суммарное давление ΣP _v , МПа		за ступень S _v , мм	суммарная ΣS _v , мм
30	N ₁ =6,0	54,0	P ₁ =0,01	0,09	0,17	0,17	4,59
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,31	0,14	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		0,47	0,16	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		0,64	0,17	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		1,02	0,38	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		1,57	0,55	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		2,25	0,68	
	N ₈ =6,0		P ₈ =0,01		3,14	0,89	
	N ₉ =6,0		P ₉ =0,01		4,59	1,45	

Вторая серия экспериментов, плотность грунта – 1,82 г/см³.

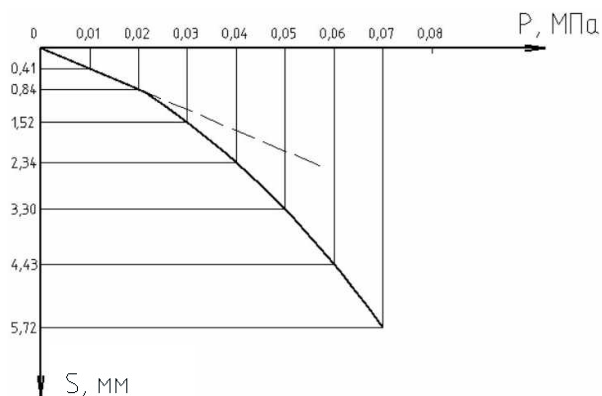


Рис. 7. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта без армирования

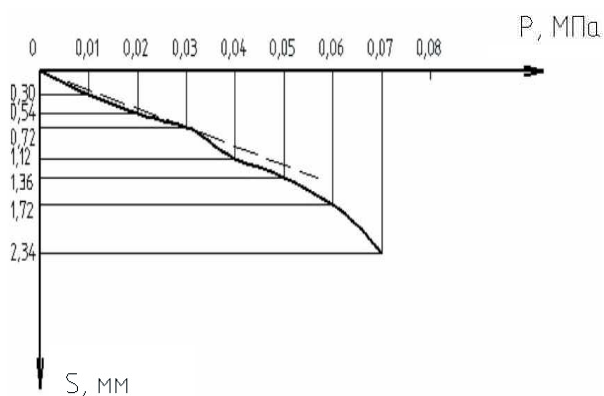


Рис. 8. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта с армированием 10 %

Таблица 5

Штамповые испытания грунта без армирования

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт, P, МПа		Отсчёты по индикатору h _γ мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _γ кг	суммарная нагрузка ΣN _γ кг	ступень P _γ МПа	суммарное давление ΣP _γ МПа		за ступень S _γ мм	суммарная ΣS _γ мм
0	N ₁ =6,0	42,0	P ₁ =0,01	0,07	0,41	0,41	5,72
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,84	0,43	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		1,52	0,68	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		2,34	0,82	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		3,30	0,96	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		4,43	1,13	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		5,72	1,29	

Таблица 6

Штамповые испытания. Процент армирования грунта 10 %

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт, P, МПа		Отсчёты по индикатору h _γ мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _γ кг	суммарная нагрузка ΣN _γ кг	ступень P _γ МПа	суммарное давление ΣP _γ МПа		за ступень S _γ мм	суммарная ΣS _γ мм
10	N ₁ =6,0	42,0	P ₁ =0,01	0,07	0,30	0,30	2,34
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,54	0,24	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		0,72	0,18	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		1,12	0,40	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		1,36	0,24	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		1,72	0,36	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		2,34	0,62	

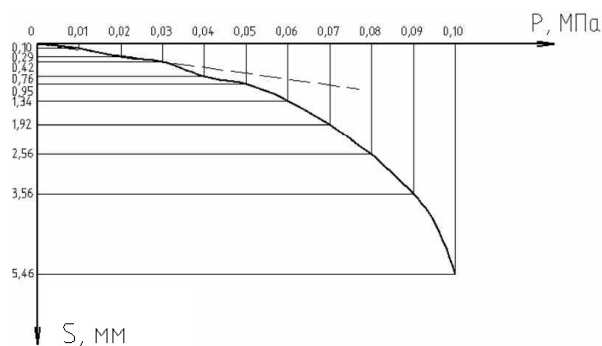


Рис. 9. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта с армированием 20 %

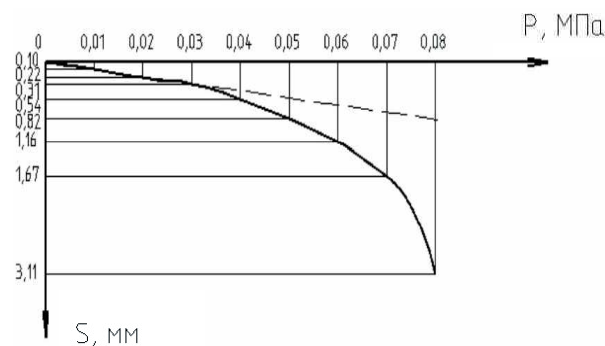


Рис. 10. График зависимости осадки штампа от нагрузки при испытании грунта с армированием 30 %

Таблица 7

Штамповые испытания. Процент армирования грунта 20 %

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт, P, МПа		Отсчёты по индикатору h _г , мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _г , кг	суммарная нагрузка ΣN _г , кг	ступень P _г , МПа	суммарное давление ΣP _г , МПа		за ступень S _г , мм	суммарная ΣS _г , мм
20	N ₁ =6,0	60,0	P ₁ =0,01	0,10	0,10	0,10	5,46
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,29	0,19	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		0,42	0,13	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		0,76	0,34	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		0,95	0,19	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		1,34	0,39	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		1,92	0,58	
	N ₈ =6,0		P ₈ =0,01		2,56	0,64	
	N ₉ =6,0		P ₉ =0,01		3,56	1,0	
	N ₁₀ =6,0		P ₁₀ =0,01		5,46	1,90	

Таблица 8

Штамповые испытания. Процент армирования грунта 30 %

Процент армирования грунта, %	Нагрузка на штамп N, кг		Давление от штампа на грунт, P, МПа		Отсчёты по индикатору h _г , мм	Осадка штампа S, мм	
	ступень N _г , кг	суммарная нагрузка ΣN _г , кг	ступень P _г , МПа	суммарное давление ΣP _г , МПа		за ступень S _г , мм	суммарная ΣS _г , мм
30	N ₁ =6,0	48,0	P ₁ =0,01	0,08	0,10	0,10	3,11
	N ₂ =6,0		P ₂ =0,01		0,22	0,12	
	N ₃ =6,0		P ₃ =0,01		0,31	0,09	
	N ₄ =6,0		P ₄ =0,01		0,54	0,23	
	N ₅ =6,0		P ₅ =0,01		0,82	0,28	
	N ₆ =6,0		P ₆ =0,01		1,16	0,34	
	N ₇ =6,0		P ₇ =0,01		1,67	0,51	
	N ₈ =6,0		P ₈ =0,01		3,11	1,44	

По результатам проведённых штамповых испытаний (плотность грунта – 1,73 г/см³) был вычислен модуль деформации для каждого варианта армирования грунта:

$$E_0 = (1 - \nu^2) \cdot K_p \cdot K_1 \cdot D \frac{\Delta p}{\Delta s} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{1,67} = 0,111 \text{ МПа.}$$

$$E_{10} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,88} = 0,211 \text{ МПа.}$$

$$E_{20} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,54} = 0,344 \text{ МПа.}$$

$$E_{30} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,64} = 0,386 \text{ МПа.}$$

По результатам проведённых штамповых испытаний (плотность грунта – 1,82 г/см³) был вычислен модуль деформации для каждого варианта армирования грунта:

$$E_0 = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,84} = 0,147 \text{ МПа.}$$

$$E_{10} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,72} = 0,258 \text{ МПа.}$$

$$E_{20} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,42} = 0,441 \text{ МПа.}$$

$$E_{30} = (1 - 0,3^2) \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 8,6 \frac{0,03}{0,31} = 0,598 \text{ МПа.}$$

Результаты выполненных лабораторных исследований показывают, что армирование песчаного грунта фиброй, изготовленной из отходов пластика, значительно повышает такой прочностной показатель, как модуль деформации. Следует отметить, что чем выше процент армирования грунта, тем выше в итоге общий модуль деформации. Так, у грунта с плотностью 1,73 г/см³ при армировании 10, 20 и 30 % модуль деформации становится соответственно в 1,90, 3,10 и 3,47 раза больше. У грунта с плотностью 1,82 г/см³ также при армировании в 10, 20 и 30 % модуль деформации повышается в 1,75, 3,0 и 4,06 раза. Более высокие показатели модуля деформации у грунта плотностью 1,82 г/см³ объясняется еще тем, что у данного грунта объем пор намного меньше, а соответственно, ниже его деформативность. Отходы пищевого пластика не подвержены коррозии, имеют долгий по времени процесс разложения в грунте и стойкость к большинству химических соединений. Использование пластиковых отходов при усилении оснований позволит снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, уменьшить расходы на переработку или утилизацию пищевой упаковки. При этом следует отметить, что нарезка полосок (фибры) из бутылок является не очень дорогой операцией, а это в свою очередь ведет к общему снижению затрат на устройство искусственных оснований. На сегодняшний день можно сделать предварительные выводы о том, что отходы пластика могут быть использованы в качестве армирования искусственных оснований, но необходимо продолжить исследования в этом направлении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов Д.В., Ачаликов И.Ю. Усиление слабых оснований промежуточным грунто-армированным слоем // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2020. С. 341–348.
2. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Изд. 2-е, доп. и перераб. / под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2016. 1040 с.
3. Мальцев А.В., Сороколетова Е.В. Исследование влияния параметров системы «основание-фундамент» при разуплотнении грунта в открытых котлованах на расчётную величину осадки // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2020. С. 300–306.
4. ГОСТ 20276.1–2020. Грунты. Метод испытания штампом. М.: Стандартинформ, 2020.
5. Мальцев А.В., Каримов Э.А., Майорова Ю.Н. Моделирование процессов уплотнения песчаного грунта в лабораторных условиях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2018. С. 279–284.
6. Землянский А.А. Активное армирование слабых грунтов при строительстве крупноразмерных резервуаров // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2006. С. 15–18.

REFERENCES

1. Popov D.V., Achalikov I.Yu. Strengthening weak bases with an intermediate ground-reinforced layer.

Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sbornik statej [Traditions and innovations in construction and architecture: a collection of articles]. Samara, SamGTU, 2020, pp. 341–348. (In Russian).

2. П'ичев В.А., Мангусhev Р.А. *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya. Izd. 2-e, dop. i pererab.* [Geotechnics Handbook. Foundations, foundations and underground structures. Ed. 2nd, add and rework]. Moscow, Publishing House ASV, 2016. 1040 p.

3. Maltsev A.V., Sorokoletova E.V. Study of the influence of the parameters of the base-foundation system during decompression of soil in open pits on the design value of settlement. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture: a collection of articles]. Samara, SamGTU, 2020, pp. 300–306. (In Russian).

4. State Standart 20276.1-2020. Soils. Die test method. Moscow, Standardinform, 2020.

5. Maltsev A.V., Karimov E.A., Mayorova Yu.N. Modeling of compaction processes of sandy soil in laboratory conditions. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture: a collection of articles]. Samara, SamGTU, 2018, pp. 279–284. (In Russian).

6. Zemlyansky A.A. Active reinforcement of weak soils during construction of large-sized tanks. *Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov* [Foundations, foundations and soil mechanics], 2006, pp. 15–18. (in Russian)

Об авторах:

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

ПОПОВ Валерий Петрович

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства Самарский государственный университет путей сообщения 443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В E-mail: npc-ria@yandex.ru

POPOV Valery P.

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Construction Chair Samara State University of Railway Transport 443066, Russia, Samara, Svobody str, 2B E-mail: npc-ria@yandex.ru

Для цитирования: Попов Д.В., Попов В.П. Усиление оснований дисперсным армированием из пластиковых отходов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 70–77. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.10.

For citation: Popov D.V., Popov V.P. Reinforcement of bases with dispersed reinforcement from plastic waste. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 70–77. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.10.



С. И. ФОНОВА
А. В. ЭПИТАШВИЛИ
Е. Э. БУРАК

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГАЗООЧИСТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

STUDY OF THE OPERATION OF THE GAS CLEANING INSTALLATION FERROUS METALLURGY ENTERPRISES

Для оценки качества окружающей среды на территории предприятия чёрной металлургии в течение шести лет велось наблюдение за работой ёмкостей по переработке маслосодержащих отходов с последующей очисткой от ароматических углеводородов и аэрозолей минеральных масел. Выполнялся отбор проб воздуха (газа) для исследования количества загрязняющих веществ. В исследуемых образцах были обнаружены увеличенные концентрации бензола, ксилола, толуола, этилбензола, масла минерального. Были выполнены замеры производительности по газу на входе и выходе газоочистительной установки. Измерялась температура очищаемого газа, а также расход воды (раствора) на орошение. Период исследования – 2015–2020 гг. В результате анализа полученных данных было обнаружено непрерывное попадание загрязняющих веществ в атмосферу. Для уменьшения концентрации загрязнителей воздуха предложены мероприятия, направленные на увеличение эффективности газоочистительной установки.

Ключевые слова: окружающая среда, газоочистка, загрязняющие вещества, чёрная металлургия

To assess the quality of the environment on the territory of the ferrous metallurgy enterprise, the operation of oil-containing waste processing tanks was monitored for six years, followed by purification from aromatic hydrocarbons and mineral oil aerosols. Air (gas) sampling was carried out to study the amount of pollutants. In the studied samples, increased concentrations of benzene, xylene, toluene, ethylbenzene, mineral oil were found. Measurements of gas performance at the inlet and outlet of the gas cleaning plant were also performed. The temperature of the purified gas was measured; the consumption of water (solution) for irrigation was measured. The study period is from 2015 to 2020. As a result of the analysis of the data obtained, a continuous release of pollutants into the atmosphere was found. To reduce the concentration of air pollutants, measures have been proposed to increase the efficiency of the gas cleaning plant.

Keywords: environment, gas treatment, pollutants, ferrous metallurgy

Атмосферные загрязнения приводят к ряду негативных последствий, которые становятся сложно решаемой экологической проблемой [1–3]. В результате деятельности предприятий черной металлургии значительно загрязняется атмосферный воздух. Основной причиной выбросов загрязняющих веществ является высокий физический износ оборудования и применение устаревших технологий [4–6].

Цель работы: исследование работы газоочистительной установки, анализ экологиче-

ской обстановки на территории предприятия черной металлургии.

Задача: отбор проб воздуха, прошедших очистку на газоочистительной установке; анализ полученных результатов; разработка мероприятий по увеличению эффективности работы газоочистительной установки.

Как известно, предприятия чёрной металлургии имеют первый класс опасности и увеличенные защитно-санитарные зоны для их территорий [7]. Это связано с повышенным

содержанием загрязняющих веществ в испарениях от производства. Для защиты окружающей среды от попадания большого количества загрязняющих веществ на предприятии чёрной металлургии предусмотрено газоочистительное оборудование – газоконвектор.

Газоконвектор обеспечивает очистку вентиляционных и технологических выбросов от опасных и дурно пахнущих газов органической природы с общей концентрацией до 4000 мг/м³ путем полного их разложения и окисления. Окисление происходит в результате комбинированного воздействия объёмного барьерного разряда, воздействия на молекулы загрязнений и других физико-химических факторов.

Газоконвектор состоит из следующих элементов:

1. Блок МГФО – модуль «гидрофильтр» представляет собой смачиваемый лабиринт и обеспечивает водяное охлаждение потока с улавливанием масел, аэрозолей, пыли, смачивающихся и растворяющихся загрязнений.

2. Блок МОФ – модуль фреонового охлаждения газозвушной смеси, предназначенный для конденсации влаги в газозвушной смеси и охлаждения потока воздуха.

3. Блок ДУК – дымоулавливающий электростатический комплекс, обеспечивающий очистку воздуха от мелкодисперсных непро-

водящих частиц пыли и аэрозолей, а также от полимеризующихся и застывающих загрязнений.

4. Блок ФПА – противоаэрозольный фильтр, представляющий собой кассетный фильтр и обеспечивающий дополнительную защиту газоконвектора от аэрозолей, полимеризующихся и застывающих загрязнений, пыли и волокон.

5. Блок Фк7 – фильтр карманного типа с кассетными блоками, обеспечивающий тонкую очистку воздуха от пыли и волокон.

6. Блок ГРЯ 2000 (2 шт.) – барьерно-стримерная секция плазменной очистки с газоразрядными ячейками, обеспечивающая очистку воздуха от органических газов, паров и запахов.

7. Блок СЕ/СЕС (3 шт.) – кассетный сорбционный фильтр, предназначенный для доочистки воздуха от газов, паров и запахов.

В течение шести лет (с 2015 по 2020 гг.) с периодичностью один раз в год выполнялся отбор проб воздуха для исследования. Сбор анализов осуществлялся после очистки воздуха от ароматических углеводородов и аэрозолей минеральных масел в испарениях.

В 2015 г. отбор проб был выполнен в августе, в 2016 г. – в сентябре, а с 2017 по 2020 гг. – в мае. Работа цеха (рис. 1) по переработке маслосодержащих отходов с последующей очисткой от ароматических углеводородов

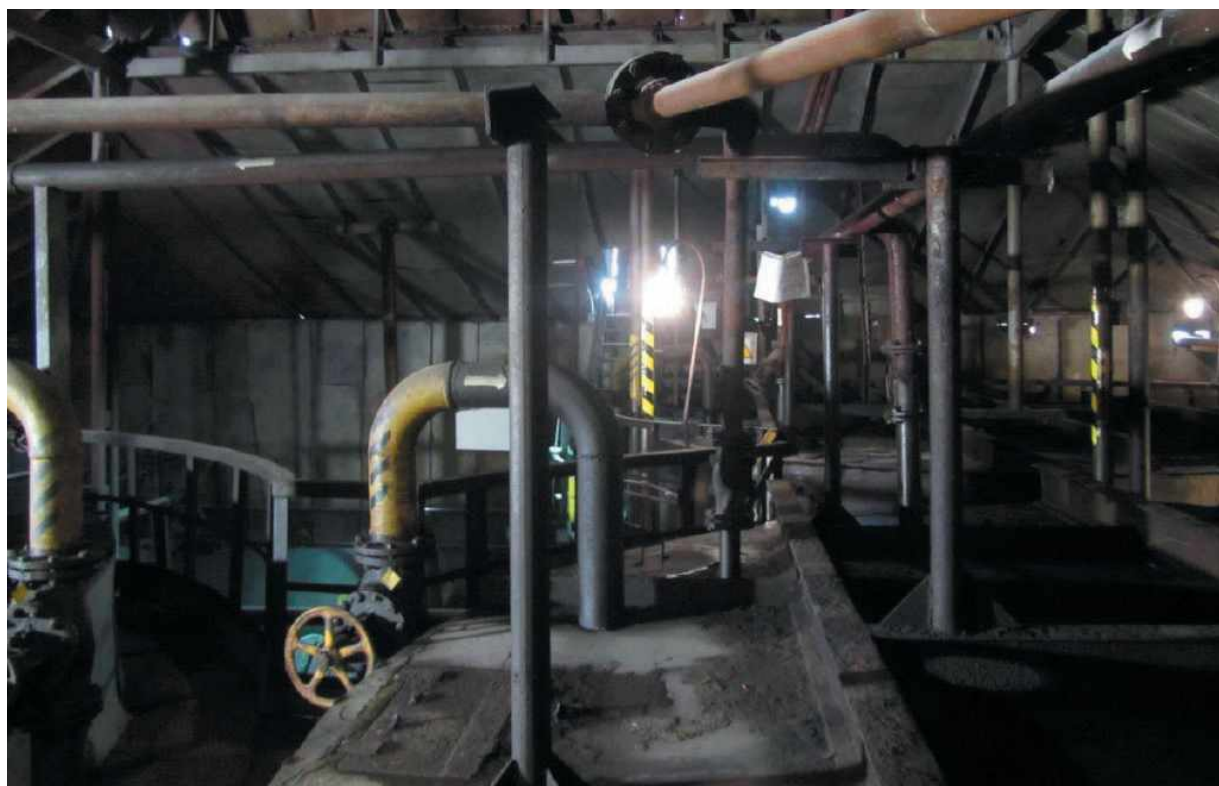


Рис. 1. Цех по переработке маслосодержащих отходов

и аэрозолей минеральных масел происходит в круглосуточном режиме. Наблюдения показали, что после очистки отходов в атмосферу вместе с парами очищенного воздуха попадают загрязняющие вещества, о чём свидетельствует специфический запах воздуха рядом с объектом наблюдения.

Основными загрязняющими веществами в испарениях являются: бензол [8, 9], ксилол [10], толуол [11], этиленбензол [12], масло минеральное [13]. Повышенное содержание данных веществ в атмосферном воздухе влияет на уровень загрязнения поверхностных и подземных вод, а также почв.

Основной характеристикой загрязненности воздуха является концентрация в нем примеси, т. е. количество того или иного вещества в единице объема воздуха при нормальных условиях, выраженное в мг/м³.

Для измерения компонентов использовалось оборудование Центра коллективного пользования ВГТУ «ЦКП имени проф. Ю.М. Борисова» в рамках проекта развития, на основании соглашения № 075-15-2021-662 от 28.07.2021 г. В работе использовались газоанализаторы, датчики давления и термопреобразователи.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

На основании полученных данных, обобщенных в табл. 1, были построены графики изменения концентрации загрязняющих веществ на входе в газоконвектор газов и на выходе (рис. 2–6).

На рис. 2 показан график измерения концентрации **бензола**. *Первый* отбор проб был выполнен 31 мая 2015 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 73 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 4,5 м³/ч. Концентрация бензола до очистки составляла 0,002813 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации бензола в воздухе до 0,00127 г/м³, однако полученные результаты при сопоставлении к ПДК оказались завышены. Результаты исследования проб газа (воздуха) и сопоставления к ПДК представлены в табл. 2. По результатам исследований в 2015 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей бензола – 54,85 %. *Второй* отбор проб был выполнен 29 сентября 2016 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 48 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация бензола до очистки составляла 0,000117 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации бензола в воздухе до 0,000065 г/м³. По результатам исследований в 2016 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей бензола – 44,44 %.

Третий отбор проб был выполнен 23 мая 2017 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 56 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация бензола до очистки составляла 0,000047 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации бензола в воздухе до 0,000002 г/м³. По результатам исследований в 2017 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей бензола – 95,74 %. *Четвертый* отбор проб был выполнен 11 мая 2018 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 52 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация бензола до очистки составляла 0,000153 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации бензола в воздухе до 0,00005 г/м³. По результатам исследований в 2018 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей бензола – 67,32 %. *Пятый* отбор проб был выполнен 5 мая 2019 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 101 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация бензола до очистки составляла 0,00049 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации бензола в воздухе до 0,000053 г/м³. По результатам исследований в 2019 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей бензола, равный 89,18 %. *Шестой* отбор проб был выполнен 7 мая 2020 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 54 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация бензола до очистки составляла 0,00048 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации бензола в воздухе до 0,000052 г/м³. По результатам исследований в 2020 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей бензола – 89,16 %.

На рис. 3 показан график измерения концентрации **ксилола**. *Первый* отбор проб был выполнен 31 мая 2015 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 73 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 4,5 м³/ч. Концентрация ксилола до очистки составляла 0,000005 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации ксилола в воздухе до 0,000002 г/м³. Результаты исследования проб газа (воздуха) и сопоставления к ПДК представлены в табл. 2. По результатам исследований в 2015 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей ксилола – 60,00 %. *Второй* отбор проб был выполнен 29 сентября 2016 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 48 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация ксилола до очистки составляла

Таблица 1

Результаты исследований по эксплуатационным (фактическим) показателям работы установки очистки газа ёмкости термообработки на промышленном предприятии черной металлургии

Исследуемые параметры	Показатели работы (фактические)					
	31.08. 2015	29.09. 2016	23.05. 2017	11.05. 2018	08.05. 2019	07.05. 2020
1. Температура очищаемого газа (воздуха), °С:						
на входе	73	100	100	100	101	100
на выходе	53	48	56	52	53	54
2. Концентрация загрязняющих веществ в очищаемом газе (воздухе), мг/м ³ :						
на входе:						
– бензол	0,002813	0,000117	0,000047	0,000153	0,00049	0,00048
– ксилол	0,000005	0,000223	0,000055	0,00018	0,00022	0,00199
– толуол	0,000036	0,000225	0,000036	0,000053	0,00034	0,00031
– этилбензол	0,000018	0,000003	0,000006	0,000573	0,00038	0,00035
– минеральное масло	0,007	0,0103	0,0121	0,0099	0,009533	0,009033
на выходе:						
– бензол	0,00127	0,000065	0,000002	0,00005	0,000053	0,000052
– ксилол	0,000002	0,000092	0,000029	0,000056	0,000068	0,000065
– толуол	0,000014	0,000106	0,000014	0,00002	0,000051	0,00005
– этилбензол	0,000008	0,0000001	0,000003	0,00014	0,000106	0,000103
– минеральное масло	0,00295	0,00367	0,00433	0,00415	0,0041	0,003897
3. Расход воды (раствора) на орошение, м ³ /ч	4,5	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Эффективность очищения загрязняющих веществ, %:						
– бензол	54,85	44,44	95,74	67,32	89,18	89,16
– ксилол	60,00	58,74	47,27	68,88	69,09	96,73
– толуол	61,11	52,88	61,11	62,26	85,00	83,87
– этилбензол	55,55	96,66	50,00	75,56	72,10	70,57
– минеральное масло	57,85	96,43	64,21	58,08	56,99	56,85

Таблица 2

Результаты исследования проб воздуха и сопоставление к ПДК

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК [14] воздуха макс. разовая	ПДК [14] воздуха средне- суточная
	вход/ выход	вход/ выход	вход/ выход	вход/ выход	вход/ выход	вход/ выход		
Температура воздуха, °С	73	100	100	100	101	100	-	-
	53	48	56	52	53	54		
Бензол, мг/м ³	2,813	0,117	0,047	0,153	0,490	0,480	0,300	0,100
	1,270	0,065	0,002	0,050	0,053	0,052		
Ксилол, мг/м ³	0,005	0,223	0,055	0,180	0,220	0,199	150	50
	0,002	0,092	0,029	0,056	0,068	0,065		
Толуол, мг/м ³	0,036	0,225	0,036	0,053	0,340	0,310	150	50
	0,014	0,106	0,014	0,020	0,051	0,050		
Этилбензол, мг/м ³	0,018	0,003	0,006	0,573	0,380	0,350	150	50
	0,080	0,0001	0,003	0,140	0,106	0,103		
Масло минеральное, мг/м ³	7,000	10,300	12,100	9,900	9,530	9,033	-	5,000
	2,95	3,67	4,33	4,15	4,100	3,897		

0,000223 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации ксилола в воздухе до 0,000092 г/м³. По результатам исследований в 2016 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей ксилола – 58,74 %. *Третий* отбор проб был выполнен 23 мая 2017 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 56 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация ксилола до очистки составляла 0,000055 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации ксилола в воздухе до 0,000029 г/м³. По результатам исследований в 2017 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей ксилола – 47,27 %. *Четвертый* отбор проб был выполнен 11 мая 2018 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 52 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация ксилола до очистки составляла 0,00018 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации ксилола в воздухе до 0,000056 г/м³. По результатам исследований в 2018 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей ксилола – 68,88 %. *Пятый* отбор проб был выполнен 5 мая 2019 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 101 °С, после очистки показатель температуры – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация ксилола до очистки составляла 0,00022 г/м³, после наблюдалось снижение кон-

центрации ксилола в воздухе до 0,000068 г/м³. По результатам исследований в 2019 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей ксилола, равный 69,09 %. *Шестой* отбор проб был выполнен 7 мая 2020 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 54 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация ксилола до очистки составляла 0,00199 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации ксилола в воздухе до 0,000065 г/м³. По результатам исследований в 2020 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей ксилола – 96,73 %.

На рис. 4 показан график измерения концентрации толуола. *Первый* отбор проб был выполнен 31 мая 2015 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 73 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 4,5 м³/ч. Концентрация толуола до очистки составляла 0,000036 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации толуола в воздухе до 0,000014 г/м³. Результаты исследования проб газа (воздуха) и сопоставления к ПДК представлены в табл. 2. По результатам исследований в 2015 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей толуола – 61,11 %. *Второй* отбор проб был выполнен 29 сентября 2016 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 48 °С. Расход воды на орошение внутри установки соста-

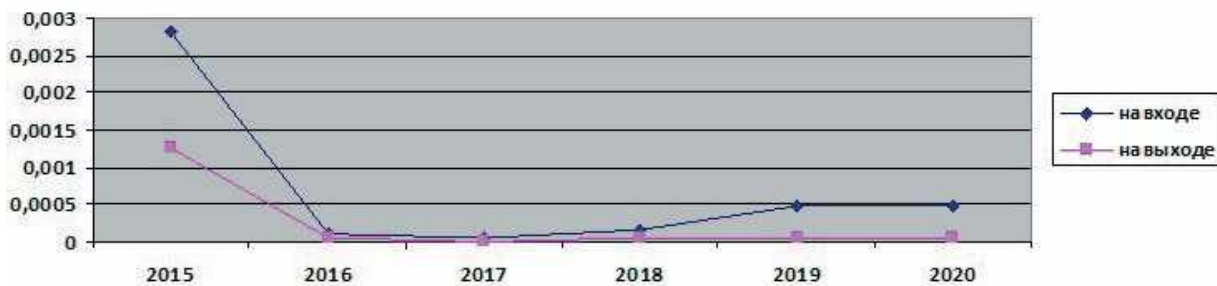


Рис. 2. График измерения концентрации бензола, г/м³, за период 2015–2020 гг.

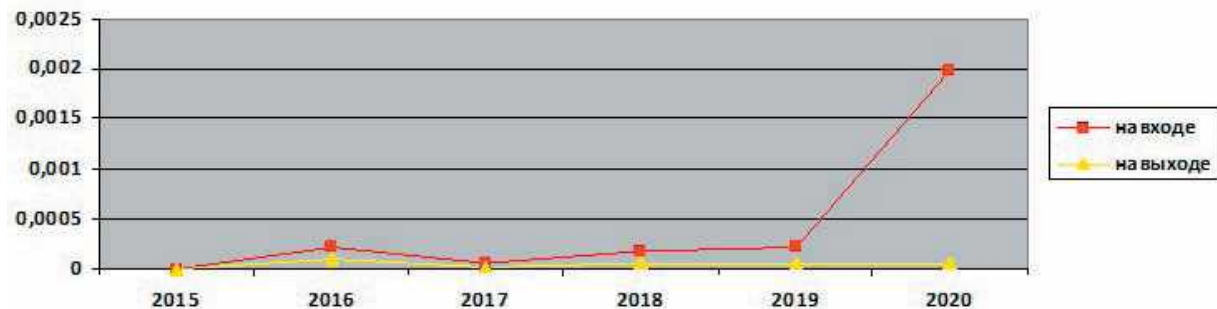


Рис. 3. График измерения концентрации ксилола, г/м³, за период 2015–2020 гг.

вил $8,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация толуола до очистки составляла $0,000225 \text{ г}/\text{м}^3$, после наблюдалось снижение концентрации толуола в воздухе до $0,000106 \text{ г}/\text{м}^3$. По результатам исследований в 2016 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей толуола, равный 52,88 %. *Третий* отбор проб был выполнен 23 мая 2017 г. Температура газа на входе в аппарат составляла $100 \text{ }^\circ\text{C}$, после очистки – $56 \text{ }^\circ\text{C}$. Расход воды на орошение внутри установки составил $8,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация толуола до очистки составляла $0,000036 \text{ г}/\text{м}^3$, после наблюдалось снижение концентрации толуола в воздухе до $0,000014 \text{ г}/\text{м}^3$. По результатам исследований в 2017 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей толуола – 61,11 %. *Четвертый* отбор проб был выполнен 11 мая 2018 г. Температура газа на входе в аппарат составляла $100 \text{ }^\circ\text{C}$, после очистки – $52 \text{ }^\circ\text{C}$. Расход воды на орошение внутри установки составил $8,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация толуола до очистки составляла $0,000053 \text{ г}/\text{м}^3$, после наблюдалось снижение концентрации толуола в воздухе до $0,00002 \text{ г}/\text{м}^3$. По результатам исследований в 2018 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей толуола – 62,26 %. *Пятый* отбор проб был выполнен 5 мая 2019 г. Температура газа на входе в аппарат составляла $101 \text{ }^\circ\text{C}$, после очистки показатель температуры – $53 \text{ }^\circ\text{C}$. Расход воды на орошение внутри установки составил $8,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация толуола до очистки составляла

$0,00034 \text{ г}/\text{м}^3$, после наблюдалось снижение концентрации толуола в воздухе до $0,000051 \text{ г}/\text{м}^3$. По результатам исследований в 2019 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей толуола – 85,0 %. *Шестой* отбор проб был выполнен 7 мая 2020 г. Температура газа на входе в аппарат составляла $100 \text{ }^\circ\text{C}$, после очистки – $54 \text{ }^\circ\text{C}$. Расход воды на орошение внутри установки составил $8,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация толуола до очистки составляла $0,00031 \text{ г}/\text{м}^3$, после наблюдалось снижение концентрации толуола в воздухе до $0,00005 \text{ г}/\text{м}^3$. По результатам исследований в 2020 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей толуола – 83,87 %.

На рис. 5 показан график измерения концентрации этиленбензола. *Первый* отбор проб был выполнен 31 мая 2015 г. Температура газа на входе в аппарат составляла $73 \text{ }^\circ\text{C}$, после очистки – $53 \text{ }^\circ\text{C}$. Расход воды на орошение внутри установки составил $4,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация этиленбензола до очистки составляла $0,000018 \text{ г}/\text{м}^3$, после наблюдалось снижение концентрации этиленбензола в воздухе до $0,000008 \text{ г}/\text{м}^3$. Результаты исследования проб газа (воздуха) и сопоставления к ПДК представлены в табл. 2. По результатам исследований в 2015 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей этиленбензола – 55,55 %. *Второй* отбор проб был выполнен 29 сентября 2016 г. Температура газа на входе в аппарат составляла

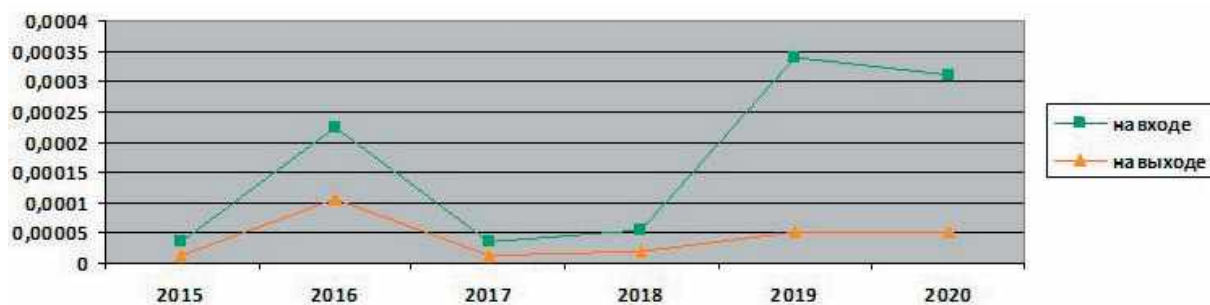


Рис. 4. График измерения концентрации толуола, $\text{г}/\text{м}^3$, за период 2015–2020 гг.

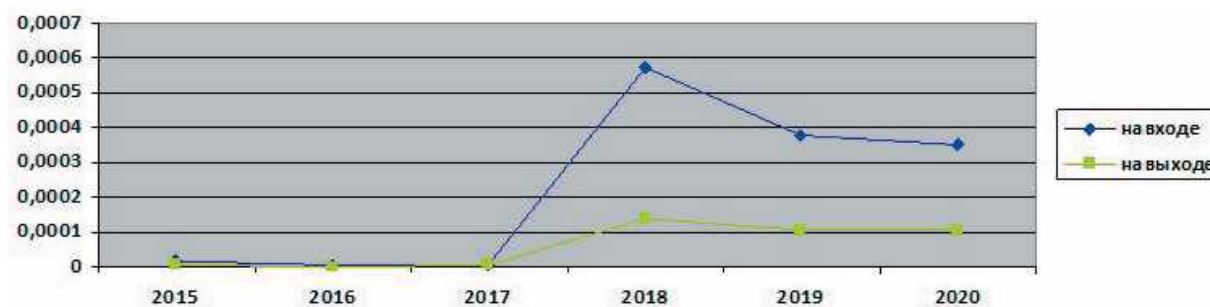
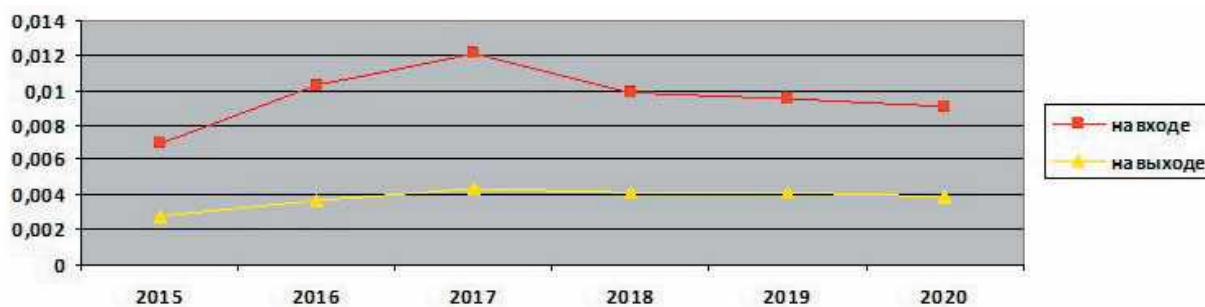


Рис. 5. График измерения концентрации этиленбензола, $\text{г}/\text{м}^3$, за период 2015–2020 гг.

100 °С, после очистки – 48 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация этиленбензола до очистки составляла 0,000003 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации этиленбензола в воздухе до 0,0000001 г/м³. По результатам исследований в 2016 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей этиленбензола – 96,66 %. *Третий* отбор проб был выполнен 23 мая 2017 г. Температура газа на входе в аппарат – 100 °С, после очистки – 56 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация этиленбензола до очистки составляла 0,000006 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации этиленбензола в воздухе до 0,000003 г/м³. По результатам исследований в 2017 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей этиленбензола – 50,0 %. *Четвертый* отбор проб был выполнен 11 мая 2018 г. Температура газа на входе в аппарат – 100 °С, после очистки – 52 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация этиленбензола до очистки составляла 0,000573 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации этиленбензола в воздухе до 0,00014 г/м³. По результатам исследований в 2018 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей этиленбензола – 75,56 %. *Пятый* отбор проб был выполнен 5 мая 2019 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 101 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация этиленбензола до очистки составляла 0,00038 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации этиленбензола в воздухе до 0,000106 г/м³. По результатам исследований в 2019 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей этиленбензола – 72,10 %. *Шестой* отбор проб был выполнен 7 мая 2020 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 54 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация этиленбензола до очистки составляла 0,00035 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации этиленбензола в воздухе до 0,000103 г/м³. По результатам исследований в 2020 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей этиленбензола – 70,57 %.

На рис. 6 показан график измерения концентрации минерального масла. *Первый* отбор проб был выполнен 31 мая 2015 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 73 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 4,5 м³/ч. Концентрация масла минерального до очистки составляла 0,007 г/м³, после наблюдалось снижение

концентрации минерального масла в воздухе до 0,00295 г/м³. Результаты исследования проб газа (воздуха) и сопоставления к ПДК представлены в табл. 2. По результатам наблюдений в 2015 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей масла минерального – 57,85 %. *Второй* отбор проб был выполнен 29 сентября 2016 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 48 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация масла минерального до очистки составляла 0,0103 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации минерального масла в воздухе до 0,00367 г/м³. По результатам наблюдений в 2016 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей масла минерального – 96,43 %. *Третий* отбор проб был выполнен 23 мая 2017 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 56 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация масла минерального до очистки составляла 0,0121 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации масла минерального в воздухе до 0,00433 г/м³. По результатам наблюдений в 2017 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей масла минерального – 64,21 %. *Четвертый* отбор проб был выполнен 11 мая 2018 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 52 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация масла минерального до очистки составляла 0,0099 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации масла минерального в воздухе до 0,00415 г/м³. По результатам наблюдений в 2018 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей масла минерального – 58,08 %. *Пятый* отбор проб был выполнен 5 мая 2019 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 101 °С, после очистки – 53 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация масла минерального до очистки составляла 0,009533 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации масла минерального в воздухе до 0,0041 г/м³. По результатам наблюдений в 2019 г. был получен показатель эффективности по очистке газа от примесей масла минерального – 56,99 %. *Шестой* отбор проб был выполнен 7 мая 2020 г. Температура газа на входе в аппарат составляла 100 °С, после очистки – 54 °С. Расход воды на орошение внутри установки составил 8,0 м³/ч. Концентрация масла минерального до очистки составляла 0,009033 г/м³, после наблюдалось снижение концентрации масла минерального в воздухе до 0,003897 г/м³. По результатам наблюдений в 2020 г. был полу-

Рис. 6. График измерения концентрации масла минерального, г/м³, за период 2015–2020 гг.

чен показатель эффективности по очистке газа от примесей масла минерального – 56,58 %.

Результаты исследования проб газа (воздуха) и сопоставления к ПДК представлены в табл. 2. Анализируя полученные данные, мы видим, что концентрация бензола в 2015 г. превышает нормы ПДК перед очисткой газовой смеси и после неё. В 2016, 2018, 2019, 2020 гг. ПДК по бензолу превышено только перед очисткой газовой смеси, после её очистки по ПДК установлена норма. Анализ результатов по концентрации масла минерального в испарениях показывает, что в течение всего периода наблюдения ПДК перед очисткой газовой смеси превышает норму, после очистки содержание масла минерального в испарениях соответствует нормам ПДК. По показателям – ксилол, толуол, этилбензол – не выявлено превышений ПДК.

После очистки газовой смеси её конечный продукт попадает в атмосферу.

По результатам полученных данных о температуре газовой смеси при поступлении её на очистку и после установлено, что в процессе очистки воздуха температура газа снижается в два раза. Снижение температуры относительно исходных показателей представлено на рис. 7. Однако несмотря на значительное уменьшение температуры после очистки, наблюдается увеличение температуры атмосферного воздуха выше естественного уровня, что является тепловым загрязнением окружа-

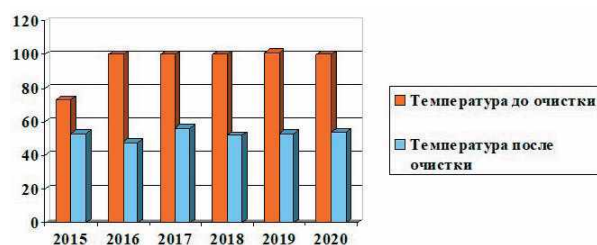


Рис. 7. Диаграмма температуры (°C) очищаемого газа (воздуха) за период 2015–2020 гг.

ющей среды. Выброс в атмосферу происходит на высоте менее трех метров, что препятствует рассеиванию загрязняющих веществ и является опасным для человека.

Выводы. 1. Анализ полученных результатов показал, что степень очистки газовой смеси от аэрозолей масла и от ароматических углеводородов после газоочистного оборудования составляет менее 95 % (бензол 73,44 %, ксилол 66,70 %, толуол 67,70 %, этилбензол 67,07 %, масло минеральное 65,06 %). На основании полученных данных можно видеть, что оборудование по очистке газа (воздуха) работает неэффективно и требует модернизации или полной замены.

2. Газы (воздух) после очистки попадают в атмосферу горячими, их средняя годовая температура составляет 52,66 °C, в связи с чем происходит тепловое загрязнение окружающей среды.

3. Наблюдается резкий неприятный запах не только в помещениях цеха, но и на дворовых производственных территориях, что свидетельствует о загрязнении окружающей среды вредными токсичными веществами, оказывающими вредоносное воздействие на окружающую среду и человека.

4. Для увеличения эффективности очистки газовой смеси предлагается следующее:

- выполнить замену газоочистительного оборудования на новое;
- очистку газовой смеси осуществлять с помощью двух линий (рабочей и резервной);
- для создания необходимого разрежения и обеспечения соответствующей работы газоочистной установки предусмотреть установку двух высоконапорных радиальных вентиляторов;
- для компенсации удаляемого воздуха и обеспечения отсутствия вакуума и избыточного давления в емкостях, на крышках, предусмотреть установку приточных вентиляционных патрубков, с устройством межфланцевых дисковых затворов на емкостях, расположен-

ных внутри помещений, и устройством вентиляционных патрубков на резервуарах, установленных на улице;

– для обеспечения неконтролируемых выбросов газовой смеси из емкостей заделывать открытые проемы;

– для защиты системы аспирации от шума и вибраций предусмотреть установку виброставок и виброопор;

– выброс очищенной газовой смеси осуществлять с помощью дымовой трубы высотой 14,0 м, что обеспечит рассеивание остаточных концентраций загрязняющих веществ до уровня допустимого содержания в воздухе окружающей среды;

– для обеспечения температуры на поверхности внутренних воздуховодов не более 40 °С предусмотреть их теплоизоляцию рулонным изолирующим материалом из вспененного каучука толщиной 25 мм с покрытием на основе алюминизированной фольги;

– для предотвращения дополнительной конденсации влаги в наружных воздуховодах предусмотреть их теплоизоляцию рулонным изолирующим материалом из вспененного каучука толщиной 32 мм с покрытием тонколистовой оцинкованной сталью толщиной 0,5 мм;

– проводить мониторинг испарений на концентрацию загрязняющих веществ не реже одного раза в год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вавилова Т.Я. Обзор современных зарубежных концепций экологизации среды жизнедеятельности // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 3. С. 113–125. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.15.

2. Гвоздовский В.И., Князева М.Н., Сизова А.И. Экологические проблемы крупного города, средства и методы их решения // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 63–67. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11.

3. Закирова М.Н., Чуприна Е.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях загрязнения городской среды кадмием // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №1. С. 59–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.11.

4. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Модернизация аппаратов очистки воздуха от твердых высокодисперсных аэрозолей // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 16–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.3.

5. Поспелова Н.Э., Тимирбулатова Э.Х. Некоторые особенности технологических процессов и уровня загрязнения атмосферы, создаваемые источниками выбросов предприятий стройиндустрии // Градостроительство и архитектура. 2014. Т.4, №3. С. 84–88. DOI:10.17673/Vestnik.2014.03.15.

6. Коткова О.Н. Учет нарушений высотных сооружений на опасных производственных объектах Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2011. Т.1, №4. С. 72–76. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.04.14.

7. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 04.11.2022) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Приложение 1 «Опасные производственные объекты».

8. Большая советская энциклопедия Бензол: в 30 т./ гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.

9. Омельяненко Л.М., Сенкевич Н.А. Клиника и профилактика отравлений бензолом. М.: 1957.

10. Роспотребнадзор. № 742. Диметилбензол (смесь 2-, 3-, 4-изомеров) (ксилол смесь изомеров) // ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». М., 2018. 170 с. (Санитарные правила).

11. Роспотребнадзор № 1284. Метилбензол (толуол) // ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». М., 2018. 170 с. (Санитарные правила).

12. Карманный справочник NIOSH по химическим опасностям [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0264.html> (дата обращения: 15.03.2023).

13. Большая Советская энциклопедия Масла нефтяные: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская Энциклопедия, 1974. Т. XV. 632 с.

14. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.02.2008 № 6 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.2326-08» (вместе с «ГН 2.1.6.2326-08. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение 4 к ГН 2.1.6.1338-03. Гигиенические нормативы») (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.02.2008 № 112).

REFERENCES

1. Vavilova T.Ya. Review of Modern Foreign Concepts of Environmentalization of the Living Environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 3, pp. 113–125. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.15

2. Gvozдовsky V.I., Knyazeva M.N., Sizova A.I. Environmental problems of a large city, tools and methods for solving them. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 3, pp. 63–67. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11

3. Zakirova M.N., Chuprina E.V. Ensuring environmental safety in the conditions of urban pollution with cadmium. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 59–62. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.11

4. Puring S.M., Vatuzov D.N. Modernization of Air Purification Devices from Solid Fine Aerosols. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and

Architecture], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 16–21. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.3

5. Pospelova N.E., Timirbulatova E.Kh. Some features of technological processes and the level of air pollution created by sources of emissions of construction industry enterprises. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2014, vol. 4, no. 3, pp. 84–88. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2014.03.15

6. Kotkova O.N. Accounting for Violations of High-Rise Structures at Hazardous Industrial Facilities of the Samara Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 4, pp. 72–76. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.04.14

7. *Federal'nyj zakon ot 21.07.1997 № 116-FZ (red. ot 04.11.2022) «O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov». Prilozhe-nie 1 «Opasnye proizvodstvennye ob#ekty»* [Federal Law No. 116-FZ of 21.07.1997 (as amended by 04.11.2022) “On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities.” Appendix 1 “Hazardous Production Facilities”].

8. Prohorov A.M. *Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija Benzol: v 30 t.* [Big Soviet Encyclopedia Benzene: in 30 tons.]. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1969–1978.

9. Omel'janenko L.M., Senkevich N.A. *Klinika i profilaktika otravlenij benzolom* [Clinic and prevention of benzene poisoning]. Moscow, 1957.

10. Rospotrebnadzor. № 742. Dimethylbenzene (mixture of 2-, 3-, 4-isomers) (xylene mixture of isomers)//GN 2.2.5.3532-18 “Maximum permissible concentrations (MAC) of harmful substances in the air of the working zone.” Moscow, 2018. 170 p. (in Russian) 11.

12. NIOSH Chemical Hazards Pocket Guide. Available at: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0264.html> (accessed 15 March 2023).

13. Prohorov A.M. *Bol'shaja Sovetskaja jenciklopedija Masla nefjanye: v 30 t.* [The Great Soviet Encyclopedia of Oil Oils: in 30 tons.]. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1974, V. XV. 632 p.

14. Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 04.02.2008 No. 6 “On Approval of Hygienic Standards GN 2.1.6.2326-08” (together with GN 2.1.6.2326-08. Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas. Appendix 4 to GN 2.1.6.1338-03. Hygienic Standards”) (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation 29.02.2008 No. 112. (in Russian)

Об авторах:

ФОНОВА Светлана Ивановна

кандидат географических наук, доцент кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов имени Ю.М. Борисова Воронежский государственный технический университет 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84 E-mail: Sveta.27@mail.ru

FONOVA Svetlana I.

PhD in Geographical Sciences, Associate Professor of the Civil Structures, Foundations and Foundations Chair named after Yu.M. Borisov Voronezh State Technical University 394006, Russia, Voronezh, 20th anniversary of the October Revolution str., 84. E-mail: Sveta.27@mail.ru

ЭПИТАШВИЛИ Алина Вадимовна

аспирант кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов имени Ю.М. Борисова Воронежский государственный технический университет 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84 E-mail: a.epit@mail.ru

EPITASHVILI Alina V.

Postgraduate student of the Civil Structures, Foundations and Foundations Chair named after Yu.M. Borisov Voronezh State Technical University 394006, Russia, Voronezh, 20th anniversary of the October Revolution str., 84. E-mail: a.epit@mail.ru

БУРАК Екатерина Эдуардовна

кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства Воронежский государственный технический университет 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84 E-mail: burak.e@mail.ru

BURAK Ekaterina E.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Housing and Communal Services Farms Chair Voronezh State Technical University 394006, Russia, Voronezh, 20th anniversary of the October Revolution str., 84. E-mail: burak.e@mail.ru

Для цитирования: Фонова С.И., Эпиташвили А.В., Бурак Е.Э. Исследование работы газоочистительной установки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 78–87. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.11.

For citation: Fonova S.I., Epitashvili A.V., Burak E.E. Study of the operation of the gas cleaning installation ferrous metallurgy enter-prises. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 78–87. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.11.

АРХИТЕКТУРА

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



УДК 711.01/.09

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.12

И. В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ
Н. В. ФУРМАН

ОБРАЗНАЯ ЗОНА КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОБРАЗА ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА

THE FIGURATIVE ZONE AS THE BASIS FOR THE FORMATION
OF THE VISUAL IMAGE OF THE HISTORICAL CITY

Современный исторический город представляет собой сложное пространственное образование, где прошлое, соединяясь с настоящим, создаёт новые возможности для будущего. Сохранение уникальности этого явления становится наиважнейшей задачей. Статья посвящена поиску методов изучения образа города в процессе его исторического развития. Город представляется как сочетание образных зон, территорий, обладающих узнаваемым характером. На основе функционального и композиционного анализа определяются образные зоны исторического центра Саратова, его основные составляющие и динамика их развития во времени. Предложенное понятие «образная зона» может стать основой при создании методики исследования визуального образа исторического города.

Ключевые слова: образ города, образная система, исторический город, образная зона.

Каждый исторический город можно представить как уникальное пространство, где образы разных временных периодов объединяются в единую картину, формируя особую культурную среду. По словам М.В. Дущева, город наполняют «бесчисленные реальности», которые в каждый момент времени становятся историей [1]. В историческом городе соединены его прошлое и настоящее, исторические образы становятся частью современной жизни, обогащаясь новыми смыслами. В то же время современный город непрерывно развивается, наполняя исторические планировочные структуры новым

A modern historical city is a complex spatial formation where the past is connected with the present. Preserving the uniqueness of this phenomenon for the future becomes the most important task. The article is devoted to the search for methods of studying the image of the city in the process of its historical development. The city is presented as a combination of figurative zones, territories with a recognizable character. On the basis of functional and compositional analysis, the figurative zones of the historical center of Saratov, its main components and the dynamics of their development over time are determined. The proposed concept of “figurative zone” can become the basis for creating a methodology for studying the visual image of a historical city.

Keywords: image of the city, figurative system, historical city, figurative zone.

содержанием. Альдо Росси в своих исследованиях определяет город «как сумму прожитых им эпох» [2]. Визуальный образ исторического города мы можем представить как сочетание образов, сложившихся на разных этапах его развития. Задачей данного исследования является поиск структуры и содержания визуального образа города в процессе его исторического развития.

Город представляет собой сложный пространственный, культурный и социальный феномен. К. Линч, первый применивший социально-психологический подход к изучению

образа города, предположил, что его составляющими, его предметными формами являются районы, границы, пути, узлы и ориентиры [3]. Районы здесь представляются как территории города, обладающие общими узнаваемыми характеристиками. Большинство горожан разделяет город именно на районы, различающиеся уникальными, распознаваемыми образами, которые выражают ментальную и материальную сущность каждого фрагмента городского ландшафта. Последующие многочисленные исследователи в данной области также сходятся в том, что в целом образ города – это сочетание его физической и ментальной сущностей. Социально-психологический образ города, исследуемый К. Линчем, является одной из подсистем такого сложного объекта, как город. Деятельность же архитекторов и градостроителей заключается в формировании материальной формы городской среды и архитектурно-художественного облика города. Облик города, проявляясь в особенностях архитектурно-ландшафтной среды, является основой формирования его визуального образа, который может быть как индивидуальным для каждого отдельного человека, прошедшим через призму субъективного восприятия, так и обобщённым, в котором будут отражены наиболее значимые визуально воспринимаемые характерные черты и особенности города. Следовательно, визуальный образ города можно представить в виде системы, включающей элементы общегородского значения и подсистемы локального уровня, сопряжённой с «районами» ментальных карт города (по Линчу), которые предлагается обозначить как образные зоны.

С развитием города меняется его архитектурно-художественный облик, а вместе с ним эволюционирует и визуальный образ [4]. Для данного исследования представляет интерес вопрос эволюции формирования визуального образа города: выявление основы исторической преемственности и сохранения идентичности. Рассматривая становление образа города, можно представить его территорию как сочетание образных зон, которые появились в разные временные периоды. Город в процессе своего исторического развития прирастает новыми территориями, где образуются новые образные зоны, а существующие меняют свою внутреннюю структуру, или, наоборот, остаются неизменными. Так, И.А. Игнатьева в своих исследованиях определяет, что в образе города присутствуют неизменные элементы – образные константы, которые и составляют самобытность городской среды [5].

Разделение города на образные зоны обусловлено в первую очередь тем, что природный

ландшафт города неоднороден, в результате этого на разных территориях формируются различные по своим визуальным характеристикам пространства: открытые, закрытые, узнаваемые панорамы и различные пути движения. Рельеф может разграничивать образные зоны и даже останавливать рост города в определённом направлении. Коммуникационный каркас города также может служить границами образных зон, особенно явно это прочитывается в местах прохождения железной дороги, которая буквально разрезает город на части. В то же время коммуникационный каркас объединяет, сшивает образные зоны, связывает их в единую систему. Мосты, переброшенные через железнодорожные пути, врывающиеся в отрезанные ранее пространства и насыщают, обогащают их новыми функциональными и композиционными акцентами. Также ландшафт может объединять разнообразные территории города в единую систему, создавая запоминающиеся визуальные связи. Следовательно, визуальный образ города мы можем представить как объединение, срастание различных по своему характеру образных зон в единую образную систему на основе функционально-коммуникационного и природно-ландшафтного каркасов.

Рассмотрим процесс развития образной системы Саратова на временном отрезке начиная с основания Саратова до начала XX в., в период, когда обрели очертания основные образные зоны исторического центра.

Саратов был основан в 1590 г. как город-крепость. Пространственным базисом города стала обширная котловина полукруглой формы, обращённая к Волге. Город был построен на территории, которая была образована берегом Волги и заливаемым ею Глебучевым оврагом. Начиная с конца XVII в. территория города разбивается на слободки, между которыми можно было провести условные границы, таким образом были сформированы очертания будущих кварталов. Границы этих кварталов оставались подвижными и после многочисленных пожаров нарочито спрямлялись. На данном этапе ясно прорисовываются два основных будущих направления развития города – Царицынский и Московский тракты, которые отходят от стен крепости. Выделяется зона города (слободок) и прибрежная зона, где были построены Крестовоздвиженский женский монастырь и Введенская церковь, которые формировали панораму города. Также эта территория была занята мелкими хозяйственными строениями [6].

В 1774 г. появляется план, который определил новые границы Саратова. В композиции плана просматривается преемственность, ста-

рый город как бы окружается кольцом нового. Это был первый план, дисциплинирующий уличную сеть и застройку Саратова на основании начинающего входить в градостроительное проектирование принципа регуляторства. По плану было намечено до сорока новых кварталов и три площади, что стало основой для дальнейшего развития города. На рубеже XVIII – XIX вв. организация городских пространств стала полицентричной: в дополнение к старому ядру возникли новые центры, функциональные узлы. Административным и торговым площадям отводилось ведущее место, улицы дифференцировались: появились улицы-границы, улицы-связки. Заполнение планировочного каркаса не было однородным, развитие получили две тенденции: застройка пятнами площадей, крупных комплексов и «векторами» улиц с примыкающими кварталами. К этому времени город перешагнул границу оврага и к существующим образным зонам добавилась зона Глебучева оврага [7].

В 1871 г. город Саратов соединился с соседними губерниями железной дорогой. В этот период активно развивается промышленность. Вдоль железнодорожных путей и вдоль Волги размещаются новые промышленные производства [8]. Панораму прибрежной зоны теперь продолжают силуэты паровых мельниц. Изменился также облик центральной части города, где теперь возводятся новые масштабные здания, украсившие город; застройка уплотняется, получает своё развитие система общественных пространств [9].

На начало XX в. полностью сформировалась компактная планировочная структура года, представляющая собой полукруг, расположенный в котловине и «опирающийся» на береговую линию Волги (рис. 1). К этому времени Саратов превращается в третий по численности населения город России, становится культурной столицей Поволжья, здесь открывается первый в провинции музей и консерватория, строится университет. Саратов теперь воспринимается как город «меж гор и оврагов», как контраст больших каменных зданий и деревянных лачужек, «то взбирающихся на горы, то сбегаящих к Волге» [10].

На данном этапе можно говорить о четырёх сложившихся образных зонах, самая большая и значимая из которых – центральная. Эта зона формировалась в течение продолжительного времени, начиная с основания города. Её планировочная структура развивалась из очертаний крепости, которые до сих пор можно прочесть в планировке города. Главная коммуникационная ось зоны проходит по улице Немецкой (ныне проспект Столыпина) и соеди-

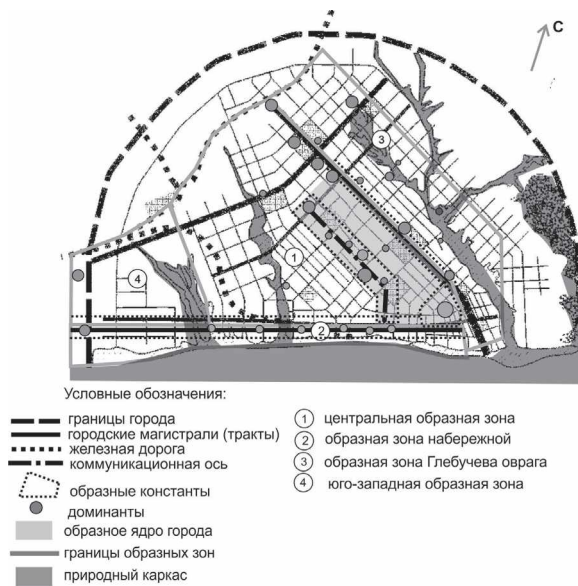


Рис. 1. Образная система Саратова (конец XIX – начало XX в.)

няется с улицей Волжской. На этой оси можно наблюдать буквально «скопление» архитектурно-планировочных доминант общегородского значения: соборы, парки, особняки. Формируется излюбленное место для прогулок горожан, которое является таковым и в современности. Сегодня маршрут по проспекту Столыпина и улице Волжской также является главной коммуникационной осью, образной константой, которая сохранила своё материальное и ментальное содержание. Также образной константой можно назвать территорию старого города-крепости. Территория Соборной площади представляет собой сочетание разновременных и разнохарактерных построек. Троицкий собор, образная доминанта городского значения, несомненно задаёт эмоциональный настрой и имеет определяющее значение в формировании образной константы (рис. 2).

Улицы Московская и Большая Сергиевская (Чернышевского) также являются образными константами. Это два главных вектора развития города, образующие границы центральной зоны и важные коммуникационные пути, на которые нанизаны образные доминанты. Территорию, ограниченную улицами Ильинской, Московской и Б. Сергиевской, можно назвать образным ядром города, так как здесь расположены главные образные константы и доминанты.

Границы образных зон, проходящие по улицам Московской и Б. Сергиевской, чётко очерчены и узнаваемы, так как территории за их пределами меняются коренным образом. Зоны набережной и Глебучева оврага имеют иную пространственную структуру и, как следствие,

образное содержание. А вот оставшиеся две границы центральной зоны можно назвать условными: границей может служить как железная дорога, так и Белоглинский овраг. Скорее всего, территорию, расположенную между этими двумя структурами, можно назвать переходной или пограничной, которая сохраняет за собой такой статус и на сегодняшний день, когда ветки железной дороги перенесены из центральной части города, а Белоглинский овраг засыпан.

Набережная представляет собой ещё одну, не менее значимую образную зону, которая также получила своё развитие со времени основания города. Ещё в тот период, когда Саратов был крепостью, его прибрежная часть отличалась по

своей структуре от остальной территории города. На берегу Волги располагались церкви, монастыри, создавая запоминающуюся панораму. К концу XIX в. панорама набережной продолжилась силуэтами паровых мельниц. Образная зона набережной как бы разделилась на две части, которые хорошо читаются на панораме: это часть, застроенная храмами и монастырями, и примыкающая к ней часть, где построены паровые мельницы (рис. 3).

На фото видно, как меняется характер панорамы с колокольнями и куполами на более масштабные прямоугольные силуэты мельниц. Зона имеет вытянутую структуру и ясно очерченные границы. Начинаясь у Глебушева



Рис. 2. Саратов. Старая Соборная площадь. Фото начала XX века



Рис. 3. Панорама Саратова с Волги. Фото конца XIX века

оврага, она с одной стороны ограничена Волгой, а с другой – улицей Б. Сергиевской. При этом спуски к Волге из центральной образной зоны служат своеобразной «сшивкой», объединяющей эти две зоны, которые развивались синхронно. Юго-западная часть образной зоны набережной остаётся открытой. Вдоль Волги город будет развиваться в последующие периоды преимущественно промышленными предприятиями, которые перекроют выходы к Волге как со стороны набережной, так и со стороны города. В настоящее время была запущена государственная программа по выводу промышленных предприятий с прибрежных территорий Саратова. Началось активное строительство новой набережной, которая продлится на многие километры, открывая горожанам выходы к акватории. Здесь мы видим, как более чем через сто лет, после значительного перерыва, образная зона продолжила своё развитие.

Территория Глебушева оврага является ещё одной образной зоной, где сформировалась особая среда, обусловленная особенностями рельефа и национальным колоритом проживающих здесь горожан. На начало XX в. здесь сконцентрировались представительства различных религиозных конфессий, возводились православные храмы, мечети, синагоги. Особенность территории составляла как самобытная разноплановая застройка, так и сложный рельеф. Со стороны Волги и улицы Московской образная зона имеет определённые границы, с северо-восточной стороны зона остаётся открытой, в этом направлении в дальнейшем будет развиваться город.

В юго-западном направлении, вниз по течению Волги, образуются новые промышленные предприятия, которые обрастают инфраструктурой, рабочими посёлками, транспортными коммуникациями. Так, в Саратове появляется юго-западная образная зона. Волга и железная дорога являются её определёнными границами, со стороны центральной образной зоны проходит пограничная территория, а юго-западная граница остаётся открытой.

Рассмотрев процесс становления и развития исторического центра Саратова, можно определить структуру и основные составляющие образной зоны – подсистемы визуального образа города. Итак, образная зона представляет собой фрагмент городского ландшафта, обладающий узнаваемым характером, функционально-планировочной и архитектурно-пространственной целостностью, внутри которого формируется определённый визуальный образ пространства на основе ментальных (факты истории, память места, традиции) и материальных факторов. Каждая образная

зона имеет определённую структуру: границы, узлы, доминанты, коммуникационный и визуальный каркасы. Границы могут быть определёнными, открытыми или представлять собой пограничные территории. Важными составляющими являются константы образной зоны, структуры, которые сохраняют образ в процессе исторического развития. Образные зоны могут развиваться во времени, расти и объединяться. Изучение образных зон, их структуры и принципов взаимовлияния может стать основой при создании методики исследования визуального образа исторического города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дутцев М.В. Современный город. Живые реальности истории // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, №2. С. 139–154. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.19.
2. Росси А. Архитектура города / пер. с итал. А.М. Голубцова; StrelkaPress, 2015. 264 с.
3. Линч К. Образ города. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
4. Вавилонская Т.В. Архитектурно-историческая среда в условиях динамично развивающегося мегаполиса // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 93–98. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.16.
5. Игнатьева И.А. Развитие образа исторического города: автореф. дис. ... канд. архитектуры. 18.00.01. Новосибирск, 2000. 17 с.
6. Семенов В.Н. Саратов историко-архитектурный. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 2009. 375 с.
7. Семенов В.Н. Листая страницы истории: рассказы о старом Саратове. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1984. 95 с.
8. Энциклопедия Саратовского края (в очерках, фактах, событиях, лицах). Саратов: Приволж. кн. изд., 2002. 688 с.
9. Тарасова Л.Г. Взаимосвязь процессов управления и самоорганизации в развитии крупных городов. Саратов: СГТУ, 2009. 141 с.
10. Мезин С.А. Образ старого Саратова в воспоминаниях деятелей культуры (вторая половина XIX – начало XIX в.в.) // Идентичность, ресурсы, стратегии: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Саратов, 2004. С. 43.

REFERENCES

1. Dutsev M.V. A modern city. living realities of history. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 139–154. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.19.
2. Rossi A. *Arhitektura goroda* [City architecture]. StrelkaPress, 2015. 264 p.
3. Lynch K. *Obraz goroda* [The Image of the City]. Moscow. Strojizdat, 1982. 328 p.

4. Vavilonskaya T.V. Architectural and historical environment under conditions of a dynamically developing megapolis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017. vol. 7, no. 4, pp. 93–98. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.16.

5. Ignat'eva I.A. *Razvitie obraza istoricheskogo goroda*. Cand. Diss. [The development of the image of a historical city. Cand. Diss.]. Novosibirsk, 2000. 17 p.

6. Semenov V.N. *Saratov istoriko-arhitekturnyj* [Saratov historical and architectural]. Saratov, Volga Book Publishing House, 2009. 375 p.

7. Semenov V.N. *Listaja stranicy istorii: rasskazy o starom Saratove* [Leafing pages of history: stories about old Saratov]. Saratov, Volga Book Publishing House, 1984. 95 p.

8. *Jenciklopedija Saratovskogo kraja (v ocherkah, faktah, sobytijah, licah)* [Encyclopedia of the Saratov Territory (in essays, facts, events, persons)]. Saratov, Volga Book Publishing House, 2002. 688 p.

9. Tarasova L.G. *Vzaimosvjaz' processov upravlenija i samoorganizacii v razvitii krupnyh gorodov* [Interrelation of management processes and self-organization in the development of large cities]. Saratov, SGTU, 2009. 141 p.

10. Mezin S.A. The image of old Saratov in the memoirs of cultural figures (the second half of the XIX – the beginning of the XIX century). *Identichnost', resursy, strategii: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Identity, resources, strategies: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Saratov, 2007, P. 43. (In Russian).

Об авторах:

АРХАНГЕЛЬСКАЯ Инна Викторовна

доцент кафедры архитектуры
Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: anp-inna@yandex.ru

ARKHANGELSKAYA Inna V.

Associate Professor of the Architecture Chair
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
410054, Russia, Saratov, Politechnicheskaya str., 77
E-mail: anp-inna@yandex.ru

ФУРМАН Нина Викторовна

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры
Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: catalpa1@mail.ru

FURMAN Nina V.

PhD in Architecture, Associate Professor of the
Architecture Chair
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
410054, Russia, Saratov, Politechnicheskaya str., 77
E-mail: catalpa1@mail.ru

Для цитирования: Архангельская И.В., Фурман Н.В. Образная зона как основа формирования визуального образа исторического города // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 88–93. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.12.

For citation: Arkhangelskaya I.V., Furman N.V. The figurative zone as the basis for the formation of the visual image of the historical city. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 88–93. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.12.

Д. В. ДЕНИСОВ
 М. Ю. ЖУРАВЛЕВ
 Н. Ю. МЕДВЕДЕВА
 Т. Д. ЖУРАВЛЕВА

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕКТОРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОСВОЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДЕЙ Г. САМАРЫ

FEATURES OF THE APPLICATION OF THE SECTORAL MODEL
 OF FUNCTIONAL ZONING ON THE EXAMPLE OF THE SQUARES OF SAMARA

Исследуются универсальные принципы в освоении пространства крупнейшего города. Функционально-топологический подход позволяет применить к данному анализу базовые модели пространственной организации индийской Ваасту-видьи и китайской Фэн-шуй, учитывающих мифологические циклы творения. Ранее данный подход уже получил онтологическое, культурно-историческое, методологическое и фактологическое обоснование. Цель исследования состоит в анализе реализации градостроительных функций и их символических значений в каждом из восьми секторов пространства территории площадей. Сравнительный анализ проводится на примере трёх центральных и шести исторических площадей крупнейшего города. Все площади значительно отличаются по длительности формирования, условиям размещения, решаемым задачам и пр. Установление непротиворечивого соотношения между древними практиками освоения пространства и современной практикой функционального зонирования рассматривается в аспекте общенаучной значимости.

Ключевые слова: основные стороны света, промежуточные стороны света, Ваасту-видья, Самара, планирование городского ландшафта, функциональное зонирование

Введение. Городская площадь, выполняя функцию общественного центра, всегда служила и служит пространством, концентрирующим деловые и культурные функции прилегающих территорий. В способах освоения площадного пространства неизбежно могли возникать определённые устойчивые практики. С течением времени необходимым стало увеличение числа общественных функциональных центров. Так, на смену одному функциональному центру древнеклассического периода, представленному храмом бога-покровителя города или цитаделью правителя-тирана, пришли пять центров эллинистического периода. Среди них: 1) административный – здания со-

The authors study the universal principles in the space development of a largest city. The functional-topological approach allows the authors to apply to this analysis the basic models of the spatial organization of the Indian Vastu Vidya and Chinese Feng Shui, which take into account the mythological cycles of creation. Previously, this approach already received an ontological, cultural-historical, methodological and factual substantiation. The purpose of the study is to analyze the implementation of the urban planning functions and their symbolic meaning in the eight sectors of the square territories. The comparative analysis is carried out on the example of three central and six historical squares of the largest city. All squares differ significantly in the duration of the formation, placement conditions, tasks to be solved, etc. The establishment of a consistent relationship between the ancient practices of space exploration and the modern practice of functional zoning is considered in the aspect of general scientific significance.

Keywords: cardinal directions, intercardinal directions, Vastu Vidya, Samara, urban planning, functional zoning

браний органов городского самоуправления: эkkлeстиарии, булевтерии, дворцы; 2) культовый – храмы, святилища, алтари, некрополи; 3) торговый – рынки, гавани, склады; 4) культурный – музеи, библиотеки, театры, гимназии, пинакотеки (картинные галереи); 5) спортивный – стадионы, ипподромы, палестры, бассейны. «Каждый из этих центров формировался вокруг площади – агоры. Он был окружен одно- или двухъярусной колоннадой (греч. стоя). Основные постройки (храмы, торговые лавки, конторы ростовщиков) располагались по периметру площади» [1, с. 84]. В средневековой Европе центром деловой жизни становилась соборная площадь. В современном городе

культурная функция замещает или дополняет функцию культовую, кроме того, реализуются транспортная (размещение конечных пунктов общественного транспорта) и рекреационная функции (размещение скверов, аллей, газонов, фонтанов). Некоторые площади могут совмещать две или несколько функций одновременно или же чередовать их реализацию в определённые временные периоды. Потенции каждого сектора реализуются полностью в тех случаях, когда утилитарная застройка, включающая административные здания, дополняется сакральными, рекреационными и знаковыми объектами, выступающими как носители коллективной памяти, преемственности, устойчивости.

Степень своеобразия площадей крупнейшего города столь велика, что речь идёт не о закономерностях размещения пространственных объектов, а только о факторах, влияющих на их размещение. Мнение Дж. Форрестра о том, что освоение пространства крупнейшего города осуществляется посредством процессов самоорганизации [2], может быть распространено и на иные пространственные объекты, в том числе на площадное пространство, включая окружающую застройку. В контексте общей теории относительности пространство-время непрерывно, оно образует «гладкую» текстуру. В применении к площадям крупнейшего города это означает возможность размещения любого объекта в любой точке анализируемого пространства. Предпочтительное использование того или иного сектора этого пространства для размещения определённого объекта означает возможность «квантования» анализируемого объекта аналогично концепции дискретности, т. е. прерывистости, пространства в квантовой механике. Обе возможности относятся к этапу анализа, на котором факторы исторические, транспортной доступности и т. п. ещё не становятся актуальными, т. е. речь идёт о потенциальной структурированности пространства. Суточный цикл, насчитывающий восемь временных стадий (по числу секторов пространства), – идеальная модель такого «квантования», поскольку он есть результат определённых пространственных положений светила и нашей планеты, где время и пространство выступают в синтетическом единстве.

В качестве *проблемы*, побуждающей авторов к настоящему исследованию, рассматривается непроизвольная реализация в архитектурных ансамблях отечественных городов таких решений, которые встречаются в индийской Ваасту-видье и китайской Фэн-шуй.

Гипотеза исследования состоит в том, что принципы функционального зонирования, принятые в индийской и китайской традициях,

действуют не только в объёме одного здания, но и в пределах архитектурного ансамбля и окружающей его застройки, а также в масштабе поселений и агломераций.

Цель исследования – анализ реализации градостроительных функций и их символических значений в каждом из восьми секторов пространства территории площадей.

Методология исследования. Изначально восьмиэлементная секторальная модель освоения пространства разрабатывалась культурологом Д.В. Денисовым в рамках метода онтологического моделирования, восходящего к числовым моделям бытия, популярным в древности, в аспекте их актуальности для решения задач современности. Анализ освоения физических пространств, основывающийся на топологическом понимании времени, предполагающем последовательность разнокачественных (разнородных) интервалов и их содержательную иерархию, а также учитывающий традиции индийской Ваасту-видьи [3–6] и китайской Фэн-шуй [7], лёг в основу функционально-топологического метода, разработанного в соавторстве с архитекторами М.Ю. Журавлевым, Н.Ю. Медведевой, Т.Д. Журавлевой. Данный подход получил онтологическое, культурно-историческое, методологическое и фактологическое обоснование [8, 9], снимающее непреодолимый барьер [10, с. 233] между научной и мифологической картинами мира.

Формирование секторальной модели освоения пространства проводилось на уровнях анализа от геополитики до частного подворья. Городские объекты были представлены историческими центрами (Санкт-Петербург), площадями и парками (Самара) [11] и секторальной моделью территориально-административного деления крупнейшего города (Минск, Москва) [12–14]. Особенность Самары в том, что её улицы ориентированы в силу особенностей расположения между реками Волгой и Самарой, главным образом по промежуточным сторонам света. Площадь Славы г. Самары становилась предметом анализа в 2015 г. [11], Комсомольская площадь – в 2018 г. [15]. Во всех этих исследованиях анализируемый пространственный объект выборочно представлял данный класс объектов городской застройки, однако их сравнительного анализа в рамках функционального зонирования ещё не производилось. Возможность нахождения в каждой точке пространства множества самых разнообразных объектов осложняет на данном этапе применение стохастического анализа. Поэтому в настоящем исследовании предпочтение отдаётся анализу сравнительному, позволяющему акцентировать внимание

на объектах, особо значимых для конкретного архитектурного ансамбля.

Анализ. В вопросе восприятия уникальности пространственных объектов говорится как о морфологии городского ландшафта, так и о «мифологии места». Но такого рода исследования не нацелены на построение системы. Объединение же «мифологий восьми секторов пространства» имеет место в архитектурных традициях Древней Индии и Древнего Китая. В индийской Ваасту-видье Северо-Восток, ныне известный как северный магнитный полюс земли, принят в качестве точки отсчёта: из трёх допустимых направлений – Северо-Востока, Востока, Севера – Северо-Восток считается наилучшим местом для молитвенного сосредоточения [4, с. 131]. На примере особенностей в географическом положении Японских островов и российского Дальнего Востока, включая оз. Байкал, имеющих ярко выраженную ориентацию на северо-восток, Каджол Шастри отмечает: «Присутствие аспекта ‘восходящего солнца’ располагает к техническому прогрессу страны (прежде всего развитию высоких технологий), способствует духовному росту, долгожительству и здоровью его граждан» [4, с. 20–21]. В случае с африканским континентом этот сектор срезан Красным морем, отделяющим Аравийский полуостров. В отношении юго-западного сектора Талаване Кришна, коллега Шастри, говоря об устройстве дома, отмечает необходимость правильного устройства юго-западного сектора: «Если в юго-западной части дома распределение потоков энергии сбалансировано, то у всех домочадцев хорошее настроение, их здоровье в порядке, а дела идут в гору. Если же принципы ваасту здесь нарушены, это может вызывать у людей необъяснимую печаль, раздражительность, беспокойство и страх, не исключена склонность к наркомании, есть даже опасность самоубийства, несчастного случая, насильственной смерти» [3, с. 52]. Для Самары эти два направления особо важны, поскольку город расположен на стрелке рек Самары и Волги, расширяющейся именно в северо-восточном направлении, а Юго-Запад составляет исторический центр города. Соответственно улицы, расположенные перпендикулярно к городским трассам, следующим вдоль этой оси, расположены вдоль оси – «Северо-Запад – Юго-Восток», где Северо-Запад, согласно Ваасту-видье, характеризуется динамикой (функция затактового импульса), консолидацией ресурсов (функция завершения цикла), а Юго-Восток, как и «красный» угол русской избы, – сектор огня (функция производства и реализации энергоносителей) и сектор процветания.

Секторальная модель освоения пространства, учитывающая функциональную специфику восьми секторов, т. е. возможность предпочтительного размещения тех или иных объектов в определённых секторах, – модель фрактальная. С большей лёгкостью анализу поддаётся функциональное соотношение объектов, находящихся на значительном удалении друг от друга, поскольку вторичные, т. е. неключевые, функции этих объектов в таких случаях перестают быть значимыми. Один из макроуровней представлен функциональным распределением городов, расположенных по периметру Самарской Луки, излучины р. Волги вокруг Жигулёвских гор (высшая точка 381 м) протяжённостью 60 км с запада на восток и шириной 25–32 км [8, 9].

В самом городе фрактальное применение секторальной модели в общем виде может быть представлено относительно географического центра жилой Самары, отмеченного памятным камнем в переулке Фуражном (53°13'19" северной широты, 50°11'36" восточной долготы). Эта точка расположена в непосредственной близости от круговой развязки на пересечении Московского шоссе и улицы Авроры, статуса площади, не имеющей, но в силу своего центрального положения образующей значимый центр тяготения. В контексте настоящего исследования отметим только распределение анализируемых девяти площадей по секторам, расходящимся из этой точки. В среднем они удалены от географического центра на 6–7 км.

Северо-восточный сектор характеризуется в секторальной модели освоения пространства первичностью в функциональной структуре застройки. В Самаре этот сектор располагает памятником самолёту Ил-2, расположенным (4,6 км от геогр. центра) на перекрестии проспекта Кирова и Московского шоссе с 1975 г. Этот памятник встречает в Самаре всех прибывающих из аэропорта Курумоч и г. Тольятти. Статус площади конструктора Илюшина данный мемориальный объект получил только в 2019 г.

Восточное (алтарное) положение площади Кирова (7 км от геогр. центра) интерпретируется с позиции секторальной модели освоения пространства как функция головных производств – авиастроения и космической («Самара – космическая столица»). Эта площадь освоена градостроительными и символическими функциями в незначительной степени, здесь преобладает однотипная жилая застройка 1960-х.

Трудовые достижения и функция утверждения государственной власти представлены в секторальной модели освоения пространства в юго-западном секторе, в котором расположены семь из анализируемых площа-

дей. Относительно сказанного выше, скопление этих площадей в юго-западном секторе может быть интерпретировано как фактор «правильной» организации. Перечислим их: пл. Славы, пл. Куйбышева, пл. Чапаева (7 км от геогр. центра) – Юго-Запад-Запад; Хлебная площадь (исторически первая; 9 км от геогр. центра), площадь Революции (1782–1851 гг. – Рыночная площадь, далее Панская, круглый сквер с 1887 г.), на которой расположено здание окружного суда (8 км от геогр. центра), Крымская площадь (2018; 5,5 км от геогр. центра) и Комсомольская площадь, являющаяся привокзальной (1873, 1927; 6,4 км от геогр. центра) – Юго-Запад.

Третье фрактальное применение секторальной модели освоения пространства осуществляется на материале окружающей застройки и четвёртое – в объёме каждой из анализируемых площадей.

При полномасштабном освоении утилитарными и символическими функциями архитектурный ансамбль становится в значительной степени самодостаточным. При частичной реализации потенциалов места более заметным и значимым становится участие окружающей застройки в формировании площадного пространства, взаимопроникновение площадного пространства и окружающей застройки. Примером частичной реализации в Самаре может служить *Хлебная площадь* (исторически первая), расположенная на стрелке рек Самары и Волги и известная сегодня как важный транспортный узел, всех видов городского общественного транспорта (кроме метро). На её территории отсутствуют памятные объекты, однако следует принять во внимание бюст революционеру Ф.Э. Дзержинскому в сквере его имени за трамвайным кольцом в северо-западном секторе (функция мощного военно-политического центра). В Самаре в полной степени освоена утилитарной застройкой (административные здания), сакральными, рекреационными и знаковыми объектами *площадь Славы*, посвященная трудовому подвигу самарцев во время Великой Отечественной войны. В ансамбле *Комсомольской площади* реализация символических функций произошла только в 2010-х гг. (памятник Деточкину, паровоз-памятник Л 3285) в завершение 120-летней истории её формирования. К малым площадям относится *площадь Чапаева* (многофигурный памятник чапаевцам – 1932 г.), уникальность которой создаётся именно её функциональным окружением, представленным Струнальским садом, Самарским драматическим театром и зданием Института культуры (СПИК, в 1930-е – здание ревкома).

Для площадей, расположенных на перекрестии дорог и отделённых от окружающей

застройки кольцевыми развязками, характерна локальность. Они могут быть исторически значимыми, как площадь Революции с памятником В.И. Ленину, сменившим памятник Николаю I. Некогда она была главной площадью Самары и уступила свою «корону» Соборной площади (ныне площадь Куйбышева) только после 1851 года. Как и в случае с памятником самолёту Ил-2, ориентированным на северо-восток (изначальная ориентация – на северо-запад, т. е. на фронт), взгляд Ленина устремлён в сторону Северо-Востока. Сопоставимое размещение между встречными полосами автодороги имеет Крымская площадь (2018). При подобном размещении «степень сопряжения» между малым площадным пространством и окружающей застройкой может быть минимальной. Однако применение функционально-топологического метода позволяет выявлять действие механизмов самоорганизации даже в подобных случаях, хотя монотонность застройки решение данной задачи значительно усложняет.

Результаты анализа (по отдельным секторам). Рассмотрение функционально-топологических особенностей каждого из секторов пространства предваряет краткая характеристика, которой соответствующий сектор наделяется традиционно или в секторальной модели освоения пространства.

За Северо-Востоком в секторальной модели освоения пространства закреплены функции объекта, первичного в функциональной структуре застройки, субъектная функция, транспортная (транзитная) функция, функция молитвенного сосредоточения и научного познания. Архитектурный ансамбль *площади Славы* (1968–1971), расположенной на высоком волжском берегу г. Самары, посвящён воинскому и трудовому подвигу советского народа в Великой Отечественной войне. Субъектная функция обозначена в северо-восточном секторе (как первичном) посредством размещения мемориала Вечного огня, за которым расположен горельеф «Скорбящей матери-Родине». Этот сектор представлен также храмом Св. Георгия, расположенным у самого склона к Волге. Функция первичности в функциональной структуре застройки реализуется и за пределами площади Славы на расстоянии около 1 км. Осенью 2014 г. на территории Самарской набережной в этом секторе был установлен памятник князю Григорию Засекину, основателю крепости Самара (ср. с функцией домика Петра в Санкт-Петербурге).

Объекты, размещённые в северо-восточном секторе *площади Куйбышева*, подтверждают реализацию трёх перечисленных функций – первичности, молитвенного сосредоточения

и научного познания. В северо-восточном секторе находятся: Дом актёра, Управление Самарской епархией Российской православной церкви (РПЦ), далее в окружающей застройке – здания Самарского государственного технического университета (СамГТУ), Самарского государственного медицинского университета (СамГМУ), Самарского университета. Эта площадь, бывшая ранее соборной (храм Христа Спасителя был разрушен в 1930-е), стала ныне площадью театральной и местом проведения всех главных массовых мероприятий.

Комсомольская площадь Самары известна как привокзальная. Изначально данная площадь простиралась до Губернского рынка на её северной оконечности, т. е. площадь была в 4–5 раз больше. Сегодня объём Комсомольской площади с севера ограничен зданием Управления Куйбышевской железной дороги – филиал ОАО РЖД (северо-восточный сектор). Комсомольская площадь развивалась интенсивно,

в том числе за последние 20 лет. С установкой в 2012 г. памятника Юрию Деточкину (скульптор И. Мельников), символизирующего пассажира, была реализована и субъектная функция. Левая рука Деточкина, держащая шляпу, откинута в приветственном жесте, у ног стоит саквояж, а правая – вытянута в направлении северо-востока.

Какие же функции (*f*) реализуются в северо-восточном секторе малых площадей Самары? Северо-Восток, начальный в суточном цикле, в окружающей застройке *Крымской площади* отмечен размещением в нём детской поликлиники № 2 (*f* начальности). На северо-восток от *Хлебной площади* расположен Социально-педагогический колледж и далее межотраслевой институт, реализующие функцию познания. Субъектная функция проявляется достаточно ярко в случае с *площадью Чапаева*. На северо-северо-восток от памятника Чапаевцам расположены: правое крыло Самарского драматическо-

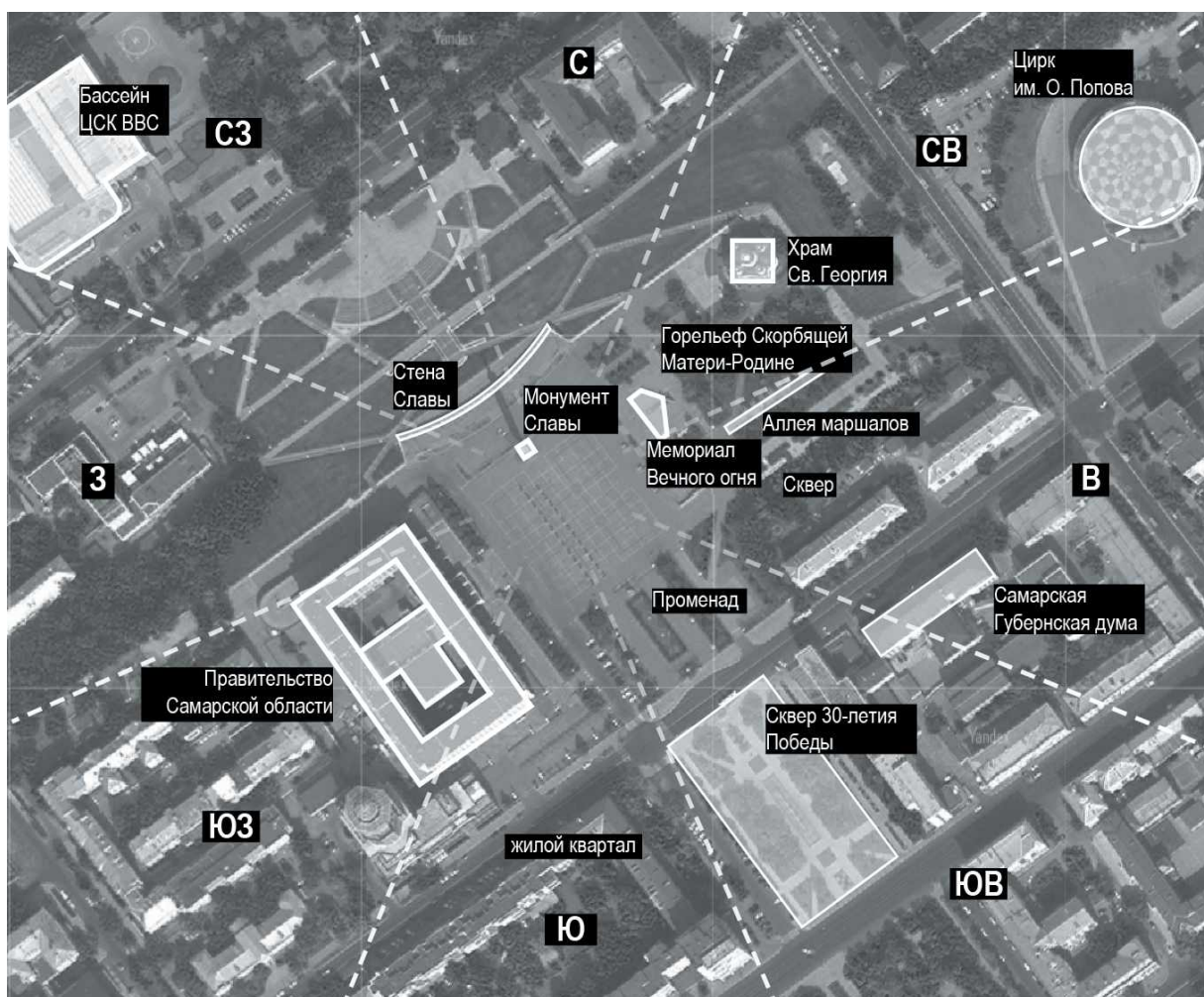


Рис. 1. Площадь Славы (Самара)

го театра им. М. Горького (основан в 1899 г.; см. ниже о Северо-Западе) и за ним – Пушкинский сквер (*f* озеленения) с бюстом А.С. Пушкину (*f* начальности и субъектности) в память о том, что поэт проезжал в 1833 г. недалеко от Самары по пути в Оренбург для сбора материалов по пугачёвскому восстанию; далее в окружающей застройке – Дом Архитектора.

На северо-восток ориентирован памятник В.И. Ленину, расположенный на *площади Революции* (т. е. в направлении ул. Куйбышева и театра драмы). На северо-восток ориентирован памятник самолёту Ил-2 (1975) на *площади конструктора Илюшина*. Сначала имела место ориентация вдоль проспекта Кирова на северо-запад, т. е. на фронт. Позже, в связи с тем что прибывавшие из аэропорта Курумоч правительственные делегации следовали по Московскому шоссе с северо-восточной стороны (транзитная функция), была принята ориентация на сектор, реализующийся в функциональ-

ной структуре застройки как функция первичности. Северо-восточный сектор от памятника на расстоянии двух километров полностью занят рекреационной зоной, включающей парк 60-летия Советской власти и территорию вокруг футбольной арены «Солидарность», как это было отмечено выше в контексте требования Ваасту-видьи для наилучшей реализации функции познания. Рассмотрение во взаимосвязи этих двух объектов, расположенных на столь значительном расстоянии, позволяет выдвинуть гипотезу о том, что ареал влияния некоего малого объекта, имеющего центральное положение, прямо пропорционален его социально-политической и культурно-исторической значимости.

Для понимания специфики **восточного сектора** необходима расшифровка древнеиндийской мифологии, связанной с этой стороной света. В Индии Восток – сторона света, в которой проживают божества (культовая/

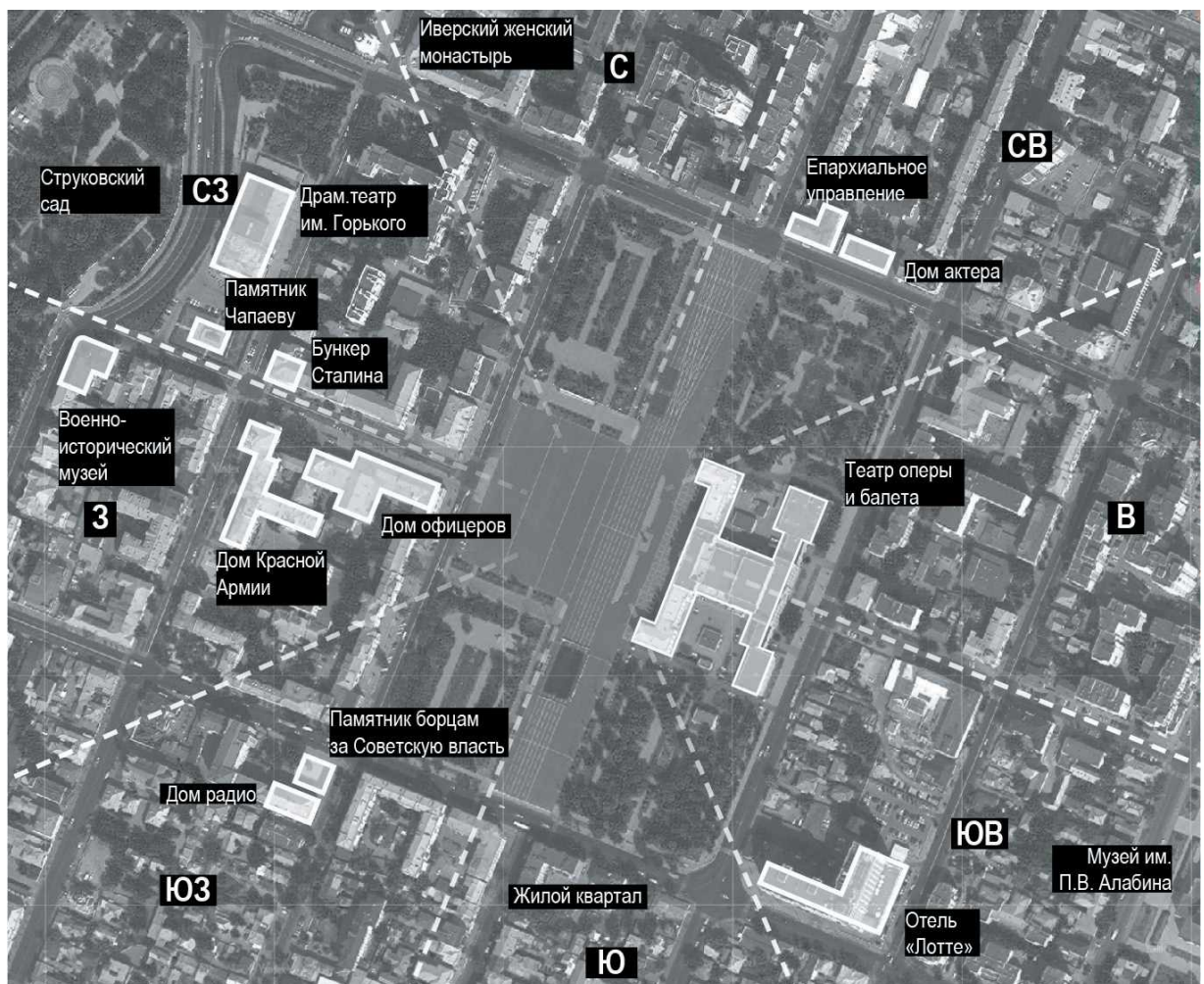


Рис. 2. Площадь Куйбышева (Самара)

сакральная функция), они обитают в кронах деревьев в парках, рощах, дубравах (*f* озеленения). Их бытие состоит в управлении стихиями (*f* управления глобальными процессами), в восприятии божественных танцев и небесных песен-гимнов (аттракционная функция), а также в принятии героев-царей как лучших из людей (*f* героизма и гостевая). Сакральный и светоносный характер этого сектора может проявляться как функция столичности, включающая иные сопутствующие функции (например, *f* образования). В Самаре в восточном секторе площади Славы размещены плиты с именами самарцев-героев Советского Союза (*f* героизма) и сквер (*f* озеленения). На восток от площади Славы расположена Самарская губернская дума, законодательный орган (*f* управления глобальными процессами). Под действие аттракционной функции попадают здания Самарского цирка и Дворца спорта, в которых реализуется и функция героизма, но они под-

тянуты к краю высокого волжского берега (т. е. расположены несколько северо-восточнее), здание же цирка граничит с восточным сектором. Кроме того, аттракционная функция реализуется выставочным залом Самарского филиала Творческого союза российских художников, расположенным по улице Молодогвардейской напротив цирка. В восточном секторе функция аттракционности реализуется устойчиво. Площадь Куйбышева имеет юго-восточно-восточную ориентацию, но при этом сцена театра оперы и балета находится в его восточном секторе, ранее на этом месте находился собор Христа Спасителя (1894–1932; культовая функция). В случае с Комсомольской площадью за её восточным пределом в 2016 г. был введён ТРК «Гудок» (см. комментарии к северному сектору), который отличает наличие: кинотеатра с 8 залами, исторического мультимедийного парка «Россия – Моя история» (6000 м²) и крупной концертной площадки (*f* аттракционности).

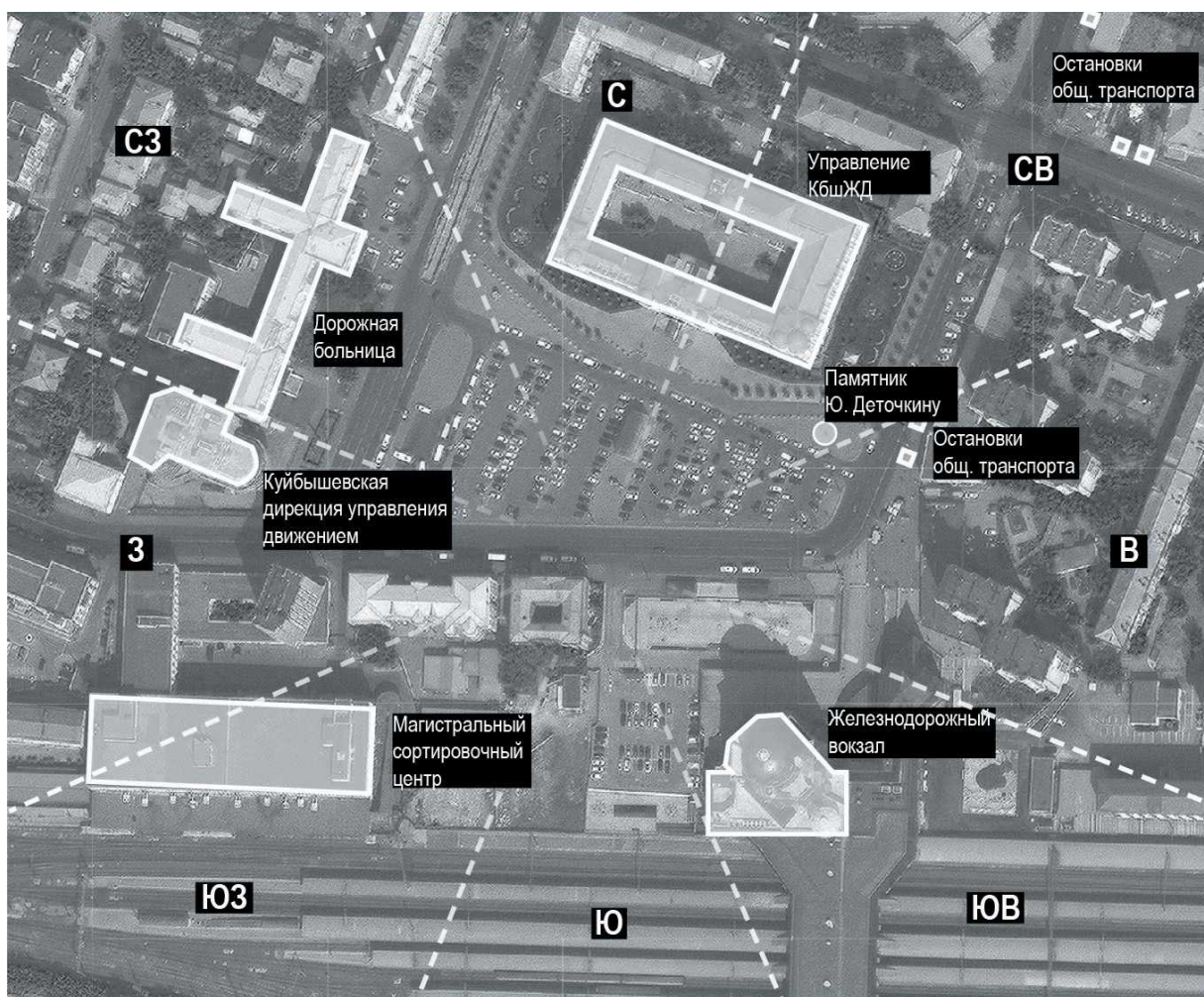


Рис. 3. Комсомольская площадь (Самара)

Малые площади Самары реализуют сопоставимый набор функций. Восточнее *Хлебной площади* – Смоленская церковь (культовая функция), восточнее *площади Революции* – большая хоральная синагога и Скорбященская церковь. Восточнее *площади конструктора Илюшина* – на значительном расстоянии, рядом с пересечением улиц Стара Загора и Георгия Димитрова расположен Храм в честь Трёх Святителей. Восточнее (юго-восточно-восточнее) *площади Чапаева* – здание Самарского государственного института культуры (СГИК) (*f* высшего образования), которое в 1930-е было зданием Ревкома (*f* управления глобальными процессами – ср. с расположением Смольного в Санкт-Петербурге). Размещение под зданием СГИК и площадью Чапаева бункера Сталина реализует как функцию управления глобальными процессами, так и функцию столичности (в период 1941–1942 гг. Куйбышев был запасной столицей). Функция аттракционности реализована в жилом особняке «Муха» (арх. Л. Кудеров, 1991–1996 гг.), расположенном на восток от памятника Чапаеву. Этот особняк, относящийся к началу постсоветской архитектуры, украшен изошрэнной пластикой объема. Прямо на восток от особняка «Муха», но уже в ансамбле площади Куйбышева расположен Дом Актёра, выдержанный в стиле модернизма. Восточнее *Крымской площади* находится школа № 174 (*f* образования). Восточнее площади им. Кирова расположен РКЦ «Прогресс» (*f* головного предприятия).

Для объектов, расположенных в историческом центре Самары, **юго-восточное направление** наиболее значимо, поскольку Самара расположена на востоке Самарской Луки (*f* столичности) в юго-восточном секторе её излучины, т. е. имеет место тождество в ориентации макро- и микроуровня. Юго-Восток традиционно – зона процветания, зона огня, известная как «красный» угол избы. Ваасту-видья характеризует этот сектор, указывая на благоприятное размещение в юго-восточном секторе энергоносителей и соответствующих производств, что особенно актуально в случае с г. Новокуйбышевском, городом областного подчинения в Самарской области, в 20 км к юго-западу от Самары. С энергоносителями связаны, конечно же, и транспортные средства (транзитная функция). В ансамбле *площади Славы* функция процветания реализуется символически в аллее с цветами и фонтанами (т. е. променада). Юго-восточный акцент процветания присутствует и в юго-восточно-восточной направленности ул. Шостаковича, соединяющей *площадь Чапаева*, Струковский парк, расположенный на склоне р. Волги, и *площадь Куйбышева*, кото-

рая известна как место проведения множества массовых мероприятий и концертов самого разного рода. В окружающей застройке *площади Куйбышева* функция процветания реализована в размещении Самарского историко-краеведческого музея им. П.В. Алабина (здание бывшего Ленинского мемориала, 1990) и современного пятизвездочного отеля «Лотте» (2018), фасады которого, выполненные в неоклассическом стиле, содержат элементы цветочного орнамента, т. е. символы процветания. В юго-восточном ансамбле *Комсомольской площади* транспортная функция реализуется новым зданием железнодорожного вокзала, зал ожидания которого расположен (в виде променада) над железнодорожными путями, и зданием Пригородного железнодорожного вокзала.

Юго-восточнее *Хлебной площади* находится такой символ процветания, как элеватор, транспортная функция представлена пристанью. Юго-восточнее *площади конструктора Илюшина*, *площади Революции*, *Крымской площади* – нет ничего примечательного. Однако реализация функции процветания тем не менее происходит. В случае с площадью Революции произошёл перенос пешеходной торговой зоны с ожидаемой ул. Венцека на соседнюю ул. Ленинградскую (Панскую). В случае с площадью конструктора Илюшина юго-восточный аспект представлен проспектом Кирова, который отличается наличием широкой полосы озеленения по обеим сторонам от дорожного полотна на всём его протяжении. Кроме того, параллельно проспекту расположен городской парк «Воронежские пруды» с природным комплексом из трёх озёр (одно пересохло после строительства ТЦ «Империя») и многолетними дубами.

Южный сектор – сектор интенсивных, но кратковременных процессов. В качестве таковых могут выступать как жилые здания, так и предприятия. За пределами анализируемых площадей главным образом реализуется селитебная функция (*площадь Славы*, *площадь им. Куйбышева*, *площадь им. Кирова*, *Хлебная площадь*, *Крымская площадь*). За пределами *Комсомольской площади* эта функция представлена частными домами жилого массива Западной, который расположен за железнодорожными путями.

Юго-западный сектор – сектор консолидации технологических, научных, медицинских ресурсов, а также культурных достижений. На основе первых двух из трёх функций формируется функция утверждения государственной власти. Если в случае с *площадью Славы* в этом секторе размещено здание областной администрации, то на *площади Куйбышева* – монумент Борцам

за советскую власть «Красное знамя» (05.11.1977; архитектор А.Г. Моргун, скульпторы И. Федоров и А. Фролов), а также Дом радио (*f* крупного технологического комплекса). Гранитный монумент «Красное знамя» представляет собой знамя, как бы развевающееся на ветру, а перед ним головные скульптуры комиссара в красноармейской фуражке, солдата-крестьянина в папахе и рабочего в будёновке мобилизованных революцией в ряды ее горячих сторонников и защитников. К числу крупных технологических сборочных узлов Комсомольской площади относятся: филиал Управления Федеральной почтовой связи по Самарской области и Самарское отделение Куйбышевской железной дороги. Позиции государственности в юго-западно-западном секторе площади Революции отстаивает Управление ФСБ по Самарской области, там же расположены памятник самарским чекистам (17.21.2021) и несколько медицинских учреждений. Юго-западнее Крымской площади соответствующую функцию реализует Кассационный суд.

На Хлебной площади по адресу ул. Максима Горького, 58, на протяжении 75 лет функционировал эlevator (1935–2013; см. юго-восточный сектор). Территория в окружающей застройке от юго-западного до северо-западного сектора занята электромеханическим заводом (*f* крупного технологического центра).

*В индийской мифологии за западным сектором закрепляется область проживания демонов, т. е. агрессивных, воинственных и амбициозных народов. На основе этих двух характеристик в секторальной модели освоения пространства выводятся функции демонстрации воинской доблести, конкуренции, размещения финансовых центров и коммерческих объектов. Согласно Ваасту-видье, на западе возможно нахождение локальных водных объектов или соответствующих производств, но в целом такое расположение рассматривается как неблагоприятное. Кроме того, в современном мире западные тенденции представлены функцией классического образования. В западном секторе от площади Славы расположен Жигулёвский пивзавод, в соответствующем секторе площади Куйбышева – военный квартал, включающий Дом офицеров, Военно-исторический музей, здание штаба Приволжского военного округа и Дом Красной армии, резервный бункер Сталина (1942), а также групповой памятник В.И. Чапаеву (*f* демонстрации воинской доблести). Кроме того, западный сектор отмечен Самарским государственным институтом культуры (*f* классического образования).*

На значительном удалении западнее площади Кирова (пересечение ул. Ставропольской и ул. XXII партсъезда) находится Госпиталь ветеранов войн, на территории которого распо-

ложена выставка ракетой техники. В западном секторе Крымской площади находится администрация Железнодорожного района и ФССП, также уполномоченный на ведение государственного реестра юридических лиц, осуществляющих деятельность по возврату просроченной задолженности в качестве основного вида деятельности (*f* финансового объекта). В западном и северо-западном секторах площади Революции расположены здания Окружного суда. Функция конкуренции при размещении культового сооружения часто выражается в том, что в противовес культовому сооружению одной религии в западном секторе возводится культовое сооружение другой религии. Так это в случае с большой хоральной синагогой в восточном секторе за пределами площади Революции и с Вознесенским собором в западном секторе. Далее находится Самарский речной порт (*f* водного транспортного объекта).

*Северо-Запад выполняет в суточном цикле функции подготовки полученных результатов к последующему использованию (*f* отражения, *f* размещения складов), устранения накопленного износа, недостатков (размещение ремонтных заводов и больниц) и преодоления ограничений (*f* спорта высоких достижений). На территории площади Славы этот сектор освоен 53-метровым монументом Славы (проект скульпторов П. Бондаренко, О. Кирюхина и архитектора А. Самсонова; открыт 05.09.1971), символизирующим как освоение воздушной стихии, так и героизм тружеников тыла во время Великой Отечественной войны (*f* преодоления). Образный ряд, расположенный в верхней части склона от площади Славы в сторону Волги, отражает высшие достижения жителей Самарской области (*f* отражения результатов деятельности). Функция преодоления в соединении с функцией водного объекта может быть отмечена и за пределами площади Славы в виде бассейна ЦСК ВВС. В северо-западном секторе Комсомольской площади функция размещения больниц представлена Дорожной клинической больницей и Самарским областным клиническим кардиологическим диспансером. Северо-западно-западнее площади Куйбышева находится уже упомянутый выше Самарский драматический театр им. М. Горького. Северо-западный аспект может придавать постановкам этого театра инициативный (*f* затаковости) и провокативный характер, поскольку данное положение, специфичное для завершения суточного цикла, создаёт предпосылки для отражения как позитивных, так и негативных тенденций развития (см. выше о Северо-Востоке). Каменное здание театра (арх. М.Н. Чичагов, 1988), выполненное в псевдорусском стиле (в стиле мо-*

сковского зодчества XVII в.), тому пример: оно сочетает особенности деревянного и каменного зодчества. В северо – северо-западном секторе Хлебной площади находится гериатрическая больница, а северо-западнее Крымской площади – терапевтический стационар. Нахождение северо-западнее площади сквера Ф.Э. Дзержинского (с бюстом главному революционеру молодой советской власти) может интерпретироваться в аспекте преодоления недолжного, в качестве которого в данном случае принимаются силы, противостоящие советской власти.

Север – точка покоя (в том числе размещения депо), потенциальности (*f* разработки высоких технологий и размещения торговых центров), а также управлениями глобальными (сетевыми) корпорациями. В архитектурном ансамбле площади Славы данный сектор не выражен, а у основания склона в этом секторе расположена гостиница «Волга», которая интерпретируется в отличие от гостиницы «Лотте» (см. выше) как точка покоя. Северный сектор площади Куйбышева располагает морфологическим корпусом СамГМУ, включающим анатомическое отделение (*f* размещения склепов), а также Иверским женским монастырём (*f* размещения женских монастырей). В северо-северо-восточном секторе площади Кирова находится ТЦ «Вива-лэнд». В изначальном объёме Комсомольской площади северный сектор был ограничен Губернским рынком (*f* ТЦ). В советское время в него был включён ЦУМ «Самара». За Губернским рынком троллейбусным и трамвайным депо реализуется функция точки покоя. В сегодняшнем объёме северная сторона Комсомольской площади ограничена зданием Управления Куйбышевской железной дороги – филиал ОАО РЖД (*f* крупных сетевых центров управления). Функция размещения крупных торговых центров в связи с невозможностью её реализации в современном объёме Комсомольской площади была в 2016 г. передана ТКЦ «Гудок» (см. выше). На территории самой площади функция точки покоя представлена парковочной площадкой и техническим памятником-паровозом серии Л-3285 «Лебедянка» (установлен в 2016 г.).

Выводы. Эмпирически продемонстрирована реализация функционально-топологической модели, имеющей своей основой архаические закономерности древних практик. Проведённый сравнительный анализ позволил акцентировать внимание на объектах, особо значимых для проанализированных архитектурных ансамблей, и выявить устойчивое распределение функций таких объектов по каждому из восьми секторов. Тем самым были подтверждены принципы функционального распределения, которые установлены в сектор-

альной модели освоения пространства. Акцент был сделан не на внутренней организации проанализированных девяти площадей, а на окружающей их застройке. Полный набор функций, предусмотренный в секторальной модели освоения пространства, реализуется в случаях с гармоничным соотношением утилитарных (градостроительных), символических (места поклонения, памятные места) функций: как на территории, так в окружающей застройке площади Славы, а также в окружающей застройке площади Куйбышева и площади Чапаева. Частичная реализация наблюдается при однотипной монотонной застройке (площадь Кирова, Крымская площадь, площадь конструктора Илюшина, площадь Революции). Значим фактор гармоничного соотношения между объёмом архитектурного ансамбля и объекта, расположенного в окружающей застройке. Так, размещение крупного технологического или административного центра в окружающей застройке относительно небольшой площади (площадь Славы, Хлебная площадь, Комсомольская площадь) сопряжено с занятием двух-трёх секторов, из которых как минимум один сектор (предпочтительно первый по часовой стрелке) обнаруживает соответствие с набором градостроительных функций, предусмотренных в секторальной модели освоения пространства. Полная картина взаимовлияний, возникающих в крупном городе относительно общественных пространств, лишённых утилитарной нагрузки, может быть получена при условии включения в анализ, наряду с площадями, крупных природных объектов, таких как парки, лесопарки, водоёмы. Особый интерес представляет возможность применения функционально-топологического подхода к Самарской набережной как к линейному объекту, составляющему значимое общественное пространство, влияние которого (совокупно с влиянием самой реки) на застройку прибрежной территории несомненно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков Е.Н., Крюкова Ю.Е. Планировка и функциональное зонирование древнегреческих и римских городов в трудах античных авторов // Вестник ТГАСУ. 2015. № 2. С. 75–88.
2. Форрестер Дж. Динамика развития города / ред.: Ю. П. Иванилов, А. П. Иванов, Р. Е. Оганов; пер. с англ. М.Г. Орловой. М.: Прогресс, 1974. 285 с.
3. Кришна Т. Индийское искусство ваасту: Организация окружающей среды для укрепления здоровья, достижения благополучия и обретения счастья / [пер. с англ. Н. Г. Григорьевой]. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. 272 с.

4. Щастри К. Вedicкая архитектура Васту: Принципы строительства нашего идеального дома / пер. с англ. М.: 2014. 224 с.
5. Неаполитанский С.М., Матвеев С.А. Сакральная архитектура мира. Созидательные принципы мировой гармонии. М.: Амрита, 2013. 608 с.
6. Тюлина Е.В. Храм, мир, текст: вастувидья в традиции пуран. М.: Вост. лит., 2010. 255 с.
7. Полная энциклопедия Фэн-шуй. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. 386 с.
8. Первоначала как фактор организации и освоения пространства: генезис, число, топология, вероятность, классификация: монография / Д.В. Денисов, М.Ю. Журавлёв, Н.Ю. Медведева и др.; под общ. ред. Д.В. Денисова. Самара: Изд-во СамГУПС, 2016. 352 с.
9. Универсальная топология процессов генезиса и самоорганизации: от числовых моделей бытия к секторальной модели освоения пространства / Д.В. Денисов, М.Ю. Журавлёв, Н.Ю. Медведева и др.; под общ. ред. Д.В. Денисова. Самара: «Слово», 2022. 320 с.
10. Зюзев Н.Ф. Рецензия на монографию «Первоначала как фактор организации и освоения пространства» // Человек, культура, образование: научный, образовательный и методологический журнал. 2018. Т. 4 (30). С. 230–234.
11. Денисов Д.В., Журавлёв М.Ю., Медведева Н.Ю. Функционально-топологическая модель освоения пространства (на примере площади Славы г. Самары, Самарской конурбации и исторической части г. Санкт-Петербурга) // Аспирантский вестник Поволжья. 2015. № 7–8. С. 34–40.
12. Денисов Д.В., Журавлёв М.Ю., Латыпова Н.М., Медведева Н.Ю., Малков И.И. Функциональные аспекты секторального зонирования внутригородского муниципального образования г. Минска // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, №1. С. 92–100. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.13.
13. Denisov D., Zhuravleva T., Zhuravlev M., Kabanova E. Function-topological model of urban space sectoral zoning. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 164, 04016.
14. Denisov D., Zhuravleva T., Zhuravlev M. The Mechanism for Implementing the Sector Model of Functional Zoning. CPT 2020. URL: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210225.059> (дата обращения: 27.11.2021).
15. Денисов Д.В., Журавлёв М.Ю., Медведева Н.Ю., Хохрин А.С. Комсомольская площадь г. Самары как предмет функционально-топологического анализа // Градостроительство и архитектура. 2018. № 4. С. 67–73. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.12.
2. Forrester Dzh. *Dinamika razvitija goroda* [City development dynamics]. Moscow, Progress, 1974. 285 p.
3. Krishna T. *Indijskoe iskusstvo vaastu: Organizacija okružhajushhej sredy dlja ukreplenija zdorov'ja, dostizhenija blagopoluchija i obretenija scha-st'* [Indian Waastu Art: Organizing the Environment to Promote Health, Achieve Well-being and Gain Sh-sty]. Moscow, Fair-Press, 2004. 272 p.
4. Shhastri K. *Vedicheskaja arhitektura Vastu: Principy stroitel'stva nashego ideal'nogo doma* [Vedic Architecture Vastu: Principles of Building Our Perfect House]. Moscow, 2014. 224 p.
5. Neapolitanskij S.M., Matveev S.A. *Sakral'naja arhitektura mira. So-zidatel'nye principy mirovoj garmonii* [Sacred architecture of the world. Collaborative Principles of World Harmony]. Moscow, 2013. 608 p.
6. Tjulina E.V. *Hram, mir, tekst: vastuvid'ja v tradicii puran* [Temple, world, text: vastuvidya in the Puran tradition]. Moscow, Vostlit, 2010. 255 p.
7. Polnaja jenciklopedija Fjen-shuj [Full Encyclopedia of Feng Shui]. Moscow, EKSMO-Press Publishing House, 2011. 386 p.
8. Denisov D.V., Zhuravlev M.Yu., Medvedeva N.Yu. *Pervonachala kak faktor organizacii i osvoenija prostranstva: genезis, chislo, topologija, verojatnost', klassifikacija* [Original as a factor in the organization and development of space: genesis, number, topology, probability, classification]. Samara, Publishing House SamGUPS, 2016. 352 p.
9. Denisov D.V., Zhuravlev M.Yu., Medvedeva N.Yu. *Universal'naja topologija processov genезisa i samoorganizacii: ot chislovyh modelej bytija k sektoral'noj modeli osvoenija prostranstva* [Universal topology of genesis and self-organization processes: from numerical models of being to a sectoral model of space development]. Samara, Slovo, 2022. 320 p.
10. Zyuzev N.F. Review of the monograph “Initial as a factor in the organization and development of space”. *Chelovek, kul'tura, obrazovanie: nauchnyj, obrazovatel'nyj i metodologičeskij žurnal* [Human, Culture, Education: Scientific, Educational and Methodological Journal], 2018, Vol. 4(30), pp. 230–234. (in Russian)
11. Denisov D.V., Zhuravlev M.Yu., Medvedeva N.Yu. Functional and topological model of space development (on the example of the Glory Square of Samara, Samara conurbation and the historical part of St. Petersburg). *Aspirantskij vestnik Povolzh'ja* [Postgraduate Bulletin of the Volga Region], 2015, no. 7–8, pp. 34–40. (in Russian)
12. Denisov D.V., Zhuravlev M.Yu., Medvedeva N.Yu., Malkov I.I. Functional aspects of sectoral zoning intracity municipality (on the example of Minsk). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, pp. 92–100. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.13
13. Denisov D., Zhuravleva T., Zhuravlev M., Kabanova E. Function-topological model of urban space sectoral zoning. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 164, 04016.

REFERENCES

1. Polyakov E.N., Kryukova Yu.E. Layout and functional Zonirova – ancient Greek and Roman cities in the works of ancient authors. *Vestnik TGASU* [TGASU Bulletin], 2015, no. 2, pp. 75–88.

14. Denisov D., Zhuravleva T., Zhuravlev M. The Mechanism for Implementing the Sector Model of Functional Zoning. CPT 2020. Available at: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210225.059> (accessed 27 November 2021).

15. Denisov D.V., Zhuravlev M.Y., Medvedeva N.Y., Khokhrin A.S. Komsomolskaya Square of Samara as a Subject of Functional and Topological Analysis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018. vol. 8, no. 4, pp. 67–73. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.12

Об авторах:

ДЕНИСОВ Денис Викторович

кандидат культурологии, доцент кафедры лингвистики
Самарский государственный университет путей сообщения
443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2 В
E-mail: denisansk@gmail.com

ЖУРАВЛЕВ Михаил Юрьевич

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

МЕДВЕДЕВА Наталия Юрьевна

ассистент кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: g_n_y@bk.ru

ЖУРАВЛЕВА Татьяна Дмитриевна

аспирант кафедры архитектуры Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: tbogdanova6@gmail.com

DENISOV Denis V.

PhD in Culturology, Associate Professor of the Linguistics Chair
Samara State Transport University
443066, Russia, Samara, Svobody str., 2 B
E-mail: denisansk@gmail.com

ZHURAVLEV Mikhail Yu.

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

MEDVEDEVA Natalia Y.

Assistant of the Architecture-Building Graphics and Fine Art Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: g_n_y@bk.ru

ZHURAVLEVA Tatiana D.

Postgraduate Student of the Architecture Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: tbogdanova6@gmail.com

Для цитирования: Денисов Д.В., Журавлев М.Ю., Медведева Н.Ю., Журавлева Т.Д. Особенности применения секторальной модели освоения пространства на примере площадей г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 94–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.13.

For citation: Denisov D.V., Zhuravlev M.Yu., Medvedeva N.Yu., Zhuravleva T.D. Features of the application of the sectoral model of functional zoning on the example of the squares of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 94–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.13.

М. Е. МОНАСТЫРСКАЯ**«ЦИРКУМБАЛТИЙСКОЕ ПРОСТРАНСТВО»:
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ
ОСНОВАНИЯ ДЕЛИМИТАЦИИ****“CIRCUMBALTIAN SPACE”:
METHODOLOGICAL PRIORITIES AND REGULATORY
FOUNDATIONS FOR DELIMITATION**

Обозначены методологические приоритеты делимитации Циркумбалтики как специфической пространственной формы: геопрограммный подход, методология конструктивного моделирования, геоисторическая парадигма, концепт геотории. На этой основе, с опорой на теоретико-методологические представления и алгоритмические предложения, оформленные автором ранее¹, и с учетом нормативно-правовых предпосылок делимитации внешнего ядра Балтийской морской цивилизации определены его территориальные, акваториальные, аэротерриториальные границы. Разработана трехступенчатая методика ранжирования приакваториальных пространств и сформирована базовая контактная акваториальная структура Балтики для целей градостроительства. Очерчены законосообразные генерализованные границы Циркумбалтики, разработана базовая цифровая модель этой геопрограммной формы.

Ключевые слова: акватория, акваториальная структура, аэротерритория, цифровая модель, Балтийская морская цивилизация, геопрограммный подход, геоисторическая парадигма, концепт геотории, делимитация, прибрежная зона, прибрежный пояс, приморская зона, система приморского урбанизированного расселения, территория, Циркумбалтийское пространство

Введение. Многофункциональное морское пространство Балтики в совокупности с окружающим его «Циркумбалтийским пространством» [1] является ядром «мультикультурной и полиэтнической» [2] локальной цивилизации Европы – Балтийской морской цивилизации [3]: окраинной в континентально-географическом смысле, средиземноморской в процессуально-генезисном плане, относительно молодой, по сравнению с более зрелыми «историко-географическими реальностями» [2] или «природно-социальными организмами» [4]. Бинарное геопрограммное ядро цивилизации (ядро внутреннее – аква-

This paper outlines the methodological priorities for delimitating the “Circumbaltian space” as a unique geospatial form, namely: the geospatial approach, constructive modeling, the geohistorical paradigm, and the geotory concept. Based on the above, along with the theoretical and methodological ideas and algorithmic proposals outlined by the author in earlier works, as well as the regulatory prerequisites for delimitating the outer core of the Baltic naval civilization, the paper sets its land, water, and air boundaries. The author designs a three-step methodology for ranking coastal spaces and describes the basic land and water contact structure of the Baltic for urban planning purposes. The paper also draws legally compliant generalized boundaries of the “Circumbaltian space” and designs a basic digital model of this geospatial form.

Keywords: water space, land and water structure, air space, digital model, Baltic naval civilization, geospatial approach, geohistorical paradigm, geotory concept, delimitation, coastal area, coastal belt, coastal zone, coastal urbanized settlement system, territory, “Circumbaltian space”

ториально-аэротерриториальное пространство, ядро внешнее – территориально-аэротерриториальное пространство) выступает центроформирующим фактором современного Балтийского региона [5].

Циркумбалтика, цивилизационно кристаллизовавшаяся в раннем средневековье в значительной мере за счет динамичного развертывания процессов приморской урбанизации, существует, непрерывно развиваясь и неизбежно трансформируясь, «как объективная данность» [6], как реальная геопрограммная форма [5]. Эта форма имеет определенную структуру и функциональную предрасположенность, обладает

¹ См. «Циркумбалтийское пространство»: исторические предпосылки и теоретико-методологические основы делимитации // Градостроительство и архитектура. 2023. Т.13, №1. С. 121–134.

свойствами целостности, компактности, иерархичности и автономности поведения, т. е. является системным образованием, что позволяет оперировать в процессе ее изучения широким междисциплинарным и трансдисциплинарным спектром методических версий исследования сложноорганизованных объектов, сформированных отечественной и зарубежной наукой.

Выполнение историко-градостроительных исследований на предмет выявления закономерностей, особенностей и тенденций становления и развития балтийской урбанизации в целом, конструирования ее регионального генетического кода, составления субрегиональных генетических матриц и т. д. в целях совершенствования градостроительной деятельности, осуществляемой субъектами градообразования в креативном и успешном по европейским меркам макрорегионе, вне зависимости от существования и дисциплинарного генезиса методического инструментария обязывает доказательно обозначить базовые или «отправные» законообразные границы внешнего ядра Балтийской морской цивилизации: ведь именно здесь в наиболее концентрированном виде представлена географически и исторически обусловленная специфика пространственной организации региональной среды обитания.

Эта задача решается нами на основе: 1) геопространственного подхода, базирующегося на принципе конструктивного реализма и опирающегося на методологию конструктивного моделирования [7], 2) геоисторической парадигмы, 3) концепта геотории (рис. 1), 4) теоретико-методологических основ делимитации специфической геопространственной формы, сформированных ранее [5], – посредством последовательного рассмотрения территориального, акваториально-территориального и аэроториального аспектов пространствообразования с учетом нормативно-правовых ограничений и правил, действующих сегодня в сферах регионального территориально-пространственного планирования, морского пространственного планирования, нормативно-технического и правового регулирования использования воздушного пространства, с дальнейшим формированием цифровой модели объекта – «слепка» концептуального или когнитивного пространства Циркумбалтики [5].

Методические приоритеты и правовые основы делимитации приморских и прибрежных зон (территориальный аспект)

Все методики определения параметров прибрежных и приморских зон опираются на феномен «талассоаттрактивности» или «тяготе-

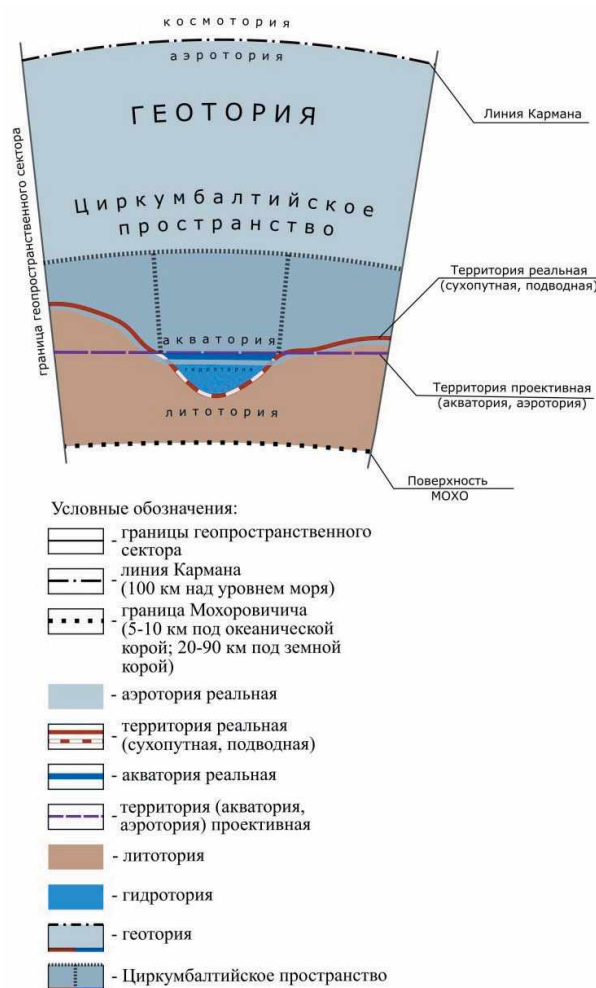


Рис. 1. Теоретическая модель Циркумбалтики как геопространственной формы (разработана автором на основе научно-практических предложений Э. Б. Алаева, А. Б. Елацкова, П. Я. Бакланова) [8–12]

ния к морю» [13], который проецируется на систему урбанизированного расселения, ощутимо «сказывается на заселенности и хозяйственной освоенности территории по мере приближения к морскому побережью» [14, с. 138], прямо влияет на «сущность экономического и демографического потенциала» [13, с. 89] в границах приакваториального пространства. «Притяжение моря» как общепланетарная тенденция расселения «подтверждается эмпирическими данными и признается практическими всеми» [там же] исследователями вне зависимости от географической «привязки» объектов изучения [12]. Согласно подсчетам зарубежных ученых, в границах 100-километровой береговой полосы проживает 37 % мирового населения, в границах 150-километровой – 44 %, 200-километровой – 49 %, а в границах 400-километровой – 49 %, а в границах 400-километровой – 49 %, а в границах 400-километровой – 49 %.

вой – 66 % человеческой популяции нашей планеты [15].

Существует два принципиально отличающихся друг от друга методических подхода к делимитации приморских (в т. ч. прибрежных) территорий, которые убедительно иллюстрируются предложениями российских ученых и практиков, а также специалистов Евростата и которые уместно использовать применительно к задачам нашего исследования. Первый подход можно обозначить как инфраструктурный (экономико-географический, общегеографический), а второй – как номенклатурно-статистический (административно-территориальный).

Различия этих подходов обусловлены своеобразием интерпретаций понятия «территория», которых придерживаются российское и зарубежное научные сообщества. Согласно отечественной научной традиции, «территория представляет собой ограниченную часть земной поверхности, ее сегмент, обладающий определенными природными и антропогенными свойствами и ресурсами. Территория двухмерна» [16], характеризуется «протяженностью (площадью) как особым видом «пространственного» ресурса, географическим положением» [10, с. 50], наличием естественных, искусственных или воображаемых границ. Таким образом, в нашей стране господствует представление о территории как о специфическом пространственном ресурсе – необычном и уникальном, операционном базисе деятельности, для оценки которого исключительно важны метрические и топологические характеристики [10, с. 7], как о «пространственной основе среды обитания человека и любых видов его деятельности» [17], и это представление имеет «ярко выраженный общегеографический смысл» [10, с. 8]. Такое представление применимо и к «реальной территории» (квазидвухмерному подпространству с нулевой толщиной) и к территории проективной [10, с. 6] – условному двухмерному пространству, проецируемому «на физическую поверхность суши» [18, с. 85] для решения многих, в т. ч. градостроительных задач.

Европейская научная традиция толкования понятия «территория» (territory) актуализирует административно-хозяйственный или «владельческий» статус объекта и, как более компактный вариант – «юрисдикционную» или политическую его принадлежность [10]. Характеризование общегеографических аспектов бытия побуждает зарубежных специалистов формировать отличную от отечественной «систему понятий. В том смысле, в котором мы привыкли употреблять термин «территория», в англоязычном мире обычно используют

термины «пространство» (space) и «площадь» (area)» [10, с. 8]. Свидетельством тому развернутое определение «территории», сформулированное Д. Делани и приведенное в Европейской энциклопедии гуманитарной географии: «territory» – это «ограниченное, многозначное общественное пространство, «значения» (meanings) которого подразумевают функционирование власти в общественных отношениях. Территория, в определенном смысле, есть влияние значения (meaning), власти (power) и общественного пространства (social space)» [19, с. 196]. По Елацкову, «следует строго различать два понятия территории – общегеографическое (геопространственное) и «владельческое» (правовое, деятельностное). Причем второе оказывается частным случаем первого» [10, с. 9]; последнее обстоятельство позволяет предположить возможность интеграции отечественного и европейского территориально-делимитационных подходов для решения задач градостроительных исследований.

Оба подхода, несмотря на методологические различия, нацелены, во-первых, на преимущественно двустадийную делимитацию наземных приакваториальных зон и, во-вторых, на обособление маркировочной прибрежной полосы шириной 50 км, располагающейся вдоль береговой линии акватории и характеризующейся высоким уровнем градостроительной освоенности и значительной плотностью населения. В данной ситуации прослеживается очевидное влияние градостроительных факторов на принятие экономико-географических и номенклатурно-статистических решений: «прибрежная территория должна быть достаточной для размещения крупного поселения (шириной примерно до 50 км)» [11, с. 79], границы ее предпочтительно выделять «на основе ландшафтного подхода» [там же].

Российский территориально-делимитационный подход представлен в работах И.С. Арзамасцева, П.Я. Бакланова, Л.А. Безрукова, А.Г. Дружинина, П.Н. Савицкого и других исследователей. Отечественными специалистами, как правило, «выделяются две «зоны притяжения» моря: уже обозначенная «50-километровая (прибрежная) с наиболее сильным прямым морским влиянием и 200-километровая (приморская), где за пределами 50-километровой зоны начинает преобладать косвенное влияние» [21, с. 11] акватории. Российские географы и эконом-географы «считают приморское положение характеристикой территории, имеющей первостепенное значение и оказывающей влияние на всю складывающуюся структуру экономики. При этом в своих построениях они» [22, с. 19] учитывают фактор стоимости перевозок

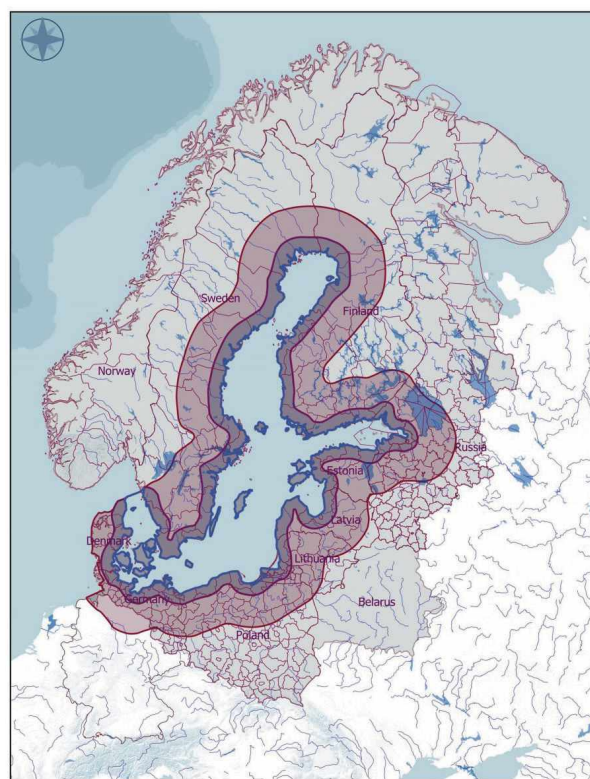
по суше, что отражается в зонировании ими материковой территории на основе принципа «областей равного отстояния», в границах которых опорные «пункты, находящиеся на определенном равном расстоянии от берега моря, <...> соединены линией. <...> особенность данного подхода состоит в учете влияния транспорта (в том числе наземного) на все отрасли экономики (через увеличение стоимости перевозок вместе с удалением от моря) [22, с.19]. Иркутский эконом-географ И.А. Дец справедливо утверждает, что преимущество российского инфраструктурного «подхода могло бы быть усилено, если бы линии равных отстояний проводились с учетом существующих наземных транспортных путей – данный аспект особенно важен для территорий с разреженной транспортной сетью и малым количеством транспортных подходов к побережью и морским портам. В таком случае имелась бы возможность составить полный перечень приморских административно-территориальных образований нижних уровней» [там же] по аналогии с европейской номенклатурно-статистической практикой.

По Дружинину, приморская (прибрежная в т. ч.) зона по пространственной конфигурации – «это преимущественно полоса, характеризующая повышенной плотностью населения, поселений и хозяйственной активности. В ее индентификации и делимитации существуют многие обстоятельства: наличие морского побережья, выход на него тех или иных регионов и объединяемых ими муниципальных образований, присутствие (и конфигурация) компонент морехозяйственного комплекса, локализация (и конфигурация) групповых систем расселения» [13, с. 89].

Применение российской методики выделения прибрежных (ПЗ-1) и приморских (ПЗ-2) зон в отношении Балтики дает весьма убедительный результат: несмотря на то, что «50-километровая зона охватывает лишь часть из прилегающих к Балтийскому морю стран» [21, с. 12], именно в ее границах «расположены пять из девяти столиц соответствующих стран (Копенгаген, Стокгольм, Хельсинки, Таллин, Рига) и одна бывшая столица (Санкт-Петербург)» [20, с. 12]. В границы 200-километровой зоны полностью входят Дания, страны Балтии (Латвия, Литва, Эстония), почти полностью – Швеция и Финляндия; частично – Германия (Балтийский регион Германии), Польша (Балтийский регион Польши) и Россия (Калининградская и Ленинградская области, город федерального значения Санкт-Петербург) [23, с. 99-100]. «Понятно, что в первых шести странах влияние Балтийского моря сказывается особенно сильно, тогда как в трех остальных сильное

влияние затрагивает лишь часть территории» [21, с. 12] (рис. 2).

Совершенно иную технологию ранжирования приэкваториальных зон по критерию талассоаттрактивности использует Евростат. Европейские эксперты сформировали три базовых понятия – «прибрежная зона», «прибрежный регион», «континентальная часть», позволяющих им осуществлять мониторинг статистической информации и проводить социально-экономический анализ ситуации в границах соответствующих номенклатурно-географических и административных единиц (Nomenclature of territorial units for statistics) [24]. Номенклатурно-географическим единицам при этом соответствует понятие «прибрежный регион» (coastal region) – аналог отечественной языковой формы «приморская зона» (ПЗ-2). К прибрежным регионам относятся территории или статистические регионы, обозначенные как NUTS 3 географической



Условные обозначения:

- Балтийский регион
- береговая линия Балтийского моря и Датских проливов
- 50-километровая прибрежная зона (Безруков, 2008)
- 200-километровая прибрежная зона (Безруков, 2008)
- территория в границах NUTS-3 (Eurostat, 2021)
- территория в границах МР (ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ", 2003)

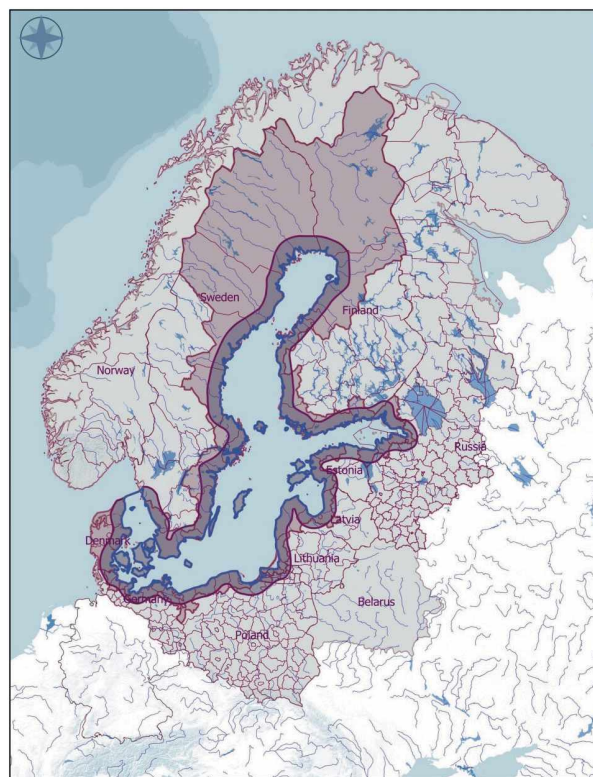
Рис. 2. Наземные границы «Циркумбалтийского пространства», установленные на основе российской методики делимитации приморских и прибрежных зон (Безруков Л.А., 2008) [22]

номенклатуры и ограниченные береговой линией акватории, более половины населения которых проживает в пределах 50 км от нее [24]. Административным единицам соответствует понятие «прибрежная зона» (coastal area); к таким объектам специалисты Евростата причисляют «местные административные единицы (local administrative units), имеющие береговую линию, не менее 50 % территории которых расположено на расстоянии 10 км от береговой линии» [24]. Пятидесятикилометровая прибрежная полоса, являющаяся маркером европейского «прибрежного региона», соответствует по смыслу и очертаниям отечественной «прибрежной зоне» (ПЗ-1) [11].

Таким образом, по Децу, главным индикатором принадлежности территорий к приакваториальным объектам, согласно методике Евростата, становится их население [22, с. 19] и административный статус. Номенклатурно-географические образования третьего уровня «в каждой стране ЕС (названия и даже сами средние площади таких <...> образований отличаются друг от друга) были включены в ряд» [22, с. 19] «прибрежных регионов» «при соблюдении следующего условия: более половины населения территории должны проживать не далее 50 км от побережья» [там же]. К категории «прибрежных регионов» были формально причислены «крупные по площади административно-территориальные образования севера Финляндии и Швеции, <...> континентальные части которых располагаются более чем в 250 км от морских побережий, но население которых преимущественно проживает в приморской зоне» [22, с. 19]. К таким NUTS 3 относятся малонаселенные шведские лёны Вестерботтен с административным центром Умео (площадь 54 672 км², плотность населения 4,7 чел./км²) и Норрботтен с административным центром Лулео (площадь 97 257 км², плотность населения 2,5 чел./км²), а также финские провинции Лапландия с административным центром Рованиemi (площадь 92 660 км², плотность населения 2,0 чел./км²) и Северная Остроботния с административным центром Оулу (площадь 35 508 км², плотность населения 11,5 чел./км²). С другой стороны, значительно уступающие перечисленным «прибрежным регионам» по площади, но намного более плотно заселенные NUTS 3 Германии (земельные районы), Литвы (уезды), Латвии (статистические районы), Польши (подрегions), Эстонии (мааконды), МР Калининградской и Ленинградской областей, а также город федерального значения Санкт-Петербург практически полностью входят в границы маркировочной 50-километровой полосы, что прямо указыва-

ет на избыточную формализацию территориально-делimitационной методики Евростата в отношении определения границ «зон притяжения» моря (рис. 3). Порядок же выявления «прибрежных зон», принятый Евростатом и базирующийся на концепте «территориализации» [9, 17] может, тем не менее, представлять значительный интерес, в том числе при решении вопросов территориально-акваториального толка в процессе «конструирования» «контактной структуры» [14] «суша-море».

С другой стороны, применив трехстадийную иерархическую модель делimitации приакваториальных зон, учитывающую в том числе и локальный уровень пространственной организации среды обитания, можно добиться более точных, чем при двухстадийном варианте, и при этом соотносимых с «владельческим» (правовым, деятельностным) статусом объектов их оценкой и ранжированием по критерию талассоаттрактивности и, следовательно, по степени градостроительной освоенности



Условные обозначения:
 - Балтийский регион
 - приморская зона (Монастырская, 2022-2023)
 - территория в границах NUTS-3 (Eurostat, 2021)
 - территория в границах МР (ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ", 2003)
 - береговая линия Балтийского моря и Датских проливов
 - 50-километровая маркировочная зона (Eurostat, 2021)

Рис. 3. Наземные границы «Циркумбалтийского пространства», установленные на основе методики Евростата [22, 24]

и заселенности. Это, в свою очередь, позволяет упорядочить метрический и топологический инструментарий, собственно ход изучения исторических закономерностей, региональной специфики и современных тенденций развития системы приморского урбанизированного расселения Балтики, а также соотнести различные градостроительные формы с уровнями и методами их плано-прогнозного и проектного обустройства.

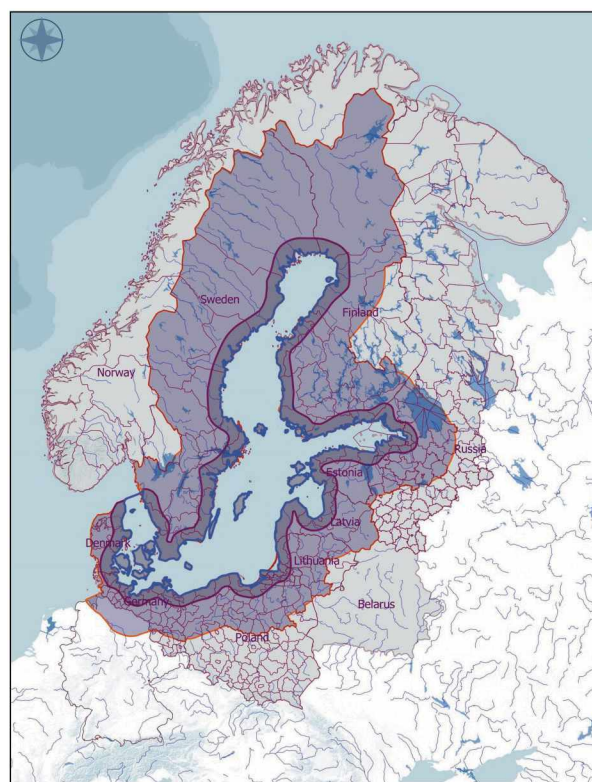
Задачи проведения всестороннего дифференцированного и комплексного анализа циркумбалтийской урбанизации обуславливают целесообразность: во-первых, принятия понятийно-терминологического делимитационного аппарата, разработанного отечественной наукой и практикой («прибрежная зона», «приморская зона»), дополнив его понятием «прибрежный пояс»² применительно к локальному уровню организации среды жизнедеятельности, и, во-вторых, интеграции результатов выявления приморских зон, полученных по двум методикам, посредством привязки их очертаний к границам NUTS 3 зарубежных стран и МР РФ при соблюдении простого правила: объект полностью включается в границы приморской зоны, если 50 % его территории уже к ней отнесены³. В этом случае ряд отмеченных недостатков двух делимитационных подходов удается скомпенсировать и доказательно обозначить нормативно обусловленные наземные границы Циркумбалтийского пространства на настоящий момент времени (рис. 4).

Нормативно-правовые предпосылки делимитации контактных зон «суша-море» (акваториально-территориальный аспект)

Акватория Балтийского моря является, по определению, морфологической, феноменологической, структурной, функциональной и символической доминантой ядра Балтийской морской цивилизации и «центростремительного» фокуса одноименного региона. С точки зрения геопространственного подхода к исследованию особенностей градоформирования Балтики, а также к пространственному страте-

² Наименьшая ширина «прибрежного пояса», согласно нашему предложению, составляет 20 км, исчисляемых от береговой и/или исходной линии моря.

³ В границы интегрированной приморской зоны, таким образом, дополнительно полностью вошли: финские провинции Южная Остроботния, Центральная Финляндия, Южная Саво, Южная Карелия, Пяйя-Хяме, Канта-Хяме, Пирканмаа; шведские лены Ёмтланд, Даларна, Эребру, Вестманланд, Крунуберг, Йенчёпинг, Вестра-Гётеланд.



Условные обозначения:

- | | | | |
|--|---|--|---|
| | - Балтийский регион | | - интегрированная приморская зона (Монастырская, 2022-2023) |
| | - береговая линия Балтийского моря и Датских проливов | | - территория в границах NUTS-3 (Eurostat, 2021) |
| | - 50-километровая прибрежная зона (Безруков, 2008) | | - территория в границах МР (ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ", 2003) |

Рис. 4. Наземные границы «Циркумбалтийского пространства», установленные на основе методики, предложенной автором в 2022-2023 гг. [25]

гированию и планированию важны не столько метрические, конфигурационные и сущностные особенности собственно Балтийского моря, сколько параметры контактных зон, формируемых на стыке различных физико-географических сред – морской и наземной. Определение этих параметров в самых общих чертах особых затруднений не вызывает, так как национальные законодательства и стандарты балтийских государств сформированы на основе единых международных норм и правил, закрепленных, в частности, Конвенцией о территориальном море и прилежащей зоне, Конвенцией ООН по морскому праву и пр.

В методическом отношении предлагается формировать границы контактных «акваториально-территориальных структур» [11, с. 79] по аналогии с отрисовкой границ прибрежного пояса, прибрежных и приморских зон, т. е. по трехстадийной схеме. Так в границы контактной зоны первого порядка (КЗ-1) входят: прибрежный пояс в границах локальных МО (20 – 50 км) [24],

внутренние морские воды (внутреннее море) [26], исходная линия [27], прибрежная акватория в очертаниях зоны ответственности локальных МО («шириной 2 мили»/3,9 км) [12]⁴. В границы контактной зоны второго порядка (КЗ-2) в дополнение к уже перечисленным объектам включены: прибрежная зона (50 км) [11, 21, 22] и территориальное море (12 морских миль/22,22 км) [26]. Контактная зона третьего порядка (КЗ-3) в дополнение к компонентам двух первых аккумулирует в своих границах приморскую зону (200 км) [25, 26], прилежащую зону (24 морские мили/44,44 км) [27], исключительную экономическую зону (морскую зону интенсивного хозяйственного использования) (200 морских миль/370,4 км) [26, 28, 29] (рис. 5).

Контактная зона «суша-море» второго порядка (КЗ-2), являющаяся фундаментальным «связующим звеном» в развитии суши и моря» [30, с. 102], представляет собой базовую контактную «акватерриториальную структуру»⁵ Балтики (рис. 6) – средоточие проявлений географически и исторически обусловленных закономерностей и специфики, современных тенденций градостроительного освоения «пограничного» пространства и, одновременно, совокупность перспективных объектов интегрированного территориально-пространственного и акваториально-пространственного⁶ планирования, комплексного управления прибреж-

⁴ Или «шириной примерно в несколько километров» [11], сообразно параметрам зоны муниципальной ответственности в акватории, которые диктуются конкретными санитарными, гидрофизическими, топографо-гидрологическими особенностями, а также условиями хозяйственного использования морского побережья [12]. Общепринятой муниципальной зоной ответственности является «морская акватория шириной 2 мили или акватория, ограниченная перпендикулярами до серединных линий, делящих крупные заливы и бухты. Прибрежная полоса шириной 2 морские мили – это район прибрежного морского водопользования, определенный санитарными правилами и нормами охраны прибрежных вод, моря от загрязнения в местах водопользования населения» [12, с. 256].

⁵ Внешняя граница этой зоны совпадает с внешней границей территориального моря. Последняя, согласно Закону РФ «О внутренних водах, территориальном море и прилежащей зоне» от 31.07.1998 № 155-ФЗ является государственной границей России [26].

⁶ Особую сложность для необходимой координации берегового и морского планирования представляет «трехмерная природа морского планирования, трехуровневая система которого включает в себя отдельные объекты планирования – морскую поверхность, морские воды и морское дно» [30, с. 102].

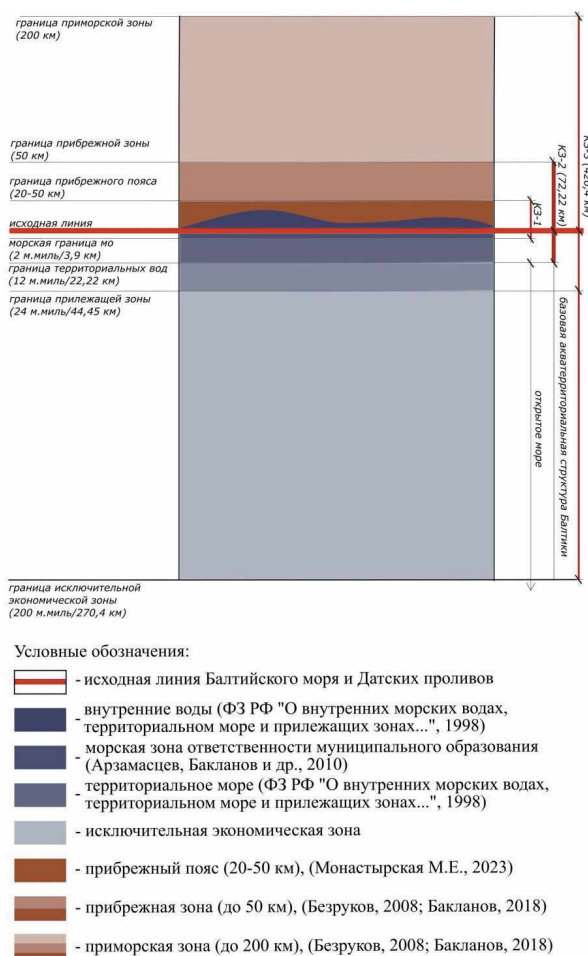
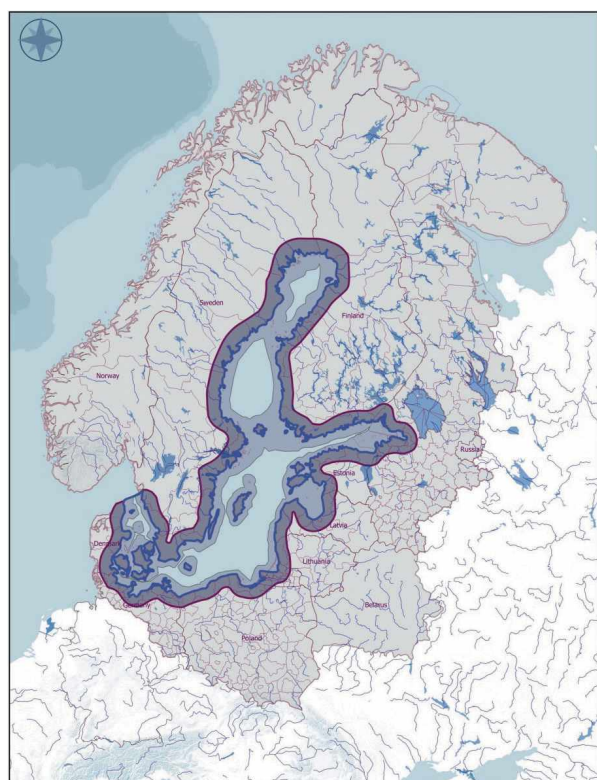


Рис. 5. Конструирование контактных зон «суша-море» как интегрированных акватерриториальных структур Балтики (предложение автора)

ными зонами [30] регионального и/или национального уровней шириной 72,2 км, общей протяженностью около 22 000 км. Внешняя граница КЗ-2, фиксирующая границы территориального моря балтийских государств [14, 21, 27, 29, 31, 32], имеющих непосредственный выход к морю, доказательно служит внешней границей Циркумбалтийского пространства.

Контактная зона первого порядка (КЗ-1) в открытых границах может рассматриваться как единство локальных объектов территориально-пространственного планирования прибрежных муниципальных образований, или их частей. В состав документов пространственного планирования локалитетов возможно включение специальных разделов морского планирования.

Своеобычность конфигурации акватории Балтийского моря: наличие достаточно узких заливов (Ботнический (117 000 км²) Финский



Условные обозначения:
 - Балтийский регион
 - исходная линия Балтийского моря и Датских проливов (HELCOM, 2022)
 - граница территориальных вод (22,2 км/12 нми)
 - граница прибрежной зоны (50 км/27 нми)
 - контактная зона "суша-море" К3-2 (72,2 км/39 нми)
 - территория в границах NUTS-3 (Eurostat, 2021)
 - территория в границах МР (ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ", 2003)

Рис. 6. Базовая законосообразная акваториальная структура Балтики (К3-2) (предложение автора)

(30 000 км²), Рижский (19 000 км²), Куршский (1 619 км²) и др.), глубоко врезающихся в материк, сопоставимости протяженности физического объекта по меридиану и параллели (около 1350 км), концентрация в его центральной части крупных островов (Готланд (2994 км²), Сааремаа (2673 км²), Хийумаа (989 км²), Аландия (685 км²), Бронхольм (588 км²), – обусловила сопредельность морских границ контактных зон «суша-море» третьего порядка, относящихся к различным страновым «прибрежно-морским сегментам» [11, с. 79] (рис. 7).

Таким образом, можно отметить конгруэнтность суммарной зоны интенсивного хозяйственного использования собственно поверхности моря, площадь которой составляет по различным источникам 415 000 / 422 600 км² [32]. В этой связи суммарная К3-3 может рассматриваться как в качестве целостного объекта комплексного трансграничного пространственного стратегирования международного уровня, так и как простая (неиерархическая) совокупность объектов пространственного стратегирования

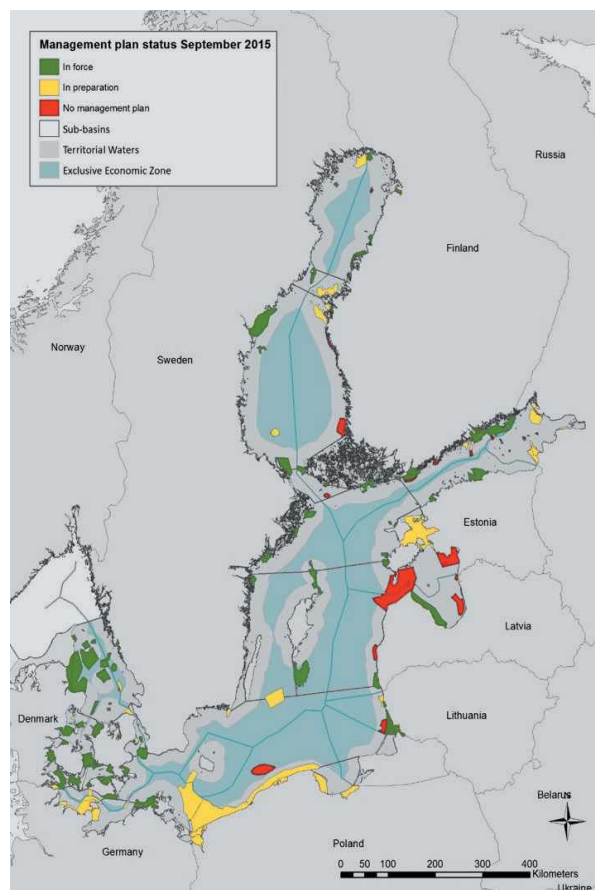


Рис. 7. Границы территориальных вод и исключительных экономических зон государств, имеющих непосредственный выход к Балтийскому морю (HELCOM, 2017)

и планирования (территориально-пространственного, акваториально-пространственного) национального уровня. Транснациональный и национальный уровни подготовки документов пространственного планирования предполагают непереносимое достижение «согласованности наземного и морского планирования», «укрепление согласованности морского пространственного планирования, комплексного управления прибрежными зонами и берегового пространственного планирования» [48, с. 104], акцентирование сочетанного формирования стратегий пространственной организации территорий и акваторий [32].

Законодательные и нормативно-технические предпосылки определения абсолютной высоты «Циркумбалтийского пространства» (аэротерриальный аспект)

«Аэротерритория представляет собой часть воздушной оболочки геосферы, соотношенной с соответствующей территорией или аквато-

рией (ранее в естественных науках использовалось понятие «воздушная территория»)» [33] или «воздушный столб» [9, 10]. Эта «соотнесенность» аэротории с сушей и морем, законодательно закреплённая в базовых документах стран, входящих в границы Балтийского региона (например, в Конституции РФ), препятствует тому, чтобы аэротория рассматривалась в исследовательском, прогнозно-плановом и/или деятельностном контекстах как самостоятельный объект. Поэтому имеет смысл говорить о конструировании границ аэроториальной компоненты градостроительной деятельности, осуществляемой в них, исключительно в перспективно-гипотетическом ключе. Тем не менее законодательные и нормативно-технические предпосылки дедимитации поэтапных и верхней границ «воздушной территории» в РФ и Европе наличествуют. Они определяются международными и национальными правилами и нормативами использования воздушного пространства государств, составленными с учетом интенсивности хозяйственного, военного, транспортного, научно-исследовательского и иных видов использования аэроторий в пределах тропосферы и стратосферы [34], а также – структуры и классификации воздушного пространства, типов и классов летательных аппаратов [35, 36]. Опираясь на данные об интенсивности использования воздушного пространства Земли, можно в качестве открытой верхней границы аэротории для целей пространственного стратегирования и планирования обозначить высоту озонового пояса, которая в умеренных широтах составляет 20 000 – 25 000 метров [37] (рис. 8). Для целей историко-градостроительных исследований и конструктивного моделирования геотерии с учетом геоморфологии «Циркумбалтики»⁷ и реальных тенденций современного высотного строительства в Европе и Балтийском регионе [42] пока можно ограничиться высотой 3000–3500 м.

⁷ Этот параметр приведен с учетом различных систем высот, принятых в странах Балтийского региона (Балтийской системой высот, действовавшей в СССР и наличествующей России, а также в Польше и странах Балтии с 1977 года, Amsterdam Ordnance Datum или Normaal Amsterdams Peil, действующей в большинстве западно- и североевропейских стран с 1879 года, Normalhöhennull, действующей в Германии с 1992 года в т.ч.) [38, 39], а также – с учетом геоморфологических свойств Циркумбалтийского пространства: самая высокая точка региона гора Кебнекайсе в Швеции возвышается над уровнем моря на 2094,6 м – 2104 м по различным источникам [40, 41].

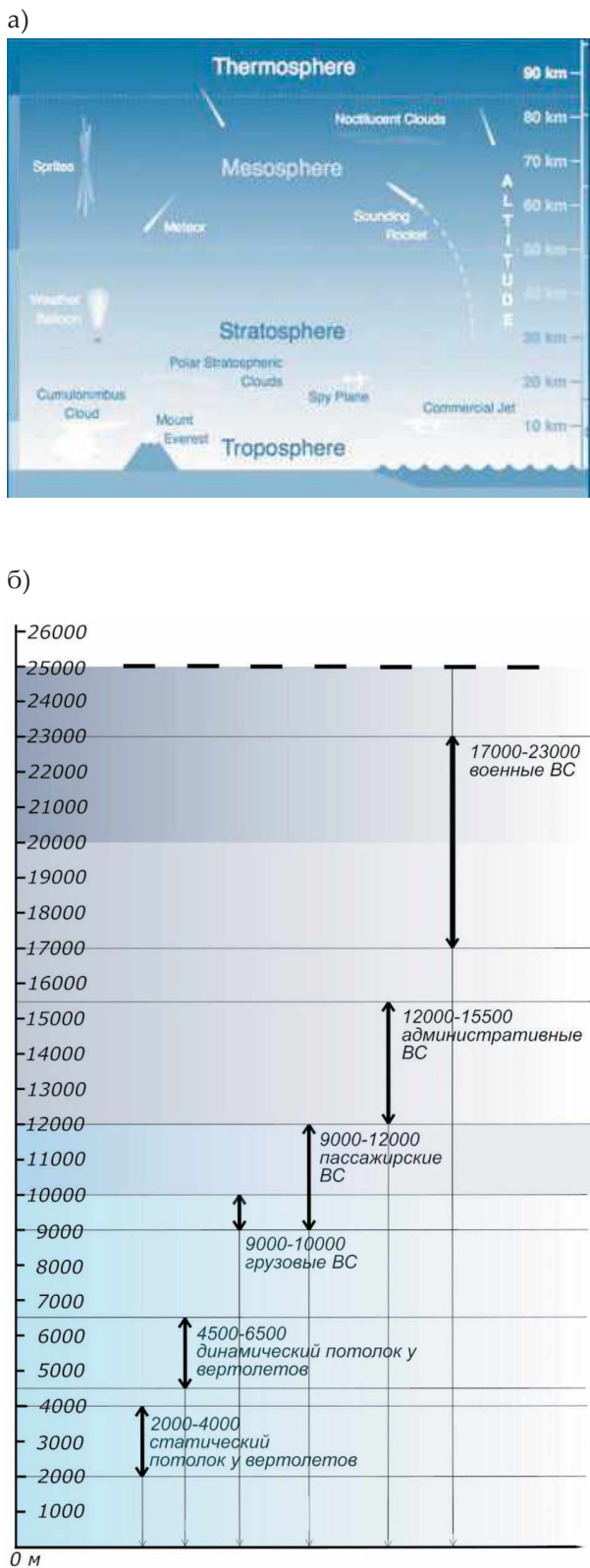


Рис. 8 (а, б). Определение абсолютной высоты «Циркумбалтийского пространства» (предложение автора)

Законосообразные генерализованные границы «Циркумбалтийского пространства»

Совмещение результатов графостатистического моделирования геопространственной формы по территориальному, акваториальному, аэроториальному аспектам с учетом нормативно-правовых предпосылок ее делимитации способствовало разработке базовой цифровой модели внешнего ядра Балтийской морской цивилизации (рис. 9).

Эту модель, на наш взгляд, целесообразно актуализировать не только в научно-методическом плане как базовую «конструкцию» для завершения делимитации объекта изучения в русле естественно-научного и социогуманитарного подходов с последующей интеграцией трех генерализованных границ и оптимизацией ее результата по критерию компактности геопространственной формы, что обеспечит формирование полноценного «слепок» концептуального или когнитивного «Циркумбалтийского пространства». Применение этой модели в контексте следования геоисторической парадигме позволит выявить регионообусловленные закономерности и специфику становления и развития, тенденции функционирования и трансформации системы приморского урбанизированного расселения Балтики, что, в свою очередь, создаст предпосылки для конструиро-

вания генетического кода балтийской урбанизации как информационно-теоретической доминанты и средства региональной идентификации (или реидентификации) градостроительной деятельности, осуществляемой ее субъектами не только в границах СЗФО РФ, но и в границах сопредельных с ним пространств. Итоги же региональной идентификации всей сферы градообразования станут действенным инструментом компенсации избыточных урбанистических издержек процессов глобализации и созидания многополярного мира, а также – веским и добротным основанием для их предотвращения. Использование цифровой модели Циркумбалтики в русле реализации концепта геотории будет способствовать совершенствованию методов пространственной организации региональной среды жизнедеятельности. Это послужит: 1) сохранению и поддержанию градостроительной культуры Балтийского макрорегиона, расширению типологического спектра приморской урбанизации, укреплению транснациональных и межнациональных взаимодействий в области пространственного стратегирования местообитаний, 2) регионообусловленности законо- и нормотворчества, градостроительного образования, планово-прогнозных и проектных процессов и результатов их реализации в субрегионах и, конечно, 3) наращиванию «градостроительного потенциала» [43] локалитетов.

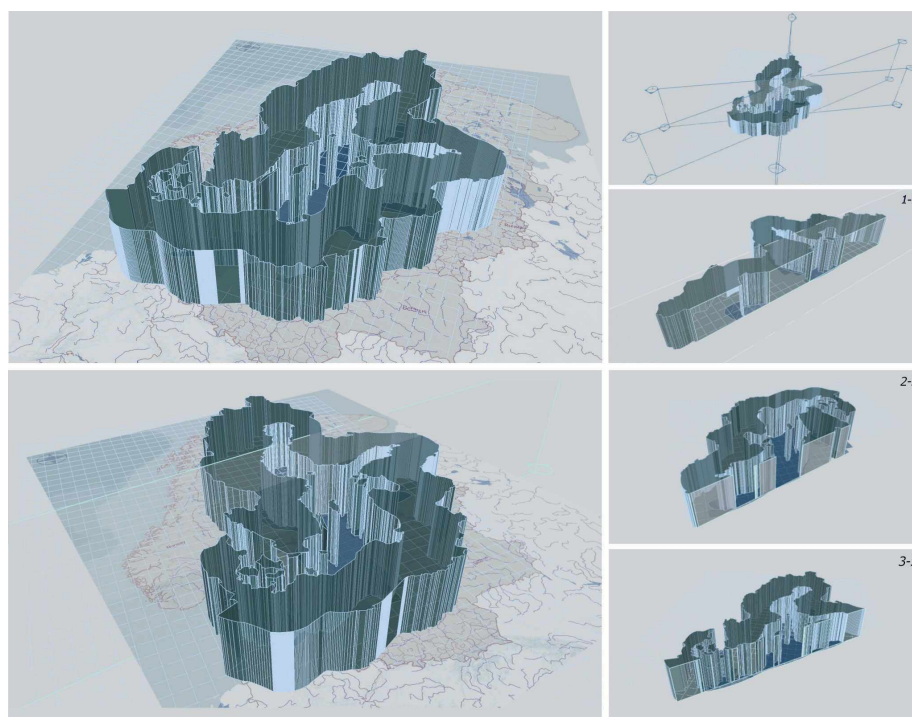


Рис. 9. Базовая цифровая модель «Циркумбалтийского пространства» (предложение автора)

Вывод. Успешная апробация геопространственного подхода к делимитации «Циркумбалтики» методом конструктивного моделирования с опорой на геоисторическую парадигму и концепт геотории позволяет предположить, что подобная методология может быть востребована не только применительно к решению задач комплексных историко-градостроительных исследований внешнего ядра Балтийской морской цивилизации, но и для «решения проблем системной организации пространства» [8] приморских урбанизированных территорий в процессе их пространственного планирования и стратегирования. Результаты исследования могут представлять интерес и для сферы междисциплинарных научно-практических взаимодействий. Именно в этом состоит, на наш взгляд, научно-практическая новизна выполненного исследования. По сути, речь идет о вполне современной концептуально-технологической инновации, которая заключается в обоснованном внедрении в исследовательскую и проектную деятельность вариативного алгоритма изучения геопространственных форм, их стратегирования, планирования, прогнозирования, проектирования: как компонентно ориентированного (территориально-пространственного, акваториально-пространственного, аэроториально-пространственного), так и комплексного (сочетанного) и/или интегративного.

Благодарности. Автор выражает признательность доктору архитектуры, профессору, академику РААСН, Заслуженному архитектору РФ Сергею Дмитриевичу Митягину и кандидату географических наук, доценту Алексею Борисовичу Елацкову за консультации, предоставленные ими в ходе настоящего исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев Г.С. Эпоха викингов в Северной Европе. Историко-археологические очерки. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 286 с.
2. Лебедев Г.С. Varangica в контексте отечественной культуры последних десятилетий // Скандинавские чтения 1998 г. Этнографические и культурно-исторические аспекты. СПб., 1999. С. 5–17.
3. Лебедев Г.С. Балтийская морская цивилизация. Путь из варяг в греки и петербургский миф // IV Плехановские чтения. Историософские проблемы общественных наук на рубеже тысячелетий: вторая половина XIX–XX вв. (Современное видение истории): тезисы докладов. СПб.: Издательство Российской национальной библиотеки, 1996. С. 97–99.
4. Ковалев А.М. Еще раз о формационном и цивилизационном подходах // Общественные науки и современность. 1996. № 1. С. 97–104.
5. Монастырская М.Е. «Циркумбалтийское пространство»: исторические предпосылки и георетико-методологические основы делимитации // Градостроительство и архитектура. 2023. Т.13, № 1. С. 121–134. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.16.
6. Иконников А.В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве. М.: КомКнига, 2006, 352 с.
7. Лубский А.В., Ковалев В.В. Геопространственный подход и геоисторическая парадигма Евразийских исследований // Философия права. 2018. № 1 (84). С. 35–40.
8. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983. 350 с.
9. Елацков А.Б. Территория и пространство: географическая интерпретация // Исследование территориальных систем: теоретические, методические и прикладные аспекты: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Киров: «Лобань», 2012. С. 15–18.
10. Елацков А.Б. Территория и район в географической матрице пространственности // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 3. С. 5–13. DOI: 10.15356/0373-2444-2013-3-5-13.
11. Бакланов П.Я. Морское пространственное планирование: теоретические аспекты // Балтийский регион. 2018. Т. 10. № 2. С. 76–85. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-2-5.
12. Бакланов П.Я. Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности. Владивосток: Дальнаука, 2010. 308 с.
13. Дружинин А.Г. Приморская зона России как общественно-географический феномен: подходы к концептуализации и делимитации // Балтийский регион. 2016. Т. 8. № 2. С. 85–100. DOI: 10.5922/2074-9848-2016-2-5.
14. Федоров Г.М., Кузнецова Т.Ю. Территориальные особенности развития прибрежных микрорайонов Балтийского региона // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 1. С. 137–150. DOI: 10.17059/2019-1-11.
15. Crowell M., Edelman S., Coulton K., McAfee S. How many people live in coastal areas? *Journal of Coastal Research*, 2007, Vol. 23, No. 5, pp. iii-vi. DOI: 10.2112/07a-0017.1
16. Значение слова «территория» [Электронный ресурс]. URL: <http://kartaslov.ru/значение-слова/территория> (дата обращения: 10.07.2022).
17. Территория [Электронный ресурс]. URL: <http://rus-geo-enc.slovaronline.com/12255-территория> (дата обращения: 16.08.2022).
18. Исаченко А.Г. Теория и методология географической науки. М.: Академия, 2004. 400 с.
19. Delaney D. Territory and territoriality. *International Encyclopedia of Human Geography*. Amsterdam: Elsevier, 2009, Vol. 11, pp. 196–208.
20. Бакланов П.Я. Устойчивое развитие приморских регионов: географические и геополитические факторы и ограничения // Балтийский регион. 2022. Т. 14. № 1. С. 4–16. DOI: 10.5922/2079-8555-2022-1-1.
21. Клемешев А.П., Корнеев В.С., Пальмовский Т., Студжиницки Т., Федоров Г.М. Подходы к определению

- понятия «Балтийский регион» // Балтийский регион. 2017. Т. 9. № 4. С. 7–28. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-4-1.
22. Дец И.А. Выделение приморских зон и локализация основных трансграничных приморских кластеров Европы и юго-восточной Азии // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 3. С. 17–30.
23. Гогоберидзе Г.Г., Мамаева М.А. Стратегические возможности экономического развития российских прибрежных зон и морских портово-промышленных комплексов Балтийского моря // Балтийский регион. 2012. № 1 (11). С. 98–109.
24. Официальный сайт Евростат [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Coastal_region (дата обращения: 25.10.2022).
25. Монастырская М.Е. Методические подходы к делимитации «Циркумбалтийского пространства» // Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы истории и теории архитектуры». СПб.: СПбГАСУ, С. 131–134.
26. Федеральный закон РФ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации» от 31 июля 1998 года № 155-ФЗ (в ред. от 28.06.2022) [Электронный ресурс]: URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19643 (дата обращения: 19.07.2022).
27. United Nations Convention on the Law of the Sea [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_f.pdf (дата обращения: 04.12.2022).
28. Федеральный закон РФ «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации» от 17 декабря 1998 года № 191-ФЗ (в ред. от 30.12.2021) [Электронный ресурс]. URL: [consultant.ru/document/cons_doc_LAW_21357](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_21357) (дата обращения: 21.07.2022).
29. United Nations Convention on the Territorial Sea and the Contiguous Zone [Электронный ресурс]. URL: https://www.gc.noaa.gov/documents/8_1_1958_territorial_sea.pdf (дата обращения: 04.12.2022).
30. Пальмовский Т., Тарковский М. Сотрудничество стран региона Балтийского моря в области морского пространственного планирования // Балтийский регион. 2018. Т. 10. № 2. С. 100–113. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-2-7.
31. Колесникова М. Трансграничный контекст морского пространственного планирования в Европейском союзе // Международная жизнь. 2019. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://interaffairs.ru/jauthor/material/2165> (дата обращения: 25.01.2023).
32. Кабелкайте Ю.А. Экологические проблемы и международное сотрудничество в регионе Балтийского моря // География. 2003. № 32 [Электронный ресурс]. URL: <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200303202> (дата обращения: 03.12.2022).
33. Значение слова «аэротория» [Электронный ресурс]. URL: www.kartaslov.ru/значение-слова/аэротория (дата обращения: 12.02.2023).
34. Приложение к Приказу Министра обороны Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации и Российского авиационно-космического агентства «Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации» от 31 марта 2002 г. № 136/42/51 [Электронный ресурс]. URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/006d9fc0b48d6a35ad4d89fa61de9ba9c58a5ec (дата обращения: 21.07.2022).
35. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 08.06.2020) [Электронный ресурс]. URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957 (дата обращения: 22.07.2022).
36. Постановление Правительства Российской Федерации «Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации» от 11 марта 2010 г. № 138 (в ред. Постановления Правительства от 02.12.2020 № 1991) [Электронный ресурс]. URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957 (дата обращения: 21.07.2022).
37. Голицын Г.С., Зайцева Н.А. Атмосфера. Большая российская энциклопедия 2004–2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://bigenc.ru/physics/text/1837660> (дата обращения: 08.12.2022).
38. Балтийская система высот [Электронный ресурс]. URL: <https://ptm01.ru/baltijskaya-sistema-vyisot> (дата обращения: 21.07.2022).
39. Косарева Е.А. Национальные системы высот в геодезии [Электронный ресурс]. URL: https://spravochnick.ru/geodeziya/inzhenernaya_geodeziya/nacionalnye_sistemy_vysot_v_geodezii (дата обращения: 08.12.2022).
40. География Швеции [Электронный ресурс]. URL: <https://swedensights.ru/?s=география+швеции> (дата обращения: 08.12.2022).
41. Самая высокая гора в Швеции потеряла два метра за год [Электронный ресурс]. URL: <https://newscience.ru/samaya-vysokaya-gora-shvecii-poteryala-dva-metra-za-god> (дата обращения: 08.12.2022).
42. Mochere V. Top 20 tallest buildings in Europe 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://victormochere.com/top-20-tallest-buildings-in-europe> (дата обращения: 09.12.2022).
43. Моисеев Ю.М. Пороги неопределенности в системе градостроительного планирования: автореф. дис. ... д. арх. М.: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2017. 48 с.

REFERENCES

1. Lebedev G.S. *Epokha vikingov v Severnoi Evrope. Istoriko-arkheologicheskie ocherki* [The Viking Age in Northern Europe. Historical and archaeological essays]. Leningrad, Publishing House of Leningrad State University, 1985. 286 p.
2. Lebedev G.S. Varangica in the context of Russian culture of the last decades. *Skandinavskie chteniya 1998 g. Etnograficheskie i kul'turno-istoricheskie aspekty* [Scandinavian Readings of 1998. Ethnographic and cultural-historical aspects]. Saint Petersburg, 1999, pp. 5–17. (in Russian)

3. Lebedev G.S. Baltic Sea civilization: The way from the Varangians to the Greeks and the Petersburg myth. *IV Plekhanovskie chteniya. Istoriosofskie problemy obshchestvennykh nauk na rubezhe tysyacheletii: vtoraya polovina XIX–XX vv. (Sovremennoe videnie istorii). Tezisy dokladov* [IV Plekhanov Readings. Historiosophical problems of social sciences at the turn of the millennium: second half of the XIX–XX centuries]. Saint Petersburg, Publishing House of the National Library of Russia, 1996, pp. 97–99. (In Russian).
4. Kovalyov A.M. Once again about the formation and civilizational approaches. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'* [Social Sciences and Contemporary World], 1996, no. 1, pp. 97–104. (in Russian)
5. Monastyrskaya M.E. "Circumbaltian space": historical background and theoretical and methodological foundations of delimitation. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 121–134. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.16
6. Ikonnikov A.V. *Prostranstvo i forma v arkhitekture i gradostroitel'stve* [Space and form in architecture and urban planning]. Moscow, KomKniga, 2006. 352 p.
7. Lubsky A.V., Kovalyov V.V. Geospatial approach and geohistorical paradigm of Eurasian studies. *Filosofiya prava* [Philosophy of Law], 2018, no. 1 (84), pp. 35–40. (in Russian)
8. Alayev E.B. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya. Ponyatiino-terminologicheskii slovar'* [Social-economic geography. Conceptual-terminologic dictionary]. Moscow, Mysl', 1983. 350 p.
9. Elatskov A.B. Territory and space: a geographical interpretation. *Issledovanie territorial'nykh sistem: teoreticheskie, metodicheskie i prikladnye aspekty: materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Studies of territorial systems: theoretical, methodological and applied aspects: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation]. Kirov, Loban', 2012, pp. 15–18. (In Russian).
10. Elatskov A.B. Territory and region in the geographical matrix of spatiality. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Izvestiya RAN. Geographical series], 2013, no. 3, pp. 5–13. (in Russian) DOI: 10.15356/0373-2444-2013-3-5-13
11. Baklanov, P. Ya. Marine spatial planning: theoretical aspects. *Baltiiskii region* [The Baltic Region], 2018, Vol. 10, No. 2, pp. 76–85. (in Russian). DOI: 10.5922/2079-8555-2018-2-5.
12. Baklanov P.Ya. *Pribrzhno-morskoe prirodopol'zovanie: teoriya, indikatory, regional'nye osobennosti* [Coastal and marine environmental management: theory, indicators, and regional specifics]. Vladivostok, Dal'nauka, 2010. 308 p.
13. Druzhinin A.G. Russia's coastal zone as a social and geographic phenomenon: conceptualisation and delimitation. *Baltiiskii region* [The Baltic Region], 2016, vol. 8, no. 2, pp. 85–100. (in Russian) DOI: 10.5922/2074-9848-2016-2-5
14. Fedorov G.M., Kuznetsova T.Yu. The coastal microdistricts of the Baltic Region: the spatial aspects of development. *Ekonomika regiona* [Economy of Regions], 2019, vol. 15, Iss. 1, pp. 137–150. (in Russian) DOI: 10.17059/2019-1-11
15. Crowell M., Edelman S., Coulton K., McAfee S. How many people live in coastal areas? *Journal of Coastal Research*. 2007. V. 23. No. 5. P. iii-vi. DOI: 10.2112/07a-0017.1
16. Meaning of the word "territory". Available at: <http://kartaslov.ru/значение-слова/территория> (accessed 10 July 2022).
17. TERRITORY. Available at: <http://rus-geo-enc.slovaronline.com/12255-территория> (accessed 16 August 2022).
18. Isachenko A.G. *Teoriya i metodologiya geograficheskoi nauki* [Theory and methodology of geographical science]. Moscow, Academia, 2004. 400 p.
19. Delaney D. Territory and territoriality. *International Encyclopedia of Human Geography*. Amsterdam. Elsevier. 2009. V. 11. P. 196–208.
20. Baklanov P.Ya. Sustainable development of coastal regions: geographical and geopolitical factors and limitations. *Baltiiskii region* [The Baltic Region], 2022, vol. 14, no. 1, pp. 4–16. (in Russian) DOI: 10.5922/2079-8555-2022-1-1
21. Klemeshev A.P., Korneevets V.S., Palmowski T., Studzieniecki T., Fedorov G.M. Approaches to the definition of the Baltic Sea Region. *Baltiiskii region* [The Baltic Region], 2017, vol. 9, no. 4, pp. 7–28. (in Russian) DOI: 10.5922/2074-9848-2017-4-1
22. Dets I.A. Designation of coastal areas and localization of main cross-border maritime clusters of Europe and Southeast Asia. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya* [Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology], 2018, vol. 4 (70), no. 3, pp. 17–30. (in Russian)
23. Gogoberidze G.G., Mamaeva M.A. Strategic opportunities for economic development of the Baltic Sea coastal zones and sea industrial and port complexes. *Baltiiskii region* [The Baltic Region], 2012, no. 1(11), pp. 98–109. (in Russian)
24. Eurostat. Glossary: Coastal region. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Coastal_region (accessed 25 October 2022).
25. Monastyrskaya M.E. Methodological approaches to the delimitation of the "Circumbaltian space". *Sbornik dokladov VII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Sovremennye problemy istorii i teorii arkhitektury"* [Collection of reports of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference "Modern problems of history and theory of architecture"]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, pp. 131–134. (In Russian).
26. Federal Law of the Russian Federation "On the Internal Sea Waters, Territorial Sea and Adjacent Zone of the Russian Federation" No. 155_FZ dated July 31, 1998 (as amended on 28.06.2022). Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19643 (accessed 19 July 2022).

27. United Nations Convention on the Law of the Sea. Available at: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_f.pdf (accessed 04 December 2022).
28. Federal Law of the Russian Federation “On the Exclusive Economic Zone of the Russian Federation” No. 191-FZ dated December 17, 1998 (as amended on 30.12.2021). Available at: consultant.ru/document/cons_doc_LAW_21357 (accessed 21 July 2022).
29. United Nations Convention on the Territorial Sea and the Contiguous Zone. Available at: https://www.gc.noaa.gov/documents/8_1_1958_territorial_sea.pdf (accessed 04 December 2022).
30. Palmowski T., Tarkowski M. Baltic cooperation in marine spatial planning. *Baltiiskii region* [The Baltic Region], 2018, vol. 10, no. 2, pp. 100–113. (in Russian) DOI: 10.5922/2079-8555-2018-2-7
31. Kolesnikova M. Cross-border context of maritime spatial planning in the European Union. *Mezhdunarodnaya zhizn'* [The International Affairs], 2019, no. 3. Available at: <https://interaffairs.ru/jauthor/material/2165> (accessed 25 January 2023). (in Russian)
32. Kabelkaite Yu.A. Environmental problems and international cooperation in the Baltic Sea region. *Geografiya* [Geography], 2003, no. 32. Available at: <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200303202> (accessed 03 December 2022). (in Russian)
33. Meaning of the word “aerotory”. Available at: www.kartaslov.ru/значение-слова/аэротория (accessed 12 February 2023).
34. Appendix to Order of the Minister of Defence of the Russian Federation, Ministry of Transport of the Russian Federation, and Russian Aviation and Space Agency “Federal Aviation Regulations for Flights in the Air Space of the Russian Federation” N 136/42/51 dated March 31, 2002. Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/006d9fc0b48d6a35add4d89fa61de9ba9c58a5ec (accessed 21 July 2022).
35. Air Code of the Russian Federation No. 60-FZ dated 19.03.1997 (as amended on 08.06.2020). Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957 (accessed 22 July 2022).
36. Decree of the Government of the Russian Federation “Federal Regulations for the Use of the Air Space of the Russian Federation” No. 138 dated March 11, 2010 (as amended by Decree of the Government No. 1991 dated 02.12.2020). Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957 (accessed 21 July 2022).
37. Golitsyn G.S., Zaitseva N.A. *Atmosfera. Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya 2004–2017* [Atmosphere. Great Russian Encyclopedia 2004–2017]. Available at: <http://bigenc.ru/physics/text/1837660> (accessed 08 December 2022).
38. *Baltiiskaya sistema vysot* [Baltic Height System]. Available at: <https://ptm01.ru/baltiiskaya-sistema-vyisot> (accessed 21 July 2022).
39. Kosareva Ye.A. *Natsional'nye sistemy vysot v geodezii* [National height systems in geodesy]. Available at: https://spravochnik.ru/geodeziya/inzhenernaya_geodeziya/nacionalnye_sistemy_vysot_v_geodezii (accessed 08 December 2022).
40. *Geografiya Shvetsii* [Geography of Sweden]. Available at: <https://swedensights.ru/?s=география+швеции> (accessed 08 December 2022).
41. *Samaya vysokaya gora v Shvetsii poteryala dva metra za god* [The highest Swedish mountain shrinks by two meters in a year]. Available at: <https://new-science.ru/samaya-vysokaya-gora-shvecii-poteryala-dva-metra-za-god> (accessed 08 December 2022).
42. Mochere V. *Top 20 tallest buildings in Europe 2023*. Available at: <https://victormochere.com/top-20-tallest-buildings-in-europe> (accessed 09 December 2022).
43. Moiseev Yu.M. *Porogi neopredelenosti v sisteme gradostroitel'nogo planirovaniya. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni doktora arkhitektury*. Doct. Diss. [Uncertainty thresholds in the system of urban planning. Author's Abstract of DSc Thesis in Architecture. Doct. Diss.]. Moscow, Moscow Architectural Institute, 2017, 48 p.

Об авторе:

МОНАСТЫРСКАЯ Марина Евгеньевна

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного проектирования Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: gradoved@gmail.com

MONASTYRSKAYA Marina Ye.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architectural Design Chair Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, Saint Petersburg, 2-nd Красноармейская str., 4
E-mail: gradoved@gmail.com

Для цитирования: Монастырская М.Е. «Циркумбалтийское пространство»: методологические приоритеты и нормативно-правовые основания делимитации // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 106–119. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.14.

For citation: Monastyrskaja M.E. “Circumbaltic space”: methodological priorities and regulatory grounds for delimitation. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 106–119. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.14.

Е. С. ПОНОМАРЕВ
К. Е. АРСЕНТЬЕВА

ЭВОЛЮЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

EVOLUTION OF DYNAMIC ARCHITECTURE

Рассматриваются первые объекты динамической архитектуры: от передвижных, сборно-разборных элементарных мобильных жилых единиц кочевых народов до первых простейших механизмов подвижных мостов средневековых замков, послужившие толчком к возникновению нового стиля архитектуры будущего – динамической архитектуры. Истоки динамической архитектуры зародились еще во времена зарождения первых цивилизаций. С течением времени и развитием технологий объекты динамической архитектуры претерпели изменения в функциональном назначении, внешнем облике и технологиях. Возможности практического применения динамической архитектуры возросли в современном мире благодаря научно-техническому прогрессу и динамичности образа жизни, которые привнесли изменения во все сферы человеческой деятельности, в том числе и в архитектуру.

Ключевые слова: динамическая архитектура, мобильное жилье, архитектурная трансформация

The article discusses the first objects of dynamic architecture: from mobile, collapsible elementary mobile housing units of nomadic peoples to the first simplest mechanisms of sliding bridges of medieval castles, which served as an impetus for the emergence of a new style of architecture of the future – dynamic architecture. The origins of dynamic architecture originated at the time of the birth of the first civilizations. With the passage of time and the development of technology, the objects of dynamic architecture have undergone a functional purpose, appearance and element of dynamics. The possibilities of practical application of dynamic architecture have increased in the modern world, thanks to scientific and technological progress and dynamic lifestyle, which has led to changes in all spheres of human activity, including architecture.

Keywords: dynamic architecture, mobile housing, architectural transformation

Введение

Динамическая архитектура – это архитектура, способная трансформироваться и перемещаться с помощью изменяемой геометрии внешнего и внутреннего облика объекта, преобразования его объемно-планировочных форм, происходящих на основе планируемых действий. История возникновения динамической архитектуры начинается еще в древние времена. Однако в настоящее время вопрос развития динамической архитектуры довольно актуальный, так как с развитием динамичности образа жизни в современной архитектурной практике все чаще встречаются объекты с подвижными и трансформируемыми элементами, поэтому в области научных исследований, а также в экспериментальном проектировании вопросу динамической архитектурной формы отводится важная роль [1]. Таким образом, многовековой опыт развития динамической архитектуры представляет практический и научный интерес.

Динамические объекты можно разделить на две основные категории: мобильные сооружения и трансформируемые элементы статичных объектов [2].

Самые первые объекты динамической архитектуры были мобильными – это дома кочевых народов, которые появились еще на периферии первых цивилизаций в IV-VIII тыс. до н.э. [3]. С развитием и разрастанием первых городов и поселений появляются трансформируемые элементы – гибкие покрытия улиц, дворов, площадей и амфитеатров, спасающие от жарких солнечных лучей и непогоды. Первые мобильные механизмы появляются в Средневековье, предназначенные в основном для оборонительных целей.

Задачи исследования предполагают выявление развития и дальнейшую эволюцию первых объектов динамической архитектуры, определение принципов их формирования и дальнейшее развитие в современном мире. Данная работа ставит **целью исследования** анализ мирового опыта первых простейших объектов с элементами мобильности и трансформации, послужившие толчком к возникновению архитектуры будущего – динамической архитектуры. Актуальность цели исследования обоснована быстрым и динамичным развитием современной жизни. Чтобы лучше понять при-

чины таких явлений, необходимо провести анализ развития теоретических знаний в данном направлении науки, а также проследить практическое воплощение этих знаний в архитектуре. В работе использованы: аналитический, исследовательский и сравнительный методы. Материалами послужили древние сооружения со свойствами мобильности и трансформации.

Первые мобильные объекты

История развития динамической архитектуры начинается с появлением первого мобильного жилья кочевых народов.

Многие народы мира, такие как монгольские и турецкие племена, народы Северной Африки и Восточной Африки, а также индейские племена Северного и Южного американского континента, никогда не имели связи друг с другом, но несмотря на такой разный образ жизни, строительные материалы и климатические условия, типологию и принципы организации – они проживали во временных переносных жилищах и при этом смогли прийти к одинаковым строительным принципам [3]. Главными качествами такого жилья были: гибкость, адаптивность и быстровозводимость.

Объекты мобильного жилья можно классифицировать в зависимости от продолжительности проживания в нем людей. Таким образом, можно выделить постоянный (гер,

юрты, повозки, кибитки) и временный вид сооружения, который используется периодически или в определенных ситуациях (палатки). В зависимости от типа конструкций, метода транспортирования и монтажа такие дома бывают передвижными и складными. Передвижные – это жилища на колесах, которые могут быть применены во время транспортирования и сразу же по прибытию на место (кибитки, повозки, плавающие дома). Складные – тип мобильного жилища, которое перевозится уже в сложенном виде и используется на месте (палатки, юрты). По форме жилье кочевников имеет шатровую, купольную и конусообразную форму. По способу движения они могут быть: перевозными, самоходными и плавающими [3].

Самое известное жилье кочевников – юрта (рис. 1). Она имеет универсальный характер с различным функциональным назначением: жилым, хозяйственным, культовым или представительским. Юрты, как и большинство домов кочевников, существуют в двух состояниях: либо в собранном и готовом к эксплуатации, либо в походном, т. е. сложенном положении. Они быстро собираются, разбираются и затем перевозятся на дальние расстояния на повозках с помощью животных. В плане юрта представляет собой каркасное и круглое сборно-разборное сооружение радиусом от 6 до 10–12 м. Каркас юрты собирается из решетчатого цилиндра,

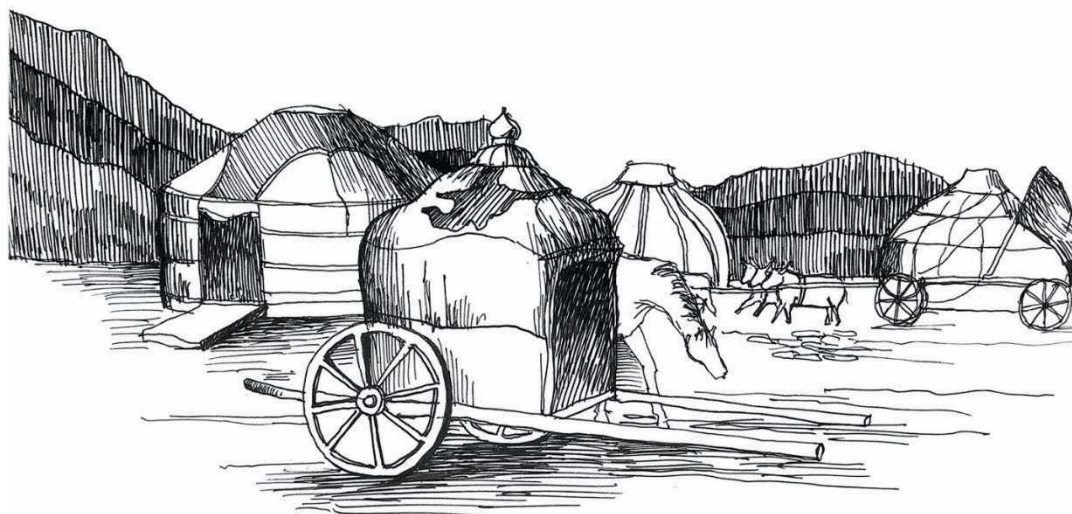


Рис. 1. Изображение жилья кочевых народов: юрты и кибитки¹

¹ Рисунки выполнила Карина Арсентьева

перекрывающегося деревянным куполом с помощью радиально расходящихся конструкций. Затем юрта покрывается войлоком и тканями, которые также могут приподниматься или частично убираться для дополнительной вентиляции в жаркое время года [4]. Наиболее важный этап развития кочевого жилища заключался в переходе к юрте-жилищу с разборно-складными решетчатыми остовами стен. Изобретение юрты связывают с древнетюркской средой, ее создание относят к середине I тысячелетия н. э. Это было существенное достижение культуры кочевников, знаменовавших переход от раннекочевого к позднекочевому этапу развития [6].

Еще один вариант мобильного жилища – «плавающие дома». Они были распространены в странах Ближнего и Среднего Востока. Данные районы обладали обширными водными ресурсами, которые обеспечивали гибкость и неограниченный рост поселения, а улицы такого «городка» не требовали планировок и обновлений, так как обеспечивали свободные коммуникации и вариабельность планировочных решений [7].

Дом на колесах, еще один вид мобильного жилища кочевых народов, был распространен у монголов в XI–XII вв. Это были телеги-кибитки (см. рис. 1), необходимые для быстрого перемещения с места на место из-за многочисленных нападений и набегов. В XIII в. функция кибиток изменилась – они использовались в дальних походах для перегона стада на новые пастбища [8].

Переносными жилищами пользовались и жители Гвинеи, Кении, Вьетнама. В случае переезда на другое место они строили новый дом либо транспортировали его на спинах вьючных животных [3].

С течением времени мобильные переносные дома начали использоваться для военных походов. Так, в начале нашей эры римляне создавали целые временные мобильные города для военных целей. А в XII–XIV вв. Чингисхан и его преемники оборудовали огромные лагеря для походов. Самый большой палаточный лагерь построил Генрих VIII для своей свиты. Это был целый городок, состоящий более чем из 400 роскошных палаток с банкетными залами, капеллами и жилыми помещениями. Палаточный город Генриха VIII отличался большим количеством функциональных возможностей и, в отличие от предшествующих сооружений, имел градообразующую структуру [2].

Несмотря на консервативный характер кочевой архитектуры, она получила дальнейшее развитие в Европе. Один из видов мобильных палаток, дошедших до наших дней, – цирк-шапито. Данное сооружение может быть перене-

сено после окончания представления, т. е. собрано, транспортировано и собрано заново.

Таким образом, в палатках объединились сразу два признака динамической архитектуры – изменяемость и мобильность. Это им позволило сохраниться до нашего времени, получив разные ветви развития и направления. Благодаря незначительной массе, простоте транспортирования и монтажа, палатки сегодня широко применяют для организации крытых пространств различного назначения. Кемпинги, организация различных мероприятий (выставки, фестивали, спортивные соревнования), индустриальные склады – это лишь некоторые области палаточного строительства [9]. В современном мире особое значение быстровозводимое и мобильное жилье приобретает в условиях чрезвычайных ситуаций – при природных катастрофах, военно-политических конфликтах, а также возведении лагерей для беженцев [10].

Первые трансформируемые объекты

Мобильное жилье было не единственной предпосылкой к возникновению динамической архитектуры. Примером второй категории объектов динамической архитектуры, относящихся к ранним историческим примерам, является трансформируемое покрытие. Из истории римской культуры известны примеры использования гибкого материала покрытия в качестве трансформируемого элемента конструкции. Это были тенты, которые покрывали крыши театров и амфитеатров, а по некоторым источникам еще и внутренние дворы, улицы и площади, защищая людей от палящего солнца или непогоды [11]. В Римском Колизее (рис. 2) сохранился верхний ряд камней-держателей с отверстиями, предназначенный для натягивания тента. Трансформируемые крыши многопролетных сооружений, претерпев многочисленные модификации под влиянием времени, дошли и активно используются сегодня.

Современные стадионы зачастую имеют трансформируемые покрытия. Например, Олимпийский стадион «Фишт» в Сочи (рис. 3) имеет подвижную крышу, которая защищает спортивное сооружение от осадков. Еще один стадион – Магнолия, расположенный в Шанхае, имеет раздвижную конструкцию крыши, которая в раскрытом состоянии напоминает очертаниями цветка магнолии – национальный символ города. Крыша стадиона полностью раскрывается за 8 минут [12]. Стадион «Фельтинс-Арена», также имеющий раздвижную крышу, был построен в начале двухтысячных годов в Германии. Еще один известный стадион с трансформируемой крышей – стадион «Уэмбли» в Лондоне,

в 2007 г. [5]. В современном мире появились не только трансформируемые покрытия крыш, но и фасадов. Их основная функция осталась неизменной – защита от палящих лучей солнца и регулирование микроклимата в здании [13].

Первые простейшие механизмы появились в Средние века, которые позволили статичному архитектурному объекту приобрести первые свойства трансформации. Это были раздвижные или подъемные мосты (рис. 4). Многие средневековые замки окружались глубокими рвами от врагов, подступить к замку можно было только через такой подъемный мост, закрепленный канатами или цепями у внешней части стены крепости. В вертикальном положении мост закрывал собой ворота и приводился в движение с помощью механизмов, устроенных внутри стены крепости. Такие сооружения имели оборонительную функцию.

Многопролетные сооружения с элементами динамики в современном мире прико-

вывают внимание людей своей зрелищностью и эстетическими функциями, но основная их функция сегодня – пропускание судов. Например, Дворцовый мост в Санкт-Петербурге каждый год собирает толпы туристов, которые приезжают, чтобы полюбоваться на это зрелищное событие. Несмотря на то, что главная функция моста – пропустить суда, эстетическая составляющая благодаря динамике стала также играть немаловажную роль. Зарубежный аналог Разводного моста в Санкт-Петербурге – мост Миллениум в Англии компании WilkinsonEyre, построенный в 2001 г. (рис. 5) [5].

Среди рукописей и чертежей изобретателя эпохи Возрождения Леонардо да Винчи можно также обнаружить несколько вариантов динамических мостов – это вращающийся однопролетный мост и разборные мосты. Последние можно было легко построить из доступных материалов. Разборные мосты предназначались для военных целей, поэтому были достаточно

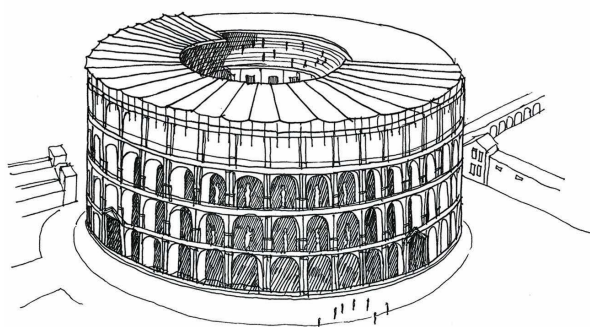


Рис. 2. Тентовое покрытие Колизея

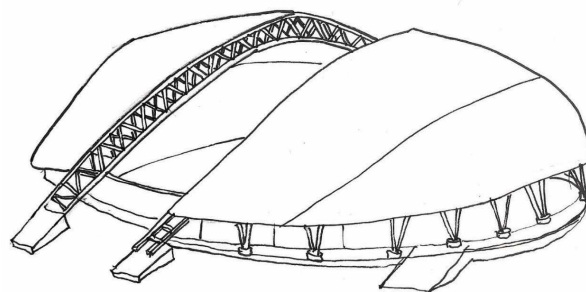


Рис. 3. Стадион Фишт, Сочи, Россия

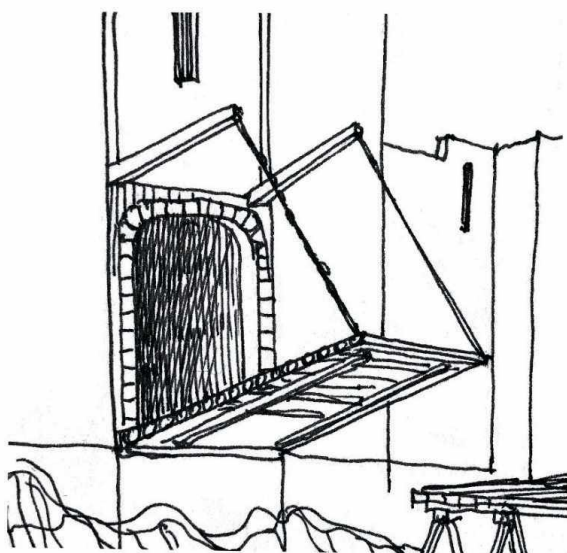


Рис. 4. Подъемный мост средневековых замков

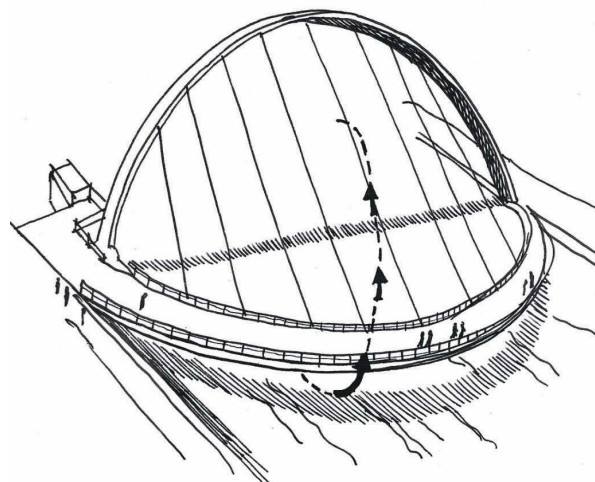


Рис. 5. Мост Миллениум, Англия

легкими для транспортировки, т. е. мобильными. Армия могла перейти через мост, а затем демонтировать его. Вращающийся мост крепился к берегу вертикальным шарниром, с помощью которого мог крутиться на 180 град. В обычном положении мост стоял на берегу. Чтобы обеспечить переправу, его должны были вращать с помощью канатов и лебедки вокруг опоры [14]. Объекты Леонардо да Винчи обладали также простейшими механизмами, с помощью которых статичный предмет становился динамичным (рис. 6).

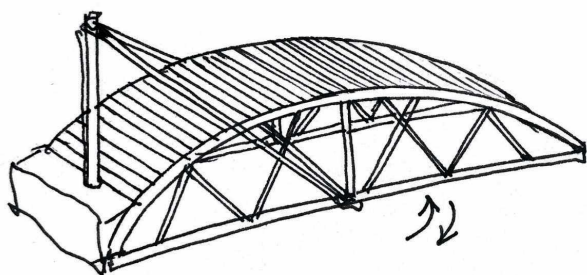


Рис. 6. Поворотный мост Леонардо да Винчи

Современный мир – время развития передовых технологий и инженерных решений. Простые механизмы сменились программированием, с помощью которого статичные объекты становятся подвижными и трансформируемыми. Сегодня изменяемые поверхности появляются в спортивных и мостовых сооружениях, на фасадах в странах с жарким климатом.

Заключение

В предложенном исследовании показано, что первые объекты динамической архитектуры были мобильными. Сегодня они получили разное направление развития и функциональное применение. Первые трансформируемые объекты имели гибкие элементы покрытий для различных сооружений: улиц, площадей, амфитеатров. С развитием технологий они перешли на новый уровень, стали автоматизированными, что можно наблюдать в современных многопролетных сооружениях: спортивных стадионах и разводных мостах. Трансформируемые покрытия также стали вертикальными. Они проявились в кинетических фасадах архитектурных объектов. Первыми динамичными механизмами, придавшими статичному объекту элемент движения, были подъемные мосты средневековых замков. Они были созданы для защиты от неприятеля, но в современном мире эта функция утратилась. Главное назначение современных динамичных мостовых сооружений в настоящее время – пропускание судов.

По результатам исследования представлено следующее:

1. Выявлены первые объекты динамической архитектуры: мобильное жилье кочевых народов, палаточные военные лагеря, трансформируемые гибкие покрытия зданий и сооружений, подвижные мосты.
2. Определено их функциональное назначение и принципы динамики объектов динамической архитектуры, с помощью которых данные объекты можно отнести к динамической архитектуре.
3. Прослежено дальнейшее развитие и эволюция объектов динамической архитектуры в современной интерпретации и функциональное назначение в современном мире.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Запорожец О.Н. От манифеста к тексту // Социологическое обозрение. 2012. №3. С. 164–168.
2. Сапрыкина Н.А. Архитектурная форма: статика и динамика. М.: Стройиздат, 1995. 407 с.
3. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре. М.: Архитектура-С, 2005. 312 с.
4. Шорковиц Д. Мобильность и ограниченная (низкая) мобильность в монгольской империи // Кочевая цивилизация: исторические исследования. 2021. №1. С. 103–113.
5. Кинетическая/динамическая архитектура [Электронный ресурс]. URL: <http://architime.ru/kinarch.htm> (дата обращения: 20.03.2023).
6. Вайнштейн С.И. Мир кочевников Азии. М.: Наука, 1991. 296 с.
7. Майдар Д., Пюрвеев Д. От кочевой до мобильной архитектуры. М.: Стройиздат, 1980. 216 с.
8. Семенов В.С., Акбаралиев Р.Ш. Моделирование гибкой архитектурной среды. Бишкек: КРСУ, 2015. 123 с.
9. Гиззятова А.Р., Краснобаев И.В. Временная архитектура общественного назначения: предпосылки, история, классификация и потенциал современного развития // Известия КГАСУ. 2017. №4(42). С. 85–94.
10. Аширова М.В., Айдарова Г.Н. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций // Современные проблемы истории и теории архитектуры: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конференции; СПбГАСУ. СПб., 2018. 226 с.
11. Дурнева Д.С. Описание первого этапа теоретического исследования по созданию трансформируемых объектов для растущих городов // Architecture and Modern Information Technologies. 2014. №1(26). С. 1–9.
12. Толеп А.Е., Самойлов К.И., Балыкбаев Б.Т. Трансформация и движение в архитектуре: связь между искусством, техникой и технологиями // Наука и образование сегодня. 2020. С. 66–68.

13. Минабутдинова А.Р., Агишева И.Н. Принципы формирования трансформируемого жилого пространства // Известия КГАСУ. 2019. №3(49). С. 62–69.

14. Разборные мосты Леонардо [Электронный ресурс]. URL: <https://biography.wikireading.ru/31712> (дата обращения: 20.03.2023).

REFERENCES

1. Zaporozhets O.N. From manifesto to text. *Sociologicheskoe obozrenie* [Sociological review], 2012, no. 3, pp. 164–168. (in Russian)

2. Saprykina N.A. *Arhitekturnaja forma: statika i dinamika* [Architectural form: static and dynamics]. Moscow, Stroyizdat, 1995. 407 p.

3. Saprykina N.A. *Osnovy dinamicheskogo formoobrazovaniya v arhitekture* [Fundamentals of Dynamic Shaping in Architecture]. Moscow, Architecture-C, 2005. 312 p.

4. Shorkowitz D. Mobility and limited (low) mobility in the Mongol Empire. *Kochevaja civilizacija: istoricheskie issledovaniya* [Nomadic Civilization: Historical Studies], 2021, no. 1, pp. 103–113. (in Russian)

5. Kinetic/dynamic architecture. Available at: <http://architime.ru/kinarch.htm> (accessed 20 March 2023).

6. Vajnshtejn S.I. *Mir kochevnikov Azii* [The World of Asia's Nomads]. Moscow, Nauka, 1991. 296 p.

7. Majdar D., Pjurveev D. *Ot kochevoj do mobil'noj arhitektury* [From nomadic to mobile architecture]. Moscow, Stroyizdat, 1980. 216 p.

8. Semenov V.S., Akbaraliev R.Sh. *Modelirovanie gibkoj arhitekturnoj sredy* [Modeling of flexible architectural environment]. Bishkek, KRSU, 2015. 123 p.

9. Gizzyatova L.R., Krasnobaev I.V. Temporary architecture of public purpose: background, history, classification and potential of modern development. *Izvestija KGASU* [Izvestia KGASU], 2017, no. 4(42), pp. 85–94. (in Russian)

10. Ashirova M.V., Aydarova G.N. Architecture of rapid response: concept of temporary mobile housing in emergency situations. *Sovremennye problemy istorii i teorii arhitektury: materialy IV Vserossijskoj nauch.-prakt. Konferencii* [Modern problems of history and theory of architecture: materials of the IV All-Russian Scientific Practice. conferences]. St. Petersburg, SPbGASU, 2018. P. 226. (In Russian).

11. Durneva D.S. Description of the first stage of theoretical research on the creation of transformable objects for growing cities. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2014, no. 1(26), pp. 1–9.

12. Tolep A.E., Samoilov K.I., Balykbaev B.T. Transformation and movement in architecture: the connection between art, technology and technology. *Nauka i obrazovanie segodnja* [Science and Education Today], 2020, pp. 66–68. (in Russian)

13. Minabutdinova A.R., Agisheva I.N. Principles of Transforming Living Space Formation. *Izvestija KGASU* [Izvestia KGASU], 2019, no. 3(49), pp. 62–69. (in Russian)

14. Leonardo's collapsible bridges. Available at: <https://biography.wikireading.ru/31712> (accessed 20 March 2023).

Об авторах:

ПОНОМАРЕВ Евгений Сергеевич

кандидат архитектуры, доцент кафедры теории и практики архитектуры
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, 1
E-mail: Ponom_argo@mail.ru

АРСЕНТЬЕВА Карина Евгеньевна

архитектор
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, 1
E-mail: karina.arsentyeva2018@yandex.ru

PONOMAREV Evgeny S.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Theory and Practice of Architecture Chair
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1
E-mail: Ponom_argo@mail.ru

ARSENTIEVA Karina Ev.

Architect
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1
E-mail: karina.arsentyeva2018@yandex.ru

Для цитирования: Пономарев Е.С., Арсентьева К.Е. Эволюция динамической архитектуры // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 120–125. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.15.

For citation: Ponomarev E.S., Arsentieva K.E. Evolution of dynamic architecture. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 120–125. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.15.

Н. С. САПРЫКИНА

ВЫДАЮЩИЙСЯ СОВЕТСКИЙ АРХИТЕКТОР ДУБОВ ИВАН НИКОЛАЕВИЧ: НЕИЗВЕСТНЫЕ СТРАНИЦЫ ЖИЗНИ И ТВОРЧЕСТВА (1904–1975)

OUTSTANDING SOVIET ARCHITECT IVAN NIKOLAEVICH DUBOV:
UNKNOWN PAGES OF LIFE AND WORK (1904–1975)

Статья посвящена выдающемуся архитектору советского времени Ивану Николаевичу Дубову, многие постройки которого в городах Иваново и Ярославль сегодня являются памятниками архитектуры, но сведений о жизнедеятельности и перечня работ И.Н. Дубова до сих пор не было. Впервые комплексно в хронологической последовательности рассматривается и оценивается жизнь и творчество архитектора, выявляется специфика его работ, анализируется творческий почерк, раскрываются истоки профессионального успеха. В статье приведены все известные и выявленные на сегодня произведения архитектора-художника, предлагается новая научная информация по советской архитектуре.

Ключевые слова: архитектор, архитектура, жизнь, творчество, автор, стиль, культурное наследие, здание, город, проект, постройка

Сегодня о многих региональных авторах выдающихся построек советского времени практически нет никакой информации. Таким малоизвестным архитектором с узнаваемым творческим почерком является Иван Николаевич Дубов (рис. 1). В путеводителях и книгах по истории г. Ярославля он упоминается как автор трех жилых домов, построенных во второй половине 1930-х гг., в том числе включенных в список объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) регионального значения [1]. Больше информации о нем практически нет, архив ГАЯО позволил обнаружить только следующие сведения об его деятельности в Ярославле:

– с 19.12.1936 по 05.07. 1940 гг. входил в правление Ярославского отделения Союза советских архитекторов, а 5 июля 1940 г. был избран в ревизионную комиссию (вместе с председателем комиссии Яковлевым и Брылевым) [2];

– участвовал в закрытом конкурсе на проект гостиницы «Ярославль» на Театральной площади в 1936 г., проект «Окружность» автора Дубова удостоен второй премии [3].

В ходе изучения архитектуры г. Иваново автору статьи также встретилось упомина-

The article is devoted to the outstanding architect of the Soviet era in Ivanovo and Yaroslavl, many of whose buildings in these cities are now monuments of architecture, but there is still no information about the life and list of works of I.N. Dubov. For the first time in a comprehensive chronological sequence of examines and evaluates the life and work of the architect, reveals the specificity of his work, analyzes the creative handwriting, reveals the origins of professional success. The work cites all the known and identified to date works of the architect-artist, introducing new scientific information on Soviet architecture.

Keywords: architect, architecture, life, creativity, author, style, cultural heritage, building, city, project, construction



Рис. 1. Дубов Иван Николаевич

ние фамилии архитектора Дубова, что побудило его собрать сведения о нем, изучить архитектурные произведения, реализованные на родине первого Совета с целью установления возможности того, что это один и тот же специалист. Фрагментарные находки в личных архивах, интернет-ресурсах, архивах разных городов позволили подтвердить данный факт и благодаря этому приоткрыть страницы жизнедеятельности выдающегося архитектора, выстроить первую укрупненную версию событий, наметить творческий портрет.

Установлено, что Иван Николаевич родился 19 апреля 1904 г. в древнем русском селе Писцово Нерехтского уезда Костромской губернии (совр. Ивановской области). Где и как рос Иван Николаевич пока неизвестно, но однозначно, что он получил достойное образование, так как поступил в 1925 г. на архитектурный факультет Высшего художественно-технического института (ВХУТЕИН, ЛВХТИ) в Ленинграде, который окончил в 1930 г., получив «Свидетельство об окончании института». К сожалению, название дипломной работы в документах архива Академии художеств Санкт-Петербурга отсутствует, но известно, что И.Н. Дубову присвоено звание архитектора-художника [4].

Среди преподавателей ЛВХТИ (ВХУТЕИН) периода 1920-х значатся А.Е. Белогруд, Л.Н. Бенуа, И.А. Фомин, В.А. Шуко, В.Г. Гельфрейх, С.С. Серафимов и другие известные педагоги-архитекторы и практики, многие из которых в 1930-х переехали в Москву, чтобы работать в мастерских Моссовета, проектируя облик новой столицы советского государства. Выпуск 1930 г. также был весьма примечательным, этот год стал особым для вуза – последним в «ранге» ВХУТЕИНа с выпуском архитекторов [5]. Среди студентов, обучавшихся на одном курсе с И.Н. Дубовым, числился Л.Е. Асс (1907–1980), много лет проработавший главным архитектором Ленинградской области [6]. На этом же потоке учился М.А. Минкус (1905–1963), соавтор известного проекта высотного здания Министерства Иностранных дел СССР на Смоленской площади, удостоенного Сталинской премии 1-й степени (совместно с В.Г. Гельфрейхом, 1949) [7]. Еще одним лауреатом Сталинской премии 1-й степени (1949), а также Ленинской премии (1959) стал сокурсник И.Е. Рожин, который получил в разное время звания заслуженного и народного архитектора СССР, участвовал в разработке известного проекта Дворца Советов в Москве (1932–1933, совместно с В.Г. Гельфрейхом, В.А. Шуко и др.) [8]. Принимая во внимание уровень педагогического состава и достижения сокурсников, можно смело утверждать, что все выпускники

1930 г. получили высококлассную профессиональную подготовку, многие из них уехали на работу в регионы, где массово строились новые заводы и фабрики, возводились и реконструировались города и поселки, туда, где они были крайне необходимы.

Установлено, что после окончания института молодой специалист вернулся в родной край, в г. Иваново-Вознесенск, где начал свою профессиональную деятельность. Это был период мощного и поступательного развития «ситцевого края», превращения русской глубинки в «третью пролетарскую столицу», а город стал главной экспериментальной площадкой для ведущих архитекторов страны, проведения конкурсов, отработки новых типов зданий. В качестве авторов проектов здесь встречаются имена И.А. Фомина, А.В. Разова, А.В. Власова, И.Н. Голосова, братьев Весниных и многих других [9].

Одним из первых реализованных проектов архитектора-художника для Иваново-Вознесенска стал 32-квартирный жилой дом для работников фабрики «Красная Талка» (ул. Сосновая, 1/12; 1933–1935). Многие критики и историки архитектуры отмечают, что данный объект является одним из «наиболее характерных примеров местной архитектуры конструктивизма начала 1930-х гг.», демонстрируя этим мастерство автора, который не просто создал еще один жилой дом в стиле конструктивизма для «новой пролетарской столицы», но почувствовал и отразил региональную специфику в облике здания, органично вписал его в существующий контекст [10]. И это неслучайно, так как воспитанный в духе авангардных традиций И. Н. Дубов свободно владел основами проектирования неординарных и ярких композиций, четко выверенных планов, удовлетворяющих тем функциональным процессам, для которых они предназначались. Экспериментальное проектирование новых типологических объектов для советского государства (клубы и театры, дома для рабочих и дома-коммуны, лыжная станция и гаражи, кирпичный, стекольный заводы, кинофабрика и др.) в студенческие годы с ярким конструктивистским обликом неизбежно наложило отпечаток и сформировало определенный взгляд на современную архитектуру, повлияло на выработку концепций будущих проектов [11]. Но «ивановские корни» позволили лучше почувствовать среду города и переосмыслить универсальные принципы и приемы актуального стиля сквозь призму местных традиций (рис. 2).

Известно, что строительство велось по заказу треста «Ивтекстиль» для рабочих фабрики. Сегодня данная постройка является выявленным

объектом культурного наследия – Распоряжение Департамента культуры и культурного наследия Выявленный объект культурного наследия Ивановской области от 18.06.2009 № 70 [12].

Следующие годы деятельности, начиная с 1934-го, были связаны с г. Ярославлем согласно сведениям недавно обнаруженного архива завода СК-1, находящегося в настоящее время в частных руках. Известно, что в январе 1929 г. Ярославская губерния (вместе с Костромской и Владимирской) вошла в состав Ивановской Промышленной области (ИПО), откуда была выделена в самостоятельную область в марте 1936 г. Поэтому связь между территориями была очень тесной, отделение Союза архитекторов общим, и объяснимо, что И.Н. Дубов мог принять предложение о переводе его на работу в Ярославль. Его фамилия фигурирует в это время в проектной документации «Ярославского отделения Ивоблпроекттреста» как архитектора-проектировщика (вместе с руководителем конторы Ю.П. Боровским). Одновременно он расписывается и в штампах чертежей проектного отдела «Завода №1 Главкаучука (НКТП СССР)» как архитектор-автор проектов, которыми он занимался в середине 1930-х гг. Вероятно, создавая проекты по заказу завода СК-1 в областном проектно-тресте, он продолжал их дорабатывать на стадии технических проектов уже в проектно-отделе завода в качестве авторского надзора, постоянно курируя процесс и прорабатывая дополнительные решения, фрагменты, детали, шаблоны.

Первым объектом Ярославля для архитектора-художника стал 130-квартирный жилой дом (пр. Октября, 34/21; ранние подписи на чертежах датируются августом 1934 г.), проект которого дорабатывался вплоть до 1937 г., когда архитектор занимался интерьерами магазина, отдельными столярными изделиями и др. (рис. 3). С одной стороны, здание имеет характерную для конструктивизма объемно-пространственную структуру и типичные элементы: квадратные окна, легкие балконы, треугольные эркеры на боковых фасадах с горизонтальным ленточным рельефом и расколоровкой, подчеркивающей простоту геометрической формы без излишнего декора. С другой – использованы высокие на четыре этажа упрощенные (без энтазиса, баз и капителей) полуколонны, украшающие главную дутообразную часть фасада, а также рустовка первого этажа, профильные карнизы с высоким парапетом угловой части, имитирующим аттиковый этаж. В подобном решении явно ощущается школа И.А. Фомина (преподавателя И.Н. Дубова) с его творческой концепцией «пролетарской классики», ставшего одним из наиболее влиятельных лидеров постконструктивизма.



Рис. 2. 32-квартирный жилой дом для работников фабрики «Красная Талка», ул. Сосновая, 1/12, г. Иваново (1933–1935)



Рис. 3. 130-квартирный жилой дом, пр. Октября, 34/21, г. Ярославль (1934–1937)

Постконструктивизм в середине 1930-х гг. доминировал в стране, при этом уровень «возможностей выбора» регионального архитектора, несмотря на диплом Ленинградского ВХУТЕИНа (1925–1930), не позволял ему думать об иных стилистических предпочтениях в архитектурном творчестве. Практически параллельно с жилым домом И.Н. Дубов разрабатывает еще несколько проектов для завода СК-1 в разных частях города в характерных формах и приемах постконструктивизма:

– проекты трехэтажных 18- и 38-квартирных жилых зданий завода СК-1 в квартале около церкви Николы Надеина (ул. Волкова, 2/4, Волжская набережная, 25/22; 1935–1937, проекты ограды и ворот; 1939–1941) (рис. 4);

– проект здания Автогаража для завода СК-1 на 25 автомашин (пр. Октября, 86; 1935–1938, выявлен недавно согласно архивным данным) (рис. 5);

– проект здания проходной завода СК-1 (пр. Октября, 78Г; середина 1930-х, предположительно авторства И.Н. Дубова, что основано на аналитическом сравнении архитектурных произведений и сопоставлении датировок) [13] (рис. 6).



Рис. 4. Автогараж для завода СК-1, пр. Октября, 86, г. Ярославль (1935–1938)



Рис. 5. Здание проходной завода СК-1, пр. Октября, 78Г, г. Ярославль (середина 1930-х)



Рис. 6. 38-квартирный жилой дом завода СК-1, Волжская набережная, 25/22, г. Ярославль (1935–1937)

Для всех них характерны следующие решения:

- композиция здания определяется строгой симметрией, подчеркнутой осью центральных входов-проходов;
- общее формообразование строится на четкой геометрии элементов композиции, кон-

трасте прямоугольных и круглых форм, что напоминает авангардные решения выдающихся архитекторов XX столетия;

- однотипные членения стены по горизонтали и по вертикали;

- оформление фасадов отличается наличием и строгой симметрией расположения как неоклассических деталей (карнизов несложного очертания, аттика, полуколонн, сандриков, полукруглого завершения окон-дверей и др.), так и конструктивистских элементов (круглых и квадратных ниш и проемов, ритмического ряда прямоугольных окон с модульной разрезкой).

Все здания отличают уникальные элементы художественно-тектонической пластики и декоративной обработки фасадов, свойственные творчеству Дубова: характерные пропорции аттика, подчеркивающие геометрию объема, создающие иллюзию плоской кровли, и профили карнизов; выступающие перспективные порталы входов/арок; выступающие портики, имеющие по две полуколонны с характерными пропорциями и завершениями, и др.

Окончательным переломом в стилистических тенденциях архитектора стало участие в конкурсе на проект гостиницы в Ярославле с девизом «Окружность», где явным предпочтением жюри были проекты в характерных приемах неоклассицизма. И.Н. Дубов получил вторую премию именно за архитектурное оформление здания, которое производило «приятное впечатление» на членов жюри («чувствуется напыщенность»), но вот принятая форма кариатид была «политически не верна». Проекты, выполненные в стиле «коробочной архитектуры», вообще не рассматривались жюри как претенденты на победу [14].

Последняя известная постройка И.Н. Дубова в Ярославле – пятиэтажный жилой дом портовых рабочих Ярославской пристани в историческом центре города, выполненный в характерной неоклассической стилистике, что соответствовало требованиям времени и отражало эволюцию творческого процесса мастера (ул. Советская, 12; 1941). Это здание стало своеобразным завершающим аккордом ансамбля Красной площади, а сложное градостроительное положение предопределило создание многоосной симметрии в композиции фасадов, некоторую немасштабность отдельных элементов, призванных подчеркнуть многозначительность ситуации. В проекте более активно прозвучала тема «большого ордера» со всеми атрибутами коринфского ордера. Характерные симметричные ризалиты окаймляют протяженный фасад и угловую фронтальную проекцию, дополнительно подчеркивая основные оси симметрии здания вместе с боль-

шой проходной аркой на два этажа со стороны улицы Первомайской. Появляются новые декоративные элементы в оформлении здания: балюстрада ограждений балконов, кессоны цилиндрического свода арочного проема и низа полукруглых балконных плит, элементы растительного орнамента и др. (рис. 7).

Из базы данных «Жертвы политического террора в СССР. Книга памяти Ивановской области» установлено, что архитектор был репрессирован. Вполне вероятно, что это последствия работы с заводом СК-1, так как в 1936–1939 гг. многие ведущие работники Резинокомбината и завода СК-1 подверглись подобной участи, в том числе руководители стройки и завода Л.Т. Стреж, В.А. Дундяков, инженер К.И. Душин (подпись которого есть на чертежах проектов Дубова) [15].

После освобождения архитектор вернулся на родину (рубеж 1940-1950-х). Несмотря на судимость по политической статье, И.Н. Дубов нашел поддержку и работу в г. Иваново, которому остро требовались квалифицированные кадры в послевоенное время. Известно, что архитектор Герман Константинович Ливанов, выпускник Ленинградской архитектурной школы (ЛИКС, 1931), принимал на работу в свою мастерскую оказавшихся в подобном положении коллег («на свой страх и риск» – по воспоминаниям сына архитектора А.И. Толстопова) [16]. В период с 1953 по 1957 гг. им были выполнены совместные проекты с И.Н. Дубовым:

- реконструкция здания (фасадов) сельскохозяйственного института (ул. Степанова, 13/6; 1953–1955) (рис. 8);

- пристройка к 52-квартирному жилому дому, выполненному по проекту Ливанова (1953–1959), клуб машиностроителей завода Ивтекмаш по проекту И.Н. Дубова (ул. Ленина, 73; 1955–1957) (рис. 9) [17].

Установлено, что в 1950-е – начале 1960-х гг. архитектором были спроектированы и построены крупные объекты (жилые и общественные здания) в г. Иваново в традициях архитектуры сталинского неклассицизма:

- здание учебно-производственного объединения Всероссийского общества глухих ВОГ (ул. Постышева, 55; 1950-е) И.Н. Дубов впервые оформил новым элементом – треугольным разорванным фронтоном, который сместил к углу здания (перекрестку улиц), в остальном использовал вполне узнаваемые приемы и детали: ритм пилястр на всю высоту здания, рамки-ниши вокруг оконных проемов, характерный профиль карниза;

- 64-квартирный пятиэтажный жилой дом горсовета (пр. Ленина, 88; 1953 – начало 1960-х) закрепил перекресток главных улиц



Рис. 7. Жилой дом портовых рабочих Ярославской пристани, ул. Советская, 12, г. Ярославль (1941)



Рис. 8. Сельскохозяйственный институт, ул. Степанова, 13/6, г. Иваново, (совм. с арх. Г.К. Ливановым, 1953-1955)



Рис. 9. Здание клуба машиностроителей завода Ивтекмаш, пр. Ленина, 73, г. Иваново (1955–1957)

города (пр. Ленина и ул. Громобоя). Архитектор и здесь использовал характерные для него решения: акцентирующие углы здания ризалиты со сдвоенными пилястрами, в том числе оформленные композитным ордером с каннелюрами, рустовку нижних ярусов здания.

Как отголосок идеи дома И.В. Жолтовского на Смоленской площади в Москве (1952) на фасаде появился ритм декоративных «пятен», артикулирующих фронтальную композицию главных фасадов (рис. 10);

– 79-квартирный пятиэтажный жилой дом Меланжевого комбината (пр. Ленина, 11; 1950-е – 1961) стал вторым объектом, где автор использовал «тему Жолтовского» – похожую орнаментально-пластическую трактовку композиции фасадов. Помимо декоративных «пятен», развитого и массивного венчающего карниза с декоративными кронштейнами и модульонами, рустованной поверхностью нижних ярусов, он дополнительно оформил наличники окон, вертикальные простенки флористическими и символическими барельефами, характерными для темы сталинского ампира (венки, гирлянды, звезды, ленты), прорисовал композиционный ордер более сложного формообразования (рис. 11);

– Дом культуры завода «Ивторфмаш» (ул. Фрунзе, 9; строительство закончено в 1962 г.) – это характерное для данного времени клубное здание (в основе лежит типовый проект архитектора К.К. Бартошевича) в авторской обработке и привязке по месту с декоративными элементами ограждения территории.

В 1965 г. был достроен корпус музыкального училища (ул. Советская, 9). Это последняя известная работа И.Н. Дубова, которая предусматривала расширение существующего музыкального училища (бывш. усадьба XIX в. Ф.Н. Витова). Архитектор встроил исторический объект в структуру нового трехэтажного здания, оформил его в традициях «сталинского неоклассицизма» со всеми присущими автору решениями (характерной композицией, деталями), но уже более простой декоративно-пластической системой декора, так как в процессе реализации проекта началась эпоха «ликвидации излишеств в архитектуре» (рис. 12).

В 1975 г. архитектор завершил свой жизненный путь, но остался яркий след его творческой деятельности в каменной летописи Ярославля и Иваново, многие его постройки сегодня – памятники историко-культурного наследия. Данную версию биографии и творческого пути выдающегося советского архитектора И.Н. Дубова предстоит еще дополнить, уточнить, выявить новые факты и источники. Но уже сегодня понятен масштаб таланта его личности:

– смелый и одновременно продуманный подход, основанный как на знаниях-навыках, приобретенных в ЛВХТИ (ВХУТЕИН), общих тенденциях и установках времени, так и в поис-



Рис. 10. 64-квартирный пятиэтажный жилой дом горсовета, пр. Ленина, 88, г. Иваново (1953 – начало 1960-х)

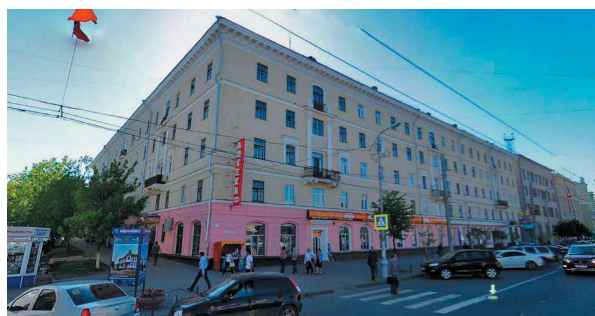


Рис. 11. 79-квартирный пятиэтажный жилой дом Меланжевого комбината, пр. Ленина, 11, г. Иваново (1950-е – 1961)



Рис. 12. Корпус музыкального училища, ул. Советская, 9, г. Иваново (первая половина 1960-х)

как регионального подтекста в архитектурных решениях;

– индивидуальность профессионального «почерка» в произведениях, выраженного в наборе предпочитаемых композиционных принципов, архитектурных элементов и деталей;

– разный художественный подход к поискам архитектурного образа различных типологических объектов, тщательная проработка всех фрагментов и частей архитектурного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Список ОКН регионального значения 10.01.2023 // Департамент охраны объектов культурного наследия Ярославской области [Электронный ресурс]. URL: https://www.yarregion.ru/depts/dookn/tmpPages/objects_EGROKN.aspx (дата обращения: 05.02.2023).
2. ГАЯО. Ф. Р-113. Оп. 1 Д. 3. Л. 32, 32 об. [GAYAO «Gosudarstvennyj Arkhiv Yaroslavskoj Oblasti. F. R-113. In.1. C. 3. L. 32.
3. ГАЯО. Ф. Р-113. Оп.1. Д. 15.
4. Юбилейный справочник выпускников Санкт-Петербургского государственного академического института живописи, скульптуры и архитектуры имени И.Е. Репина Российской Академии художеств. 1915–2005 / авт.-сост. С.Б. Алексеева; научн. ред. Ю.Г. Бобров. СПб., 2007. 792 с.
5. Лисовский В.Г. Академическая архитектурная школа. Проблема стилистической самоидентификации // Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2019. Т.9. №1. С. 145–179. DOI: 10.21638/spbu15.2019.108.
6. Исаченко В.Г. Зодчие Санкт-Петербурга. XX век. Санкт-Петербург. СПб.: Лениздат, 2000. 714 с.: ил.
7. Варзар Л.В., Яралов Ю.С. М.А. Минкус. М.: Стройиздат, 1982. 136 с.: ил.
8. Великанов А. Памяти И.Е. Рожина // Архитектурный Вестник. 2006. Т.88. №1. С.20.
9. Глебов Ю.Ф., Лешуков Т.Н. Иваново. Путеводитель. Ярославль: Верх.-Волж. кн. изд-во, 1981. 256 с.
10. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России: Ивановская область. Ч.1. М.: Наука, 1998. 526 с.
11. Академия художеств, архитектурный факультет: сборник композиционных работ студентов. Л.: Издание Ленинградской Академии художеств, 1929. 72 с.
12. Перечень объектов культурного наследия, расположенных на территории Ивановской области. Редакция 15.07.2021 // Комитет Ивановской области по государственной охране объектов культурного наследия [Электронный ресурс]. URL:<http://nasledie.ivanovoobl.ru/upload/medialibrary/357/Перечень%20объектов%20культурного%20наследия%20от%2014.07.2021.pdf> (дата обращения: 05.02.2023).
13. Архив Ярославского Завода СК-1 // Личный архив С.И. Тараева.
14. ГАЯО. Ф. Р-113. Оп.1. Д. 15. Л. 5.
15. Книга памяти Ивановской области. Иваново: Ивановская газета, 1997. Т.6. 240 с.
16. Толстопятов А. Архитектор Иванова // Рабочий край. 2017, 19 апреля.
17. Тихомиров А.М. Иваново. Иваново-Вознесенск. Путеводитель сквозь времена. Иваново: ИД Референт, 2011. 328 с.: ил.

REFERENCES

1. List of OKN of regional significance 10.01.2023. Department for the Protection of Cultural Heritage

Sites of the Yaroslavl Region. Available at: https://www.yarregion.ru/depts/dookn/tmpPages/objects_EGROKN.aspx (accessed 05 February 2023).

2. GAYAO. F. R-113. Op. 1 D. 3. L. 32, 32 vol. [GAYAO «Gosudarstvennyj Arkhiv Yaroslavskoj Oblasti». F. R-113. I.1. C. 3. L. 32.
3. GAYAO. F. R-113. Op.1. D. 15.
4. Alekseeva S.B. *Jubilejnyj spravocnik vypusnikov Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo akademicheskogo instituta zhivopisi, skul'ptury i arhitektury imeni I.E. Repina Rossijskoj Akademii hudozhestv. 1915–2005* [Anniversary directory of graduates of the St. Petersburg State Academic Institute of Painting, Sculpture and Architecture named after I.E. Repin of the Russian Academy of Arts. 1915–2005]. St. Petersburg, 2007. 792 p.
5. Lisovsky V.G. Academic School of Architecture. The problem of stylistic self-identification. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Iskusstvovedenie* [Bulletin of St. Petersburg University. Art criticism], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 145–179. (in Russian) DOI: 10.21638/spbu15.2019.108
6. Isachenko V.G. *Zodchie Sankt-Peterburga. XX vek* [Architects of St. Petersburg. 20th century]. St. Petersburg, Lenizdat, 2000. 714 p.
7. Varzar L.V., Jaralov Ju.S. M.A. *Minkus* [Minkus]. Moscow, Stroyizdat, 1982. 136 p.
8. Velikanov A. in memory of I.E. Rozhin. *Arhitekturnyj Vestnik* [Architectural Herald], 2006, vol. 1, P. 20. (in Russian)
9. Glebov Ju.F., Leshukov T.N. *Ivanovo. Putevoditel'* [Ivanovo. Guide]. Yaroslavl. Verkh.-Volzh. Prince publishing house, 1981. 256 p.
10. *Svod pamjatnikov arhitektury i monumental'nogo iskusstva Rossii: Ivanovskaja oblast'* [Set of monuments of architecture and monumental art of Russia: Ivanovo region]. Moscow, Scienceб 1998. 526 p.
11. *Akademija hudozhestv, arhitekturnyj fakul'tet: sbornik kompozicionnyh rabot studentov* [Academy of Arts, Faculty of Architecture: collection of compositional works of students]. Leningrad, Publication of the Leningrad Academy of Arts, 1929. 72 p.
12. List of cultural heritage sites located in the Ivanovo region. Revision 15.07.2021. Committee of the Ivanovo Region on State Protection of Cultural Heritage Sites. Available at: <http://nasledie.ivanovoobl.ru/upload/medialibrary/357/Перечень%20объектов%20культурного%20наследия%20от%2014.07.2021.pdf> (accessed 05 February 2023).
13. Archive of the Yaroslavl Plant SK-1. Personal archive of S.I. Taraev.
14. GAYAO. F. R-113. Op.1. D. 15. L. 5.
15. *Kniga pamjati Ivanovskoj oblasti* [Book of Memory of the Ivanovo Region]. Ivanovo, Ivanovo newspaper, 1997, V. 6. 240 p.
16. Tolstopyatov A. Architect Ivanova. *Rabochij kraj* [Working edge], 2017.
17. Tihomirov A.M. *Ivanovo. Ivanovo-Voznesensk. Putevoditel' skvoz' vremena* [Ivanovo. Ivanovo-Voznesensk. A Guide Through Times]. Ivanovo, ED Referent, 2011. 328 p.

Об авторе:

САПРЫКИНА Наталья Сергеевна

доктор архитектуры, доцент, заведующая кафедрой градостроительства,
член Союза архитекторов России, Советник РААСН
Международная академия бизнеса
и новых технологий
150999, Россия, г. Ярославль, ул. Советская, 80,
тел. 8 800 700 1600, доб. 2510
E-mail: saprykinans@edu.mubint.ru

SAPRYKINA Natalya S.,

Doctor of Architecture, Associate Professor, Head
of the Urban Planning Chair
Member of the Union of Architects of Russia,
Advisor to RAASN
International Academy of Business and New Technologies
150999, Russia, Yaroslavl, Soviet str., 80
tel. 8 800 700 1600, ext. 2510
E-mail: saprykinans@edu.mubint.ru

Для цитирования: Сапрыкина Н.С. Выдающийся советский архитектор Дубов Иван Николаевич: неизвестные страницы жизни и творчества (1904–1975) // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 126–133. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.16.

For citation: Saprykina N.S. Outstanding soviet architect Ivan Nikolaevich Dubov: unknown pages of life and work (1904–1975). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 126–133. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.16.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.17

Э. В. ДАНИЛОВА

КОНЦЕПЦИЯ И МАТЕРИАЛ В АРХИТЕКТУРЕ ЖАКА ГЕРЦОГА И ПЬЕРА ДЕ МЕРОНА

CONCEPT AND MATERIAL IN THE ARCHITECTURE
OF JACQUES HERZOG AND PIERRE DE MEURON

Статья посвящена раннему периоду архитектурного творчества швейцарских архитекторов. Именно в это время Жак Герцог и Пьер де Мерон разрабатывают свой подход к проектированию, который и становится объектом исследования в данной работе. В статье описываются истоки концептуального мышления архитекторов, устанавливается роль урбанистической, образовательной и культурной среды в формировании архитектурных представлений и профессионального инструментария. Особое внимание уделяется специфике концепций в архитектурных проектах Герцога и де Мерона, отдельным методам и приемам, которые использовали архитекторы в проектировании камерных объектов, редукции пластического языка, изобретению оболочки и текстуры материала. Рассматривается одиннадцать примеров, являющихся сегодня признанными памятниками современной архитектуры, в которых наиболее ярко проявился уникальный вклад архитекторов в развитие дисциплины и профессии.

Ключевые слова: искусство, концепция, контекст, материальность, фактура, серия, конкретное и универсальное, традиция и современность

Сегодня, когда время грандиозных архитектурных блокбастеров и звездных архитекторов постепенно ушло, особое значение приобретают небольшие объекты, в которых минимальными средствами создано архитектурное качество [1]. Актуальность маленьких объектов связана не только с сокращением бюджетов на архитектуру, но с их способностью становиться концентрацией художественной выразительности, кото-

The article is devoted to the early period of architectural oeuvre of Swiss architects. It was at this time that Jacques Herzog and Pierre de Meuron developed their own approach to design, which becomes the object of study in this work. The article describes the origins of the conceptual thinking of architects, establishes the role of the urban, educational and cultural environment in the formation of architectural ideas and professional tools. Particular attention is paid to the specifics of the concepts in the architectural projects of Herzog and de Meuron, individual methods and techniques that architects used in the design of small objects, the reduction of plastic language, the invention of the envelope and material texture. Eleven examples are considered, which are today recognized monuments of contemporary architecture, in which the unique contribution of architects to the development of discipline and profession was most clearly manifested.

Keywords: art, concept, context, materiality, texture, series, concrete and universal, tradition and modernity

рая утрачивается в большом масштабе. В таких объектах внимание зрителя приковано к деталям и фактурам в отличие от подавляющих перспектив и подавляющей массы архитектуры гигантизма [2]. С этой точки зрения вновь в фокусе оказывается архитектура, чья цель заключалась в том, чтобы противостоять внешним эффектам, затмевающим смысл дисциплины. Один из лучших примеров такой архитектуры можно найти

в раннем творчестве швейцарских архитекторов Жака Герцога и Пьера де Мерона. Их архитектура родилась не только из объективных ограничений молодых архитекторов с точки зрения типологии и возможного заказа, но из сознательного протеста против растущей формальной избыточности позднего постмодернизма. Их работы радикально отличались как от исторических реминисценций, так и от деконструктивистских абстракций 1980-х гг. Сегодня постройки Герцога и де Мерона этого периода выглядят еще более актуальными, чем это было в свое время. Множество приемов работы с конструкцией и материалом, развитых в процессе их концептуального подхода, стали распространёнными в современной архитектуре. Все это позволяет вновь обратиться к истокам радикальной материальности маленьких объектов и пересмотреть заново архитектурные ценности, привнесенные этими архитекторами.

Истоки

Творчество Жака Герцога и Пьера де Мерона тесно связано с Базелем. В этом городе они родились, здесь находится их главный офис. Урбанистическая структура и культура Базеля оказали большое влияние на них, определив особенности архитектурного подхода и восприятия. Базель – приграничный город, в котором говорят на трех языках. Архитектура города неоднородна: в нем есть исторические памятники, промышленные предприятия, модернистские объекты и традиционная фахверковая застройка. Кроме того, Базель является центром культуры и искусства. Здесь расположены значимые музеи, наполненные классическими произведениями, и при этом город известен как мировой центр современного искусства, прославленный ярмаркой Арт-Базель. Этот швейцарский город – сложная среда, в которой новейшее и историческое, индустриальное и культурное сосуществуют в едином пространстве. Для Герцога и де Мерона Базель стал наглядным примером того, как новое может возникать из взаимодействия контрастных явлений, сохраняющих свою самостоятельность, но при этом формируя сложноорганизованный мир. Об опыте Базеля архитекторы часто рассказывают в своих интервью и на лекциях.

Архитектурное образование, которое получили Герцог и де Мерон, необычно. Традиционно архитектура как специальность развивалась в Швейцарии в технических университетах и рассматривалась в большей степени как техническая дисциплина, основанная на рациональности, расчетах, конструктивной логике. Когда Герцог и де Мерон были студентами, на архитектурном факультете технического университета Цюриха доминировал модерни-

стский подход, в котором особое внимание уделялось социальным, психологическим и экономическим аспектам дисциплины. Главный акцент был сделан на архитектуре соучастия. Студенты проводили социологические опросы, а мнения жителей определяли выбор архитектурного решения.

Все изменилось, когда в университет пришел преподавать Альдо Росси. Архитектор убеждал студентов в том, что архитектура самодостаточна сама по себе и архитектор должен исследовать ее потенциал, возможности и средства. Если рисунок и другие художественные дисциплины были ранее запрещены, то теперь они вновь стали востребованными. В это же время международная ярмарка современного искусства Арт-Базель, появившаяся в 1970 г., становилась все более и более популярной и посещаемой, расширяя границы художественного восприятия пространства и формы для нового поколения архитекторов. Две культуры, как позже утверждали архитекторы, создавали различные основания в их творчестве: с одной стороны, Герцог и де Мерон всегда были восприимчивы к использованию внеархитектурных влияний, но при этом с другой – мыслили себя исключительно в рамках материальной культуры строительных конструкций и технологий. Кроме того, им нравится идея урбанистической типологии Росси, и они увлечены возможностями современного искусства.

Тем не менее, ни работа Ле Корбюзье или Миса ван дер Роэ, ни работы швейцарских архитекторов, ни ностальгические образы Альдо Росси, ни исторические эксперименты ранних постмодернистов не были образцами для молодых архитекторов. Жак Герцог неоднократно подчеркивал, что архитектура того времени не вдохновляла их своими примерами, в то время как в искусстве развитие было ошеломляющим: «мы обратились к художникам как к образцам нового взгляда на архитектуру. Этот взгляд родился из нашего увлечения свободой и открытостью искусства» [3].

Вдохновение

Искусство 1960-1970-х гг. на самом деле предлагало огромное количество альтернативных позиций, не ограниченных понятием стиля, что оставалось все еще свойственным архитектуре того времени. Для искусства же этот период был переходным: разнообразие живописных подходов, варьирующихся от неореализма и арт повера до минимализма, возникновение концептуального искусства и появление художественных практик за пределами не только изобразительности, но и объективности – от вещи к действию. Герцог и де Мерон,

рассказывая о влиянии различных художников на свое творчество и о сотрудничестве с ними, называют множество имен: Дональд Джадд, Реми Цаутг, Энди Уорхолл, Йозеф Бойс, Барнетт Ньюман, Роберт Мозервел, Ив Кляйн, Алекс Зильбер, Сол Левитт и многие другие упоминаются архитекторами постоянно в их интервью и текстах.

Несмотря на очевидное и признаваемое влияние, не стоит искать такую же прямую связь между творчеством этих художников и Герцога и де Мерона, подобно той, что существовала между картинами Пита Мондриана и архитектурой Геррита Ритвельда или между пурристическими картинами Ле Корбюзье и его виллами. Если в раннем авангарде формообразующие методы, развитые в посткубистической живописи, были практически полностью интегрированы в архитектуру, обеспечив модернизм новым архитектурным словарем, то спустя полвека влияние живописи на архитектуру было более опосредованным. К этому времени язык абстракции был ассимилирован модернистской архитектурой настолько, что не существовало трудностей в том, чтобы разработать тот или иной архитектурный проект на его основе. Архитектура сама по себе стала одним из видов универсальной абстракции, а ее произведения вполне могли конкурировать с точки зрения художественной ценности с аналогичными произведениями в живописи и скульптуре.

Художники, которые оказывали влияние на Герцога и де Мерона, работали на отличном от абстракции уровне – концептуальном. Концепция в искусстве открывала путь новому взгляду на уже существующую реальность, на привычные вещи, на роль контекста, на взаимодействие элементов в пространстве. Для концептуального искусства не существовало табу на фигуративность и историчность, оно не ограничивало художественный язык, материал или образ. По своей сути концептуальное искусство разрешало любые значения и любые средства выразительности. Самым важным становилась идея, которая и определяла выбор этих средств. Концепция как мощный инструмент искусства стала для архитекторов ключом к их архитектуре.

Герцог и де Мерон говорят именно о концепции, которая определяла использование неожиданных материалов у Йозефа Бойса. В сотрудничестве с художником архитекторы создали костюмы и маски для карнавала в Базеле. Герцог позже в интервью указывал на связь антропологии, социологии и естественной истории в работе Бойса как на возможность интегрировать различные силы в единую сложную реальность. В переводе на язык архитектуры этот синтез создавал основания для материали-

зации духовных и научных сил. Реми Цаутг был близким другом архитекторов. Их совместные разговоры, встречи и проекты позволяли архитекторам погрузиться в мир концептуального искусства и переработать его методы для архитектуры. Текстовые цветные эксперименты Цаутга демонстрировали свободу объекта, относящегося к живописи, а значит могли найти свои параллели в архитектуре. «На самом деле современные художники волнуют нас больше, чем современные архитекторы, эстетику дизайна которых мы не хотим принимать...», – говорил Жак Герцог [4]. В арт сцене художники находили намного больше интересного, новаторское мышление молодых художников с их точки зрения значительно превосходило их современников-архитекторов [5].

В концептуальном искусстве нет стиля – все объекты различны, а значит в архитектуре можно стремиться к тому, чтобы каждый объект был решен как уникальный, кроме того не несущий никаких указаний на авторство. Творчество, свободное от оков стиля, было абсолютно новым понятием в архитектуре. Даже модернизм, разрывая с классической традицией, со временем неизбежно сам превратился в один большой интернациональный стиль. Концептуальное искусство предлагало полную альтернативу даже минимализму, рискующему стать банальным эстетическим движением. Концепция в искусстве могла быть найдена только через исследование, через анализ и отбор. Не существовало другого пути для поиска идеи. Именно поэтому в искусстве, как считали Герцог и де Мерон, было так много новаторов в это время. В отличие от архитекторов, которые принимали рамки стиля и лишали себя возможности разработки стратегии, художники использовали каждый проект как интеллектуальное упражнение, что приводило каждый раз к открытию. Интенсивность эмоционального напряжения концептуальных работ привлекала архитекторов, потому что это были именно те качества, которых они добивались в своей работе [6].

Таким образом, к 1970-м гг. Герцог и де Мерон выбрали для себя несколько ключевых позиций, представляющих собой авторские выводы из их восприятия концептуального искусства, и стали экспериментировать с ними в архитектуре. Они не пытались подражать художникам, не копировали их творческие методы, не стремились превратить свои архитектурные объекты в гигантские скульптуры, подобно Френку Гери. Но вопросы восприятия и эмоционального вовлечения, присущие миру искусства, стали теми задачами, которые Герцог и де Мерон поставили для себя в своей архитектурной работе.

Контекст и концепция

Урбанистическая среда 1970-х гг. с ее фрагментарностью и противоречиями в свою очередь представляла возможности для ее осмысления как контекста современной архитектуры. Банальность этой среды, анонимность построек была эквивалентна натуре Томаса Руффа, который превращал ее в новую красоту [7], подсаживала архитекторам, что именно в повседневности можно найти новые основания для их архитектуры. Нужен только новый взгляд. Работы Энди Уорхола служили примером того, как даже самые простые товары могут превратиться в произведения искусства. «Нам бы очень хотелось сделать здание, о котором люди говорили бы: «Ну, это выглядит как старый традиционный дом, но в то же время в нем есть что-то совершенно новое» [8]. Это высказывание можно считать манифестом архитекторов.

Все, что Герцог и де Мерон пытались воплотить в своей архитектуре, никогда не выходило за ее границы. Они считали, что в самой архитектуре существует достаточно внутренних сущностей, которые способны говорить сами за себя. Для того чтобы оказывать воздействие на посетителя, архитектуре не обязательно превращаться в скульптуру. Здание всегда остается зданием. Одновременно с этим универсальным дисциплинарным смыслом Герцог и де Мерон стремились привнести «шок, разрушить лентаргию, с которой обычно воспринимается архитектура, притекающая из автоматических привычек повседневной жизни... это чувство жизни, понимания или, вернее, восприятия чего-либо; это опыт места, где вы можете найти обновленную энергию, проникнув глубоко в себя...» [9]. Это не тот шок, который вызывает архитектура эксцентричных форм, – Герцог и де Мерон всегда были противниками звездных архитекторов, – этот шок происходит из способности архитектуры оказывать глубокое эмоциональное воздействие подобно музыке или даже запахам. Эта архитектура не стремится к поверхностным эффектам, напротив, она выглядит вполне узнаваемой. И только в процессе восприятия и переживания зритель начинает испытывать, что сталкивается с чем-то незнакомым, новым, неожиданным, иногда даже раздражающим и тревожным, но не оставляющим никого равнодушным.

Концепция представляет собой интеллектуальный уровень дисциплины, но Герцог подчеркивал, что это может быть достигнуто только в том случае, если материальность и материализация архитектуры с самого начала составляют значимую часть процесса проектирования. Не существует независимости интеллектуальных аспектов вне медиума ни

в изобразительном искусстве, ни в музыке, ни в кино, ни в литературе, ни в философии, ни в архитектуре. Следовательно, интеллектуальный процесс с самого начала должен перейти в саму среду. Архитектор цитирует русского композитора Софью Губайдулину, которая очень ярко описывала этот процесс как «огонь души, который должен пройти через игольное ушко строительства». [10].

Материальность, позволяющая реализовать концептуальный уровень, заложена не только в самом архитектурном объекте как факте реальности, но и в его окружении. Особенности каждого участка создают особый характер, который архитекторы стремятся отразить в своем объекте. Это и есть желаемый уровень конкретного, специфического, феноменального – того, что определяет взаимодействие архитектурного объекта с его окружением. Объект не должен реализовывать специфику контекста, но он должен представлять собой ответ на его вызов. Тогда, переводя взгляд в пространстве, зритель неизбежно будет наталкиваться на препятствие, вносящее диссонанс в привычное. Каждый раз Герцог и де Мерон будут использовать различные приемы, но цель всегда будет одна и та же – заставить зрителя увидеть незнакомое в знакомом, необычное в обычном, уникальное в повседневном.

В отличие от множества объектов концептуального искусства, которые можно понять только после чтения сопровождающей их концепции, архитектура Герцога и де Мерона практически не нуждается ни в текстах, ни в описаниях. Но она требует внимания зрителя, способного уловить множество ссылок, не все из которых могут быть атрибутированы, но именно эти ссылки создают игру контрапунктов, каждый из которых несет ответственность за ту или иную возникающую эмоцию. Все эти ссылки работают не прямолинейно в отличие от постмодернистских цитат, кричащих о своей принадлежности. Наоборот, вам предлагается сдержанность архитектурного высказывания, и вы можете только чувствовать эти тончайшие нюансы, которые изменяют картину утилитарного. Поскольку Герцог и де Мерон стремятся обеспечить баланс уникального и конкретного, то в каждом случае вам придется самостоятельно определять, что в большей степени описывает тот или иной фрагмент, деталь или образ из этих характеристик. Все средства и все элементы архитектуры могут быть задействованы в этом. «Мы отвергаем модель героического архитектора с одной идеей, одной стратегией на все случаи жизни, – так описывал подобное действие Жак Герцог, – ... мы заинтересованы в том, чтобы рассматривать каждый проект,

каждое дело в соответствии с его собственной ситуацией... Нам нравится иметь дело с существующими структурами, делать их более мощными, раскрывать их и добавлять новые части, если это необходимо. Мы пытаемся улучшить существующие качества, чтобы заново открыть для себя то, что находится перед всеми нами» [11].

В таком подходе важной становится категория времени – времени жизни объекта. С одной стороны, существующие структуры, лежащие в основе ранних построек архитекторов, относятся к категории универсального и определяют вневременность архитектуры, которой пытаются добиться архитекторы. С другой стороны, Герцог и де Мерон часто заявляли, что хотят быть голосом своего поколения, потому что архитекторы должны уметь говорить на языке своего времени, быть причастными к современной культуре, к искусству и музыке, моде и технологиям. Все это достигается за счет конкретного, того, что становится возможным именно сегодня, потому что вся история архитектуры состоит из архитектуры, созданной поколениями архитекторов для своих современников. Архитекторы считают, что такой подход позволяет им лучше справляться с хаотичной реальностью, чем архитекторам одного жеста, стиля, подхода. Концептуальный метод обеспечивает свободу решений и гибкость в применении различных техник и приемов, которые каждый раз изобретаются Герцогом и де Мероном заново. Они считают, что традиции больше не существует, потому что архитектор не может основывать свою работу на традиционной информации [12], так как технологии и инструменты изменяются постоянно. Но при этом нет смысла, считают архитекторы, отказываться от идеи типа, который является вневременным в архитектуре.

Архитектура

В первых заказах Герцог и де Мерон не могли влиять на внутреннюю структуру объектов. Все, что им доставалось, – это внешний объем, просто параллелепипед, а значит в первую очередь стены, проемы, поверхность. Жесткие внешние ограничения определили фокус архитектурной работы, а концептуальное мышление архитекторов – приёмы и методы. При этом стены не становятся холстом, а объект не утрачивает функциональность. Герцог объяснял: «Функциональная целесообразность не мешает архитектуре; напротив, я иногда радуюсь этому, потому что она дает нам возможность войти в проект ... Она никогда не ограничивала нас, эта функциональная и материальная сторона; напротив, мы полагаем, что интеллекту-

альная позиция очень тесно связана с этим. Более того, она возникает и становится видимой только через принятие материальной формы. Интерес развивается из взаимодействия» [13].

Жак Герцог, настаивая на уникальности каждого объекта как важном принципе их архитектуры, тем не менее, признавал, что в их творчестве существуют серии, в которых одна и та же тема интерпретируется с разных позиций или развивается во времени. Рассматривая их ранние работы можно увидеть две серии, представленные несколькими объектами. К первой группе относятся жилые дома: Синий дом (1979 г.), дом в Таволе (1982 г.), Фанерный дом (1984 г.), многоквартирный дом в Базеле (1984 г.) и дом Рудин (1995 г.). Ко второй группе – промышленные объекты с небольшим присутствием общественных объектов: три здания Рикола – складское, производственное, административное (1986, 1992, 1997 гг.), Сигнальная будка в Базеле (1989 г.), Библиотека технической школы Эберсвальде (1994 г.), винодельня Доминус (1997 г.).

Типология объектов определила направленность творческих поисков и решений. Жилище – первичная функция архитектуры, ее истоки находятся в ней. Для Герцога и де Мерона это стало поводом пересмотреть соотношения исторического (даже в его крайней степени – архаичного) и современного. Архаика живет в строительной традиции, в конструкции, в типе. Современность может быть найдена как новое, вносимое в эту традицию, как неожиданное среди привычного, и это можно сделать через концептуальный подход, развитый в искусстве XX столетия. Архитекторы последовательно проводят серию столкновений архаичного и современного, рационального технического и иррационального, свойственного искусству. Интервенции на уровне цвета, материала, конструкции, формы становятся важными экспериментами, открывающими путь к новому взгляду на знакомые вещи.

В *Синем доме* (Обервиль, Швейцария), архитектура которого, на первый взгляд, следует традиции архетипичных домов пригорода Базеля, архитекторы нарушают все что возможно в условиях жестких ограничений. Мы видим асимметрию в планировочной структуре и на фасаде, два круглых окна разного размера и, наконец, невероятный синий цвет, который архитекторы заимствуют у Ива Кляйна, его изобретателя. Нормативность, устойчивость, усредненность, характерные для швейцарской строительной традиции [14], здесь уступают место индивидуальности, неопределённости и исключительности. Синий дом – это не уют и комфорт, но про смелость быть иным.

Артефакт при этом остается жилым домом, который полностью реализует свою функцию.

Дом в Таволе (Италия) расположен в каноническом итальянском ландшафте, среди оливок и каменной террасы, задающей тему дома – заполнение стен дома выполнено из того же типа кладки, которая использовалась местными мастерами в течение многих столетий (рис. 2). Это архаика. Современность представлена двумя элементами – бетонной конструкцией, которая продолжается за пределы дома, и, не в меньшей степени, горизонтальным модернистским окном на верхнем уровне. Контраст четкой геометрии конструкции и живописной кладки из бутового камня создает удивительный образ, который разрушает логику традиции, но предлагает логику искусства. Крест в плане и на фасадах убеждает нас, что минимализм имеет древние корни. Если модернисты стремились прославить новый материал – бетон, постмодернисты отказывались от идеи материала в принципе, то Герцог и де Мерон дают нам новое ощущение материальной силы архитектуры, которая одновременно вневременна и современна.

В *доме Рудин* (Леман, Франция) архитекторы вновь обращаются к бетону, создавая тотально бетонный объект (рис. 3). При этом они разрушают привычную ассоциацию материала и формы. Для Ле Корбюзье новый материал должен был стать аргументом в защиту новой формы. Герцог и де Мерон исследуют возможности бетона в выражении архетипичной формы – дома со скатной кровлей и трубой, «с точным контуром детского рисунка», как пишут архитекторы в описании [15]. На этом архетипичность заканчивается и начинаются парадоксы. Дом приподнят над землей на платформе, что подчеркивает его искусственную природу и обеспечивает непрерывность ландшафта. Кровля и стена неотделимы друга от друга – их слитность делает дом иконическим знаком.



Рис. 1. Синий дом. 1979 г.
(<http://hiddenarchitecture.net/oberwil-blaues-haus/>)

Расположение проемов асимметрично, а их характер явно модернистский. Асимметрия добавляет конкретности абстрактному образу и связывает объект с его окружением.

Фанерный дом (Ботминген, Швейцария) (рис. 4), как и дом Рудин, оторван от земли. Этим приемом архитекторы достигают ощущения «вещи» – автономии объекта. И действительно, в описании мы читаем, что «новое



Рис. 2. Каменный дом в Таволе. 1982 г.
(<https://arquitecturaviva.com/works/casa-de-piedra-tavole-2/>)



Рис. 3. Дом Рудин. 1995 г.
(<https://www.herzogdemeuron.com/projects/128-house-in-leymen/>)



Рис. 4. Фанерный дом. 1984 г.
(<https://www.herzogdemeuron.com/projects/027-plywood-house/>)

здание задумано как легкий ящик, похожий на музыкальный инструмент, сидящий на выступающих шпалах и состоящий из фанерных листов в конструкции баллонного каркаса, напоминающей о традиционном мастерстве Японии» [16]. Рукотворность присутствует в конструкции дома, который выглядит как продукт ремесленного производства, выполненный с необычайной тонкостью и тщательностью. Каждая деталь и каждый стык тщательно артикулированы. И в то же время множественность коннотаций, упомянутых архитекторами и возникающих у зрителей, подчеркивают универсальность этого объекта, который может быть всем чем угодно. Но конкретное вновь вторгается в область универсального – прямоугольник плана неожиданно получает излом в продольной стене. Этот излом обязан своим происхождением растущему здесь дереву, и, как ни странно, «музыкальная шкатулка» благодаря этому становится архитектурой.

Многоквартирный дом в Базеле (Швейцария) продолжает тему Фанерного дома. Встроенный в плотную сетку средневекового квартала дом выглядит привнесенной «вещью» – приподнятая от земли галерея и тонкая работа с детализацией определяют такое восприятие (рис. 5). Дом расположен вдоль внутриквартальной стены, и архитекторы просчитывают сантиметры каждого элемента плана. Контраст вертикального и горизонтального ритма колон, балок, проемов, панелей, стоек ограждения, балкона, галереи, кровли и монотонной кирпичной кладки напротив демонстрирует на самом деле суть архитектуры и отличие работы архитектора от каменщика. При этом проемы могут быть закрыты ставнями, и тогда фасад становится деревянной рифмой квартальной стены. Ритм и пропорции, организующие силы архитектуры, преобразуют материю. Вспоминая великого швейцарца Ле Корбюзье, здесь уместно вспомнить о роли эмоционального воздействия преобразенной материи. Герцог и де Мерон создают драму из архитектуры минималистичного линейного объема, увенчивая его свободно парящей кровлей, которая эстетически принадлежит другому миру. Сам объем, как и фанерный дом, асимметричен. Наружняя стена меняет угол, поскольку архитекторы проводят тонкие различия осей, продиктованных историческими постройками рядом. Кровля же продолжает изначально прямую линию, разыгрывая на урбанистической сцене собственную роль и обретая самостоятельную интонацию.

В трех проектах для производственной фирмы Рикола Герцог и де Мерон реализовали практически невозможное – складское (Лауфен, 1986 г.), промышленное (Мюлуз, 1992 г.)



Рис. 5. Многоквартирный дом в Базеле. 1984 г. (<https://www.herzogdemeuron.com/projects/029-apartment-building-along-a-party-wall/>)

и административное (Лауфен, 1997 г.) здания превратились в архитектурные артефакты. Архитекторы преодолели утилитарность функций средствами искусства архитектуры. В этих объектах они не имели возможности повлиять на внутреннюю структуру или внешнюю форму. Во всех случаях это были элементарные прямоугольные объемы. Для архитектурной реализации оставалась только внешняя поверхность. Герцог и де Мерон применили три различные стратегии.

В *Складском здании Ricola* (Лауфен, Швейцария) идея родилась из функции – склада досок (рис. 6). Хранение штабелируемых досок внутри было выражено на поверхности объекта в самой структуре фасада: вертикальные стойки и горизонтальные плоскости, ничего лишнего. Все узлы открыты и демонстрируют систему крепления. Но архитекторы задали этой груде досок ритм и пропорции, благодаря которым родилась архитектура. Это становится наиболее заметно при сравнении стены здания и каменной скалы рядом.

В *производственно-складском здании для Ricola Europe* (Мюлуз, Франция) Герцог и де Мерон решили использовать технику шелкографии (рис. 7). Они выбрали изображение листа, сделанное знаменитым фотографом XIX в. Карлом Блоссфельдтом, которое привлекло их тем,

что соединяло в себе качество фигуративного и абстрактного. Изображение было напечатано на полупрозрачных поликарбонатных панелях и растиражировано подобно сериям Энди Уорхола. Изменения в освещении, различные погодные явления, ракурсы накладывают свой отпечаток на эти панели, которые создают то, что архитекторы называют «чувственным физическим присутствием» [17]. Изображения начинают «работать» в процессе движения зрителя, создавая неожиданный пространственный и визуальный эффект. Архитекторы определяли этот эффект как ключевое качество стены, служащей границей между природным и промышленным пространствами.

В *офисном здании Рикола* (Лауфен, Швейцария) идея родилась из контекста участка, представляющего собой группу садовых участков с деревенскими зданиями, разгороженных живыми изгородями (рис. 8). Именно это обилие зелени и навело архитекторов на мысль превратить живую природу в материал архитектуры. Здание абсолютно прозрачно. Стеклопакеты создают иллюзию полного перетекания внутреннего пространства во внешнее, отсутствие границы. При этом буйная растительность используется как часть оболочки. Сад на крыше продолжается в виде карниза. Плющ покрывает павильон и служит солнцезащитным устройством. Зеленый фасад постоянно меняется и создает новое архитектурное впечатление. Эволюция зданий Рикола выглядит как последовательность «закрытое, полужакрытое, открытое», а сами объекты во многом определили использование тотальных оболочек, радикальных в своем материальном физическом воплощении, в последующих работах архитекторов.

Так, например, тотальная закрытость вновь возникает в архитектуре *Сигнальной будки* (Базель, Швейцария, 1995 г.). Поверхность, состоя-

щая из медных полос, полностью оборачивает здание, превращая его, скорее, в произведение искусства, вдохновленное Дональдом Джаддом, чем в промышленный объект (рис. 9). Архитек-

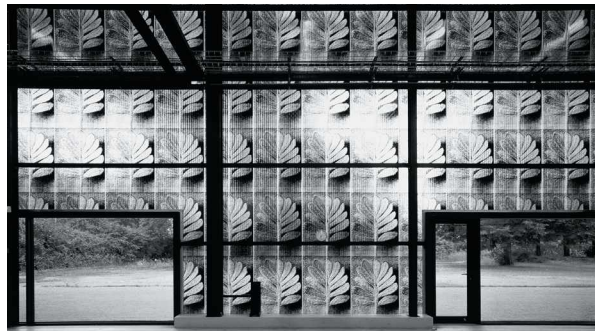


Рис. 7. Производственно-складское здание Ricola Europe. 1992 г. (<https://arquitecturaviva.com/works/nave-y-almacen-para-ricola-europe-sa-mulhouse-brunstatt>)



Рис. 8. Офисное здание Ricola. 1997 г. (<https://www.herzogdemeuron.com/projects/154-ricola-marketing-building/>)

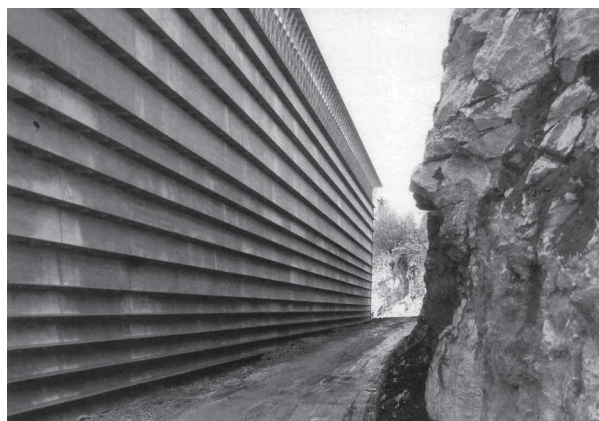


Рис. 6. Складское здание Ricola. 1986 г. (<https://www.atlasofplaces.com/architecture/ricola-storage-building/>)

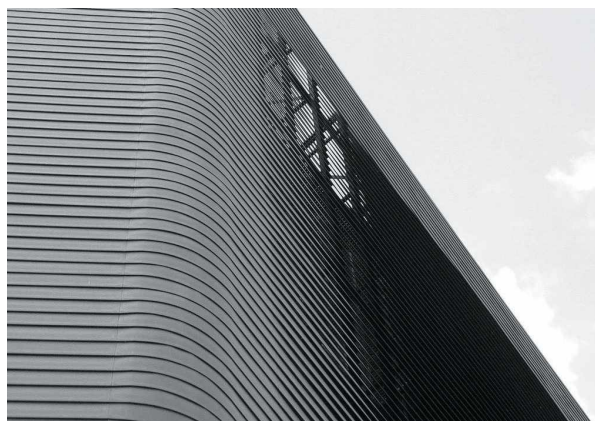


Рис. 9. Сигнальная будка. 1995 г. (<https://www.subtilitas.site/image/352977142>)

торы так и рассматривали его как «драгоценный камень посреди ржавых полей железнодорожных путей» [18]. Слои открываются и закрываются, регулируя проникновение света.

В здании библиотеки технической школы Эберсвальде (Германия) Герцог и де Мерон вновь используют шелкографию для создания обочек (рис. 10). Три уровня библиотеки разделены узкими горизонтальными окнами, между которыми расположены стеклянные ленты принтов. Художник Томас Рафф выбрал из своей коллекции газетных и журнальных вырезов различные изображения, которые и были нанесены на панели. Самолеты, повседневные сцены, жуки и другие артефакты, привлекая внимание художника, образуют сложный рисунок поверхности, мерцающий и изменяющийся, контрастирующий с самой бетонной коробкой здания. Это выглядит необычным ответом на поставленную Адольфом Лоосом проблему об орнаменте. Герцог и де Мерон по-



Рис. 10. Библиотека Эберсвальде. 1994 г.
(<https://arquitecturaviva.com/works/biblioteca-de-la-esuela-tecnica-de-eberswalde-6>)

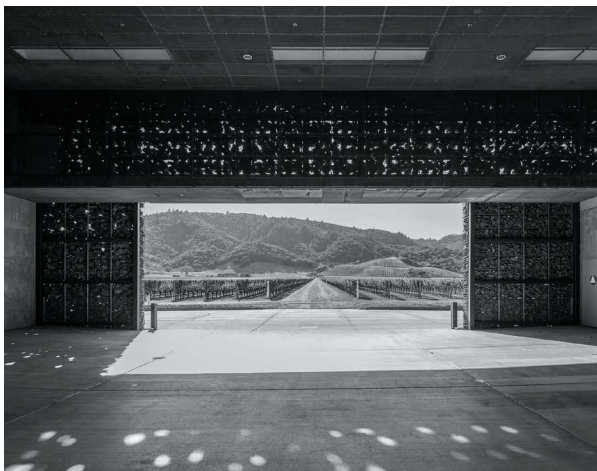


Рис. 11. Винодельня Доминус. 1997 г.
(<https://www.dezeen.com/2019/11/19/new-photographs-herzog-de-meuron-dominus-winery/>)

казывают возможности архитектуры, в которой поверхность определяет глубокий пространственный эффект.

В первом объекте, построенном в США, винодельне Доминус (долина Напа, США) Герцог и де Мерон создают невидимую архитектуру (рис. 11). Габионы, служащие для укрепления дорог и береговых зон, здесь использованы в качестве материала стены. Структура растворяется в ландшафте, оставляя на переднем плане сам виноградник. С одной стороны, габионы создают впечатление брутальной внешней оболочки, с другой – игру света во внутреннем пространстве, которая становится изысканной и переменчивой благодаря сложной структуре просветов между камнями.

Выводы

Жак Герцог и Пьер де Мерон вошли в историю современной архитектуры, создав удивительные объекты, в которых сочетаются временное и постоянное, анонимное и великое, вынуждая сосуществовать вместе, по словам архитекторов, феноменальное и онтологическое [19]. Наблюдения и знания, аналитика и воображение, рациональное и эмоциональное наполняют работу архитекторов парадоксами. Это означает, что природное и искусственное можно не разрывать и не противопоставлять, а использовать достоинство противоположностей в одном объекте. Серийные темы могут сосуществовать с индивидуальностью решений, а со временем и пространством можно находить и взаимодействие, и конфронтацию. Все это обостряет ощущения, а значит архитекторы реализовали свою цель – заставить зрителя пережить трансформирующий его опыт, доказав, что архитектура обладает способностью вызывать невероятные чувственные переживания.

Материал, аспект, в котором соединяются образ и функция, стал одним из главных объектов изобретения архитекторов наряду с доступными им архитектурными элементами и частями. Постройки Герцога и де Мерона подчеркнута материальны. Они не стремятся преодолеть гравитацию, раствориться в пространстве, наоборот, их вызывающее физическое присутствие – радикальная материализация – является одной из главных задач швейцарских архитекторов. В этой доступной для воплощения материальности они действительно стали новаторами и признанными мастерами, создав ряд пронзительных и невероятно интенсивных по ощущениям небольших объектов. Функция этих объектов далека от традиционных грандиозных типологий, но именно они воплощают саму суть архитектуры, расширяя при этом ее границы. Все может

быть материалом архитектуры, но только архитекторы могут заставить материал работать ради искусства, эстетического и эмоционального переживания, чувственного наслаждения, что и доказали архитекторы. Сегодня, когда архитектура возвращается от виртуальности к материальности, ранние работы Герцога и де Мерона становятся источниками вдохновения и открывают путь расширения архитектурных возможностей и изобретений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилова Э.В. Архитектура простоты – архитектура будущего? // *Innovative Project*. 2016. Т.1. №3. С. 44–51.
2. Koolhaas R. S, M, L, XL. New York: Monacelli Press, 1995. 1250 p.
3. Herzog J., Rose J. Significant Difference. Jacques Herzog talks with Julian Rose // *Artforum*. 2018. No. 56. P. 194–201.
4. Herzog J., de Meuron P., von Moos S. Appearance and Injury // *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*. 1985. No. 167/168. P. 50–79.
5. Herzog J., Kipnis J. A Conversation with Jacques Herzog // *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1993–1997. 1997. Vol. 84. P. 7–21.
6. Herzog J., Chevrier J.-F. Ornament, Structure, Space // *El Croquis*. Herzog & de Meuron 2002–2006. The Monumental and the Intimate. 2006. Vol. 129/130. P. 22–40.
7. Herzog J., Vischer T. Interview by Theodora Vischer with Jacques Herzog. In: *Architectures of Herzog & de Meuron*. Portraits by Thomas Ruff. Exh. Cat. Herzog & de Meuron. Peter Blum Gallery. New York: Peter Blum, 1995. P. 28–32.
8. Herzog J., Kipnis J. A Conversation with Jacques Herzog // *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1993–1997. 1997. Vol. 84. P. 14.
9. Herzog J., Chevrier J.-F. Ornament, Structure, Space // *El Croquis*. Herzog & de Meuron 2002–2006. The Monumental and the Intimate. 2006. Vol. 129/130. P. 26.
10. Herzog J., Kraft S., Kühn C. Mit allen Sinnen spüren. Jacques Herzog im Gespräch mit Sabine Kraft und Christian Kühn [Электронный ресурс] URL: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/writings/conversations/kraft-kuehn.html> (дата обращения: 24.04.2023).
11. Herzog J., Kipnis J. A Conversation with Jacques Herzog // *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1993–1997. 1997. Vol. 84. P. 18.
12. Herzog J., Zaera A. Interview with Herzog & de Meuron // *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1983–1993. 1994. Vol. 60. P. 6–23.
13. Herzog J., Bürgi B. Conversation between Jacques Herzog and Bernhard Bürgi / In: *The Complete Works*. Volume 2. Basel: Birkhäuser, 2005. P. 183–188.
14. Spier S. There's Just Something About Switzerland: The Swissness of Swiss Architecture // *AA Files*. 2009. No. 59. P. 50–55.
15. 128 House in Leymen [Электронный ресурс]. URL: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/128-house-in-leymen/> (дата обращения: 24.04.2023).
16. 027 Plywood House [Электронный ресурс]. URL: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/027-plywood-house/> (дата обращения: 24.04.2023).
17. Herzog J., de Meuron P. Firmitas. In: *The Complete Works*. Volume 3. Basel: Birkhäuser, 2000. Vol. 3. P. 222–225.
18. 049 Signal Box Auf dem Wolf [Электронный ресурс]. URL: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/049-signal-box-auf-dem-wolf/> (дата обращения: 24.04.2023).
19. Herzog J., de Meuron P. Poesis-Production. In: Cynthia C. Davidson (Ed.). *Anyway*. Symp. Proceedings Barcelona, Spain. 1993. New York: Anyone Corporation / Rizzoli International, 1994. Vol. 3. P. 84–89.

REFERENCES

1. Danilova E.V. Architecture of simplicity – the architecture of the future? *Innovacionnyj projekt* [Innovative Project], 2016, vol. 1, no. 3, pp. 44–51. (in Russian)
2. Koolhaas R. S, M, L, XL. New York: Monacelli Press. 1995. 1250 p.
3. Herzog J., Rose J. Significant Difference. Jacques Herzog talks with Julian Rose. *Artforum*. 2018. no. 56. P. 194–201.
4. Herzog J., de Meuron P., von Moos S. Appearance and Injury. *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*. 1985. no. 167/168. P. 50–79.
5. Herzog J., Kipnis J. A Conversation with Jacques Herzog. *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1993–1997. 1997. Vol. 84. P. 7–21.
6. Herzog J., Chevrier J.-F. Ornament, Structure, Space. *El Croquis*. Herzog & de Meuron 2002–2006. The Monumental and the Intimate. 2006. Vol. 129/130. P. 22–40.
7. Herzog J., Vischer T. Interview by Theodora Vischer with Jacques Herzog. In: *Architectures of Herzog & de Meuron*. Portraits by Thomas Ruff. Exh. Cat. Herzog & de Meuron. Peter Blum Gallery. New York: Peter Blum, 1995. P. 28–32.
8. Herzog J., Kipnis J. A Conversation with Jacques Herzog. *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1993–1997. 1997. Vol. 84. P. 14.
9. Herzog J., Chevrier J.-F. Ornament, Structure, Space. *El Croquis*. Herzog & de Meuron 2002–2006. The Monumental and the Intimate. 2006. No. 129/130. P. 26.
10. Herzog J., Kraft S., Kühn C. Mit allen Sinnen spüren. Jacques Herzog im Gespräch mit Sabine Kraft und Christian Kühn. Available at: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/writings/conversations/kraft-kuehn.html> (accessed 24 April 2023).
11. Herzog J., Kipnis J. A Conversation with Jacques Herzog. *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1993–1997. 1997. Vol. 84. P. 18.

12. Herzog J., Zaera A. Interview with Herzog & de Meuron. *El Croquis*. Herzog & de Meuron 1983–1993. 1994. Vol. 60. P. 6–23.

13. Herzog J., Bürgi B. Conversation between Jacques Herzog and Bernhard Bürgi / In: *The Complete Works*. Vol. 2. Basel: Birkhäuser. 2005. P. 183–188.

14. Spier S. There's Just Something About Switzerland: The Swissness of Swiss Architecture. *AA Files*. 2009. No. 59. P. 50–55.

15. 128 House in Leymen. Available at: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/128-house-in-leymen/> (accessed 24 April 2023).

16. 027 Plywood House. Available at: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/027-plywood-house/> (accessed 24 April 2023).

17. Herzog J., de Meuron P. *Firmitas*. In: *The Complete Works*. Vol. 3. Basel: Birkhäuser, 2000. Vol. 3. P. 222–225.

18. 049 Signal Box Auf dem Wolf. Available at: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/049-signal-box-auf-dem-wolf/> (accessed 24 April 2023).

19. Herzog J., de Meuron P. *Poesis-Production*. In: Cynthia C. Davidson (Ed.). *Anyway*. Symp. Proceedings Barcelona, Spain. 1993. New York: Anyone Corporation / Rizzoli International, 1994. Vol. 3. P. 84–89.

Об авторе:

ДАНИЛОВА Элина Викторовна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: red_avangard@mail.ru

DANILOVA Elina V.

PhD in Architecture, Associate Professor, Professor of the Urban Planning Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: red_avangard@mail.ru

Для цитирования: Данилова Э.В. Концепция и материал в архитектуре Жака Герцога и Пьера де Мерона // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 134–144. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.17.

For citation: Danilova E.V. Concept and material in the architecture of Jacques Herzog and Pierre de Meuron. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 134–144. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.17.

А. В. ПОПОВ
Е. Ю. ТУТЫШКИН

ВОПРОСЫ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КАМПУСОВ ВУЗОВ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

ISSUES OF ARCHITECTURAL AND URBAN ORGANIZATION OF UNIVERSITY CAMPUSES OF THE URAL FEDERAL DISTRICT

Кампус высшего учебного заведения – многофункциональный комплекс зданий, предназначенный для размещения подразделений вуза, связанных системой особых общественных пространств, формирующих единую среду для высшего образования, научных исследований, а также широкого спектра сопутствующих функций в системе «труд-быт-отдых» всех уровней для участников данных процессов. Целью исследовательской работы является развитие существующих кампусов высших учебных заведений. Объектом исследования являются кампусы вузов. Предметом исследования – особенности архитектурно-градостроительной организации кампусов вузов. По типу архитектурно-градостроительного размещения кампусов вузов в структуре поселения определены три типа: компактный (локальный), многочастный (расчленённый) и дисперсный (распределочный). На примерах вузов Уральского федерального округа сформулированы особенности типологии. Определено, что в условиях рассматриваемого региона наиболее рациональной организацией кампусов является компактный (локальный) и многочастный (расчленённый) тип. Выявлено, что существующая архитектурная среда не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к современным вузам. В этой связи представлены предложения по развитию существующих кампусов вузов, учитывающие аспекты трансформации пространств, взаимодействия с поселением и интеграции функций науки, образования и производства.

Ключевые слова: кампус, вуз, университет, академия, студенческий городок, архитектурно-градостроительная организация кампусов, типология кампусов

В последнее время в России развитию кампусов вузов стало уделяться особое внимание. Это подтверждается реализацией национальных проектов «Образование» и «Наука», развитием сети федеральных и национальных исследовательских университетов, выделением опорных вузов в т.ч. на территории Уральского федерального округа (УрФО) (рис. 1). В числе основных тезисов проектов развития можно отметить необхо-

Campus of a higher educational institution is a multi-functional complex of buildings designed to accommodate university departments connected by a system of special public spaces that form a unified environment for higher education, scientific research, as well as a wide range of related functions in the “work-life-rest” system of all levels for participants in these processes. The purpose of the research work is to develop the existing campuses of higher educational institutions. The object of the study is university campuses. The subject of the study is the features of the architectural and urban planning organization of university campuses. According to the type of architectural and urban planning placement of university campuses in the settlement structure, three types are defined: compact (local), multipart (dissected) and dispersed (dispersed). Typology features are formulated on examples of universities of the Ural Federal District. It is determined that in the conditions of the region under consideration, the most rational organization of campuses is a compact (local) and multipart (dissected) type. It is revealed that the existing architectural environment does not fully meet the requirements for modern universities. In this regard, proposals for the development of existing university campuses are presented, taking into account aspects of the transformation of spaces, interaction with the settlement and integration of the functions of science, education and production.

Keywords: campus, institution of higher education, university, academy, student town, architectural and urban planning organization of campuses, typology of campuses

димость формирования в регионах современных образовательных центров на основе развития существующих учебных заведений, укрепления связей вузов с экономикой и социальной сферой, совершенствования требований к подготовке высококвалифицированных специалистов.

Кампус вуза понимается как комплекс объектов, связанных доминирующей научно-образовательной функцией. Комплекс включает учебные,



Рис. 1. Схема реализации программ по развитию высшего образования в Уральском федеральном округе

научно-исследовательские, административные и жилые здания, а также объекты спорта, инфраструктуры обслуживания и рекреационные пространства. Кампус высшего учебного заведения – многофункциональный комплекс зданий, предназначенный для размещения подразделений вуза, связанных системой особых общественных пространств, формирующих единую среду для высшего образования, научных исследований, а также широкого спектра сопутствующих функций в системе «труд-быт-отдых» всех уровней для участников данных процессов [1].

В современных научно-исследовательских работах кампус рассматривается с позиции пространственной организации [2–5], информационного обеспечения [6, 7], педагогической деятельности [8, 9] и иных аспектах [9–11], влияющих на его объёмно-планировочные решения.

Представляется важным проанализировать, обобщить и систематизировать архитектурно-градостроительную организацию кампусов, сформулировать предложения по развитию существующих комплексов вузов.

Для формулирования предложений по развитию существующих кампусов вузов проанализированы различные типы архитектурно-градостроительного размещения в структуре поселения.

Особенности различных типов архитектурно-градостроительного размещения кампусов вузов в структуре поселения

По типу архитектурно-градостроительного размещения кампусов вузов в структуре посе-

ления выделяется три типа: компактный (локальный), многочастный (расчленённый) и дисперсный (рассредоточенный).

Компактный (локальный). Объёмно-планировочной особенностью данного типа кампусов является взаиморасположение в непосредственной близости учебных, научно-исследовательских, спортивных и жилых объектов вуза. При грамотной организации комплекса, такие компактные многофункциональные структуры в наибольшей степени способствуют формированию профессиональных, общепрофессиональных и универсальных компетенций, взаимодействию обучающихся в процессах, связанных с научно-образовательным трудом, бытом и отдыхом.

К характерным примерам, иллюстрирующим такой тип архитектурно-градостроительного размещения кампусов, можно отнести: Магнитогорский технический университет (МГТУ) имени Г. И. Носова, г. Магнитогорск; Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ), г. Челябинск (рис. 2 и 3).

Для данного типа, при расположении в центральной части поселения, характерна высокая плотность застройки и отсутствие резервных территорий для расширения, так как кампус расположен в сложившейся структуре города. Исключение могут составлять комплексы вузов, формировавшиеся во второй половине XX века, в которых удаленность от центра городской активности нивелировалась автономностью инфраструктуры. Такие комплексы формировались как обособленная территория на окраине крупного поселения или даже за его пределами. Данное размещение могло быть как обусловлено, так и не обусловлено профилем вуза. Одним из примеров такого типа архитектурно-градостроительного размещения кампусов является студенческий кампус Курганской государственной сельскохозяйственной академии (КГСХА) имени Т. С. Мальцева (до присоединения к КГУ), расположенный в пригороде Кургана, селе Лесниково. Данный комплекс включает учебно-научные здания, студенческие общежития, дворец культуры и храм (рис. 4). В соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования 11 августа 2022 г. вуз расформировали в форме присоединения к Курганскому государственному университету (КГУ).

Расчленённый (многочастный) – комплекс объектов вуза, представленный несколькими группами зданий различной функции в структуре поселения и (или) за его пределами. Функциональной особенностью данного типа кампусов является необходимость перемещения между группами объектов вуза. Выделяется два основных пути формирования такого типа пространственной организации кампуса.

Во-первых, расширение вуза и строительство новых групп объектов. Во-вторых, объединение нескольких вузов и организация единого кампуса.

Проиллюстрировать данный тип архитектурно-градостроительного размещения кампусов вузов в структуре поселения можно рассмотрев кампус Курганского государственного университета (КГУ) после присоединения Кур-

ганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т. С. Мальцева.

Объединенный кампус состоит из комплекса бывшей Курганской государственной сельскохозяйственной академии (КГСХА) имени Т.С. Мальцева в с. Лесниково и комплекса КГУ в исторической части города Кургана (рис. 5).

Дисперсный (рассредоточенный) тип архитектурно-градостроительного размещения

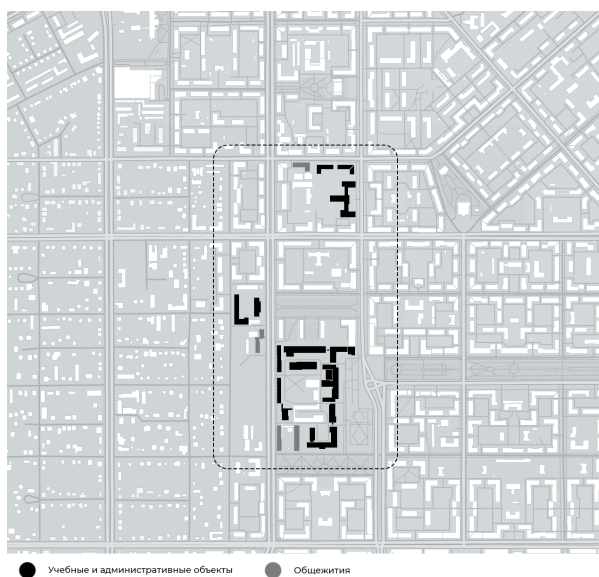


Рис. 2. Схема кампуса Магнитогорского государственного технического университета (МГТУ) имени Г. И. Носова, г. Магнитогорск. Компактный тип



Рис. 3. Схема кампуса Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), г. Челябинск. Компактный тип



Рис. 4. Схема расположения объектов Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т. С. Мальцева (до присоединения к КГУ), с. Лесниково, Курганская обл. Компактный тип

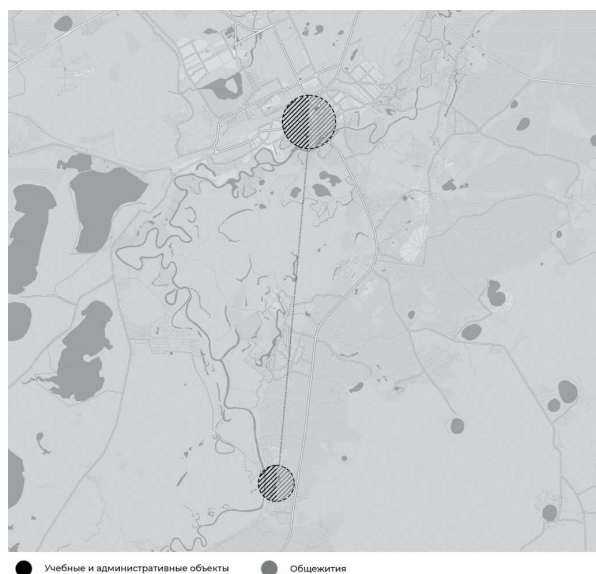


Рис. 5. Расчлененный (двухчастный) кампус Курганского государственного университета (КГУ), г. Курган

кампусов – комплекс объектов вуза, распределённых отдельными зданиями в структуре поселения и (или) за его пределами. Данный тип кампуса широко распространён в отечественной практике в целом и Уральском федеральном округе в частности. Наименее удачный тип архитектурно-градостроительного размещения кампуса в первую очередь в аспекте существенных затрат времени на перемещения обучающихся и в аспекте необходимости опираться на инфраструктуру обслуживания поселения.

К характерным примерам такой организации кампусов можно отнести: Тюменский индустриальный университет (ТИУ), г. Тюмень; Сургутский государственный университет (СурГУ), г. Сургут (рис. 6 и 7).

В реальной практике представлены различные сочетания типов архитектурно-градостроительного размещения кампусов. Например, кампус Уральского федерального университета (УрФУ) имени первого президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург – сочетает элементы компактного и рассредоточенного типов (рис. 8).

Предложения по развитию существующих кампусов вузов в УрФО

Для основной части Уральского федерального округа характерен континентальный климат с жарким летом и морозной зимой. Уже исходя из климатических условий наиболее рациональными типами архитектурно-градостроительного размещения кампусов вузов можно признать компактный (локальный) и многочастный (расчленённый) типы, что обусловлено пространственной доступностью и возможностью устройства внеуличных теплых переходов. Кроме того, данные типы позволяют формировать собственную инфраструктуру обслуживания и целостную архитек-

турную среду в системе учебно-научный труд – быт – отдых.

Для оптимального использования пространства представляется важным выделить необходимость формирования широкого спектра универсальных трансформируемых пространств в структуре кампусов вузов. Данное предложение видится перспективным не только для общественных пространств вуза, но и для различных помещений учебно-научной и других функций.

В информационную эпоху к современным вузам предъявляются особые требования. Современный вуз должен влиять на развитие эко-



Рис. 6. Схема расположения объектов Тюменского индустриального университета (ТИУ), г. Тюмень



Рис. 7. Схема расположения объектов Сургутского государственного университета (СурГУ), г. Сургут

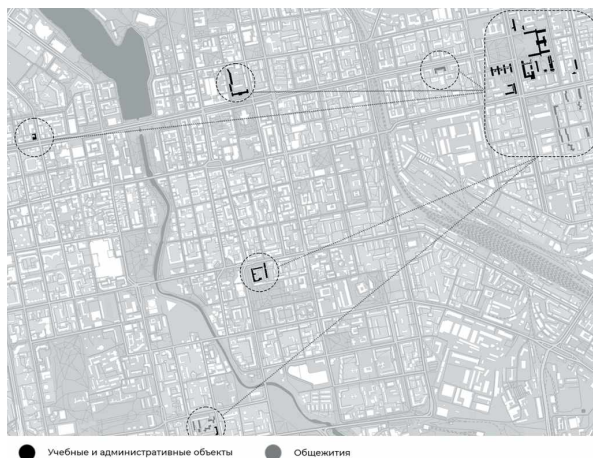


Рис. 8. Схема расположения объектов Уральского федерального университета (УрФУ) имени первого президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

номики, катализировать процессы инновационных и экономически эффективных производств [13]. В этой связи представляется важным углубление интеграции функций образования, науки и производства. Совмещение таких функций в структуре кампуса вуза повышает его социально-экономическую значимость для региона.

Вывод. В ходе настоящего исследования рассмотрены вопросы архитектурно-градостроительной организации кампусов вузов в Уральском федеральном округе. Запущенные программы по развитию науки и высшего образования в России могут стать началом качественных изменений во всей сети вузов региона.

На основе трех типов: компактный (локальный), многочастный (расчленённый) и дисперсный (рассредоточенный) – сформулированы особенности архитектурно-градостроительного размещения кампусов вузов в структуре поселения. На примерах вузов Уральского федерального округа проанализирована объемно-планировочная организация кампусов в масштабе поселения и в масштабе комплекса вуза.

Рассмотрев характерные примеры кампусов, выявлено, что существующая архитектурная среда не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к современным вузам. В этой связи представлены предложения по развитию существующих кампусов вузов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов А.В. Концепция архитектурного формирования кампусов вузов в России: дис. ... док. арх. Нижний Новгород, 2022. 321 с.
2. Зобова М.Г. Обновление архитектурно-градостроительной типологии университетских кампусов в России // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 5 (180). С. 137–141.
3. Неборский Е.В. Формы осуществления интеграции образования, науки и производства в университетах США и Японии: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2011. 23 с.
4. Чичикина М.А., Осипова И.В., Долгополова К.А. Кампусы университетов // Молодежь и наука: материалы X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края. 2014 [Электронный ресурс]. URL: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/17150/s22_046.pdf (дата обращения: 26.03.2023).
5. Жоголева А.В., Терягова 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.

6. Дука Т.О. Образовательный выбор студентов университетов России и Германии: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Омск, 2010. 23 с.

7. Травкин И.Ю. Мобильный кампус: коллективно-рефлексивное измерение учебной деятельности, опосредованной мобильными технологиями // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 1. С. 15–20.

8. Рыбина И.С. Педагогическое обеспечение готовности будущего педагога к профессионально-нравственной самореализации: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Барнаул, 2016. 23 с.

9. Софронова Н.В. Кампус молодежных инноваций как форма реализации национального проекта «Образование» // Актуальные проблемы прикладной и школьной информатики: сб. науч. ст. Чебоксары: Изд-во ЧГПУ им. И. Я. Яковлева, 2020. С. 68–76.

10. Сергеева С.В., Дианова Ю.А. Кампус: сущность понятия и классификация типов // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6–1. С. 186–190.

11. Гельфонд А.Л., Лапшин А.А. Векторы развития кампуса ННГАСУ // Проект Байкал. 2020. Т. 17. № 65. С. 157 – 166.

12. Popov A. V., The impact of architectural and space-planning design of student accommodation (dormitories, campuses) on the time budget of the student youth // IJEAT-BEIESP – International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2019, Vol. 8 (3). P. 128–133.

13. Артемова О.В., Логачева Н.М. Оценка доступности социальной инфраструктуры в сфере образования в субъектах Уральского федерального округа // Социум и власть. 2016. № 1 (57). С. 101–109.

14. Максимова К.А., Корнев В.И. Градостроительный анализ размещения университетских комплексов в крупных городах Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 1. С. 105–121.

REFERENCES

1. Popov A.V. *Koncepcija arhitekturnogo formirovaniya kampusov vuzov v Rossii*. Dokt. Diss. [Concept of architectural formation of university campuses in Russia]. Nizhny Novgorod, 2022. 321 p.
2. Zobova M.G. Updating the architectural and urban planning typology of university campuses in Russia. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University], 2015, no. 5(180), pp. 137–141. (in Russian)
3. Neborskij E.V. *Formy osushhestveneniya integracii obrazovaniya, nauki i proizvodstva v universitetah SShA i Japonii*. Cand. Diss. [Forms of implementation of the integration of education, science and production at universities in the USA and Japan. Cand. Diss.]. Moscow, 2011. 23 p.
4. Chichikina M.A., Osipova I.V., Dolgopolova K.A. University campuses. *Molodezh' i nauka: materialy X Jubilejnoj Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh s mezhdunarodnym*

uchastiem, posvjashhennoj 80-letiju obrazovaniya Krasnojarskogo kraja [Youth and Science: materials of the X Anniversary All-Russian Scientific and Technical Conference of students, graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 80th anniversary of the formation of the Krasnoyarsk Territory], 2014. Available at: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/17150/s22_046.pdf (accessed 26 March 2023).

5. Zhogoleva A.V., Teryagova A.N., Frank E.V. Inter-university student quarter in Samara as the basis for the formation of the innovative research potential of the region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 172–180. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.23\

6. Duka T.O. *Obrazovatel'nyj vybor studentov universitetov Rossii i Germanii. Cand. Diss.* [Educational choice of university students in Russia and Germany. Cand. Diss.]. Omsk, 2010. 23 p.

7. Travkin I.Yu. Mobile Campus: Collective-Reflective Measurement of Educational Activities Mediated by Mobile Technologies. *Jekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO* [Economics, statistics and computer science. Bulletin of UMO], 2013, no. 1, pp. 15–20. (in Russian)

8. Rybina I.S. *Pedagogicheskoe obespechenie gotovnosti budushhego pedagoga k professional'no-nravstvennoj samorealizacii* [Pedagogical support of the readiness of the future teacher for professional and moral self-realization. Cand. Diss.]. Barnaul, 2016. 23 p.

9. Sofronova N.V. Youth Innovation Campus as a Form of Implementation of the National Project "Education". *Aktual'nye problemy prikladnoj i shkol'noj informatiki: sb. nauch. st.* [Current problems of applied and school informatics: Sat. scientific. Art.]. Cheboksary, Publishing House of the ChSPU named after I. Ya. Yakovlev, 2020, pp. 68–76. (In Russian).

Об авторах:

ПОПОВ Алексей Владимирович

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры Московский государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: da945@yandex.ru

ТУТЫШКИН Евгений Юрьевич

аспирант кафедры архитектуры Московский государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: evgeniy.tutyshkin@yandex.ru

10. Sergeeva S.V., Dianova Yu.A. Campus: essence of the concept and classification of types. *Sovremennye naukoemkie tehnologii* [State-of-the-art technology], 2021, no. 6-1, pp. 186–190. (in Russian)

11. Gelfond A.L., Lapshin A.A. NNGASU Campus Development Vectors. *Proekt Bajkal* [Project Baikal], 2020, vol. 17, no. 65, pp. 157 – 166. (in Russian)

12. Popov A.V. The impact of architectural and space-planning design of student accommodation (dormitories, campuses) on the time budget of the student youth. *IJEAT-BEIESP – International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 8 (3). P. 128–133.

13. Artemova O.V., Logacheva N.M. Assessment of the availability of social infrastructure in the field of education in the subjects of the Ural Federal District. *Socium i vlast'* [Society and Power], 2016, no. 1(57), pp. 101–109. (in Russian)

14. Maksimova K.A., Korenev V.I. Urban planning analysis of the placement of university complexes in large cities of Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2023, vol. 25, no. 1, pp. 105–121. (in Russian)

POPOV Alexey V.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architecture Chair
Moscow State University of Civil Engineering
129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26
Email: da945@yandex.ru

TUTYSHKIN Evgeniy Yu.

Postgraduate Student of the Architecture Chair
Moscow State University of Civil Engineering
129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26
E-mail: evgeniy.tutyshkin@yandex.ru

Для цитирования: Попов А.В., Тутышкин Е.Ю. Вопросы архитектурно-градостроительной организации кампусов вузов Уральского федерального округа // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 145–150. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.18.

For citation: Popov A.V., Tutyshkin E.Yu. Issues of architectural and urban organization of university campuses of the Ural Federal district. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 145–150. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.18.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ



УДК:711.4: 504.06

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.19

Н. В. БАКАЕВА
В. А. ГОРДОН
И. В. ЧЕРНЯЕВА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ГОРОДСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

FORECASTING OF SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS IN URBAN DESIGN

Рассмотрено состояние современной социальной инфраструктуры в региональном аспекте на примере Орловской области. Разработана новая система показателей оценки среды жизнедеятельности, основанная на принципе удовлетворения рациональных потребностей человека через функции города. На основе полученных статистических данных о демографических и социально-экономических показателях региона был выполнен корреляционно-регрессионный анализ зависимых и независимых переменных, результаты которого являются основанием для выбора наиболее важных взаимовлияющих факторов и построения на их базе статистических моделей. Выявленные закономерности могут служить средством поддержки принятия решений по повышению качества жизни населения и управлению демографическими процессами на урбанизированной территории.

Ключевые слова: среда жизнедеятельности, социальная инфраструктура, комфорт, безопасность, демография, миграция, корреляционно-регрессионный анализ

The article examines the state of modern social infrastructure in the regional aspect on the example of the Orel region. A new system of indicators for assessing the living environment has been developed, based on the principle of satisfying rational human needs through the functions of the city. Based on the obtained statistical data on demographic and socio-economic indicators of the region, a correlation and regression analysis of dependent and independent variables was performed, the results of which are the basis for selecting the most important mutually influencing factors and building statistical models based on them. The revealed patterns can serve as a means of supporting decision-making to improve the quality of life of the population and manage demographic processes in an urbanized area.

Keywords: living environment, social infrastructure, comfort, security, demography, migration, correlation and regression analysis

Введение

Формирование благоприятной, безопасной и комфортной среды жизнедеятельности города в настоящее время является одной из главных проблем градостроительного планирования и проектирования и выдвигается в число важнейших государственных масштабных программ развития России. Однако в современных реалиях существует ряд причин, препятствующих развитию комфортной городской среды в регионах.

Достаточно низкое качество городской среды, сложившееся на сегодняшний день в большинстве поселений Российской Федерации, обусловлено ограниченными средствами местного и регионального бюджетов, выделяемыми на благоустройство, зачастую нецелевым использованием ресурсов, коррупционной составляющей этих процессов, регулярными нарушениями действующих стандартов содержания и нормативов,

а также отношением жителей к объектам благоустройства [1].

Ещё одной значимой проблемой градостроительной деятельности является противоречие между функциональной насыщенностью объектами различного функционального назначения жилых территорий города и методами их нерационального пространственного размещения и планировочной организации в соответствии с изменяющимися потребностями населения. Для решения данной проблемы необходимо построение новых моделей и выявление закономерностей функционирования городских элементов планировочных структур [2].

Социальную инфраструктуру в региональном ключе можно представить как сложную иерархичную многокомпонентную систему, которая включает в себя различные инфраструктуры (рис. 1).

Социальная инфраструктура определяет качество жизни и развития населения региона (охрана здоровья, доступность образования). В то же время ее главной целью является оказание разнообразных услуг социального характера, таких как медицинские услуги, образование, услуги физического и культурного развития [3]. Многофункциональность, динамичность и структурированность являются главными характеристиками социальной инфраструктуры региона.

Для изучения социальной инфраструктуры в разрезе региона применяются в основном такие методы исследования, как системный и ситуационный. Системный метод рассматривает предмет изучения как целостность подсистем и определяет взаимодействия как в самом объекте, так и с внешними условиями. В процессе ситуационного подхода на основе стандартных процедур исследования выполняется анализ сложившейся в регионе ситуации.

Жилые районы представляют собой объекты градостроительной деятельности, определяющие в первую очередь, насколько способна городская среда удовлетворить жизненно необходимые потребности населения, учитывая при этом социально-экономические и демографические перспективы и всестороннее развитие человека [4]. К жизненно важным потребностям городского населения следует отнести не только материальные потребности (качество одежды, питания, комфортность жилья, доступность и качество здравоохранения, образования и других услуг, окружающей среды, досуга, социального общения и т. д.), но и значительно возрастающие в последнее время культурные и духовные (самопознание и познание, религия, потребность в творчестве и т. д.). Таким образом, «среду жизнедеятельности города» предлагается рассматривать как динамично развивающуюся категорию [5].

Методологической основой данного исследования является новое научное направление, разработанное в РААСН под руководством академика В.А. Ильичева и основанное на принципах симбиоза градостроительных систем и биосферных процессов, обеспечивающих благоприятные и безопасные условия проживания населения [6–8]. Работы академика В.А. Ильичева и его последователей [9–11 и др.] дают представление о том, что среда жизнедеятельности населения города является целостной многоуровневой системой элементов с процессным характером их взаимодействия между собой. Всесторонняя характеристика условий жизни населения обуславливает психическое, физическое и социокультурное развитие человека или сообщества людей, а развитость инфраструктуры города является индикатором уровня социального развития, определяющего во многом уровень комфортности и благоприятности среды жизнедеятельности.



Рис. 1. Система региональной социальной инфраструктуры [3]

Впервые методология установления причинно-следственных связей между численностью населения региона и перечнем факторов, определяющих условия для развития человека в биосферосовместимом городе, была предложена в исследовании [10]. Кроме того, в работе [12] были рассмотрены и получили развитие вопросы математического моделирования динамики и взаимного влияния экологических факторов и численности населения. Вместе с тем, многие труды зарубежных исследователей посвящены проблеме выявления функциональных зависимостей жизнедеятельности городского населения [13].

Исследованиями в области устойчивого функционирования природно-антропогенных систем [14, 15] были определены нелинейные зависимости ожидаемой продолжительности жизни населения от потребляемых природных ресурсов [16].

Проблемы устойчивости жилых районов с позиции их долгосрочной жизнеспособности рассматриваются в работах [17, 18] и имеют значимость для экспертов в территориальном планировании [19, 20].

Целью настоящего исследования является моделирование процесса изменения демографической ситуации и ее исследование на примере отдельно взятого региона. Практическим инструментом для решения поставленной задачи выступают методы корреляционно-регрессионного анализа.

Исходя из предпосылки, что инфраструктура жилых районов, реализующая функции биосферосовместимого города, является показателем его жизнедеятельности и уровня социального благополучия населения, проживающего в этих районах, была поставлена задача

исследования и учета комплекса факторов жилой среды при прогнозировании социальных и демографических ее показателей.

Основная часть

В качестве объекта данного исследования рассмотрим урбанизированную территорию одного из регионов ЦФО – Орловскую область (рис. 2).

Рассмотрим основные градостроительные и социально-экономические проблемы региона.

Современный характер застройки городского пространства (уплотнение и рост) ограничивает места комфортного отдыха человека, таким образом негативно влияя на здоровье населения в целом (агрессивная городская среда, акустическое загрязнение, пыль) [21]. Особенно это характерно для центральной части города. Точечная застройка способствует увеличению плотности населения, возрастает нагрузка на транспортные магистрали города. В итоге в сложившейся архитектурно-пространственной среде наблюдается нарушение баланса. В таких ситуациях градостроительные нормативы озеленения на одного жителя часто не выполняются [22].

Наряду с проблемами точечной застройки в городе достаточно остро стоит вопрос значительного объема неиспользуемых зданий и сооружений. К ним можно отнести множество разрушенных жилых домов, в том числе объекты культурно-исторического наследия. Это усадьба Фомичевых на улице Октябрьской, построенная в начале XIX в., дом Ф.И. Лобанова (ул. Старо-Московская, построен в 1881 г.) и дом А. Сырцевой (ул. Карачевская, построен в 1862 г.) (рис. 3). Несмотря на то, что эти здания являются исторически ценными объектами, они существенно искажают восприятие горожанами архитектурно-пространственной среды города.



Рис. 2. Карта Орловской области и фото областного центра (г. Орел).
Источник: <https://haveall.net/karty-gorodov-orlovskoj-oblasti/> (дата обращения: 01.03.2023)

На сегодняшний день реновация необходима не только жилищному фонду города, но и производственным территориям (рис. 4). Большое количество заводов и производственных мощностей в настоящее время неэффективно используются, а также не в полной мере функционируют. Особенно эта проблема актуальна для территорий производственных зон, расположенных вблизи центральной части города, что отрицательно сказывается на архитектурном облике городской среды.

Таким образом, одними из главных проблем архитектурно-пространственных решений существующей застройки города являются нерациональное использование городских территорий и регресс сложившейся городской застройки.

Кроме того, актуальной проблемой города является тенденция к сокращению зеленых насаждений. В Железнодорожном районе г. Орла в 2022 г. было вырублено 500 деревьев, а высадка

новых вообще была не запланирована на данный период. В Северном районе города было вырублено 501 дерево, а высажено – значительно меньше [23].

В последнее время в Орле, как и во многих городах России, наблюдается проблема системного характера: строится большое число новых жилых комплексов, основным показателем для которых является количество квадратных метров жилья на застроенной территории, при этом объектам социальной инфраструктуры не уделяется должного внимания, а также не соблюдаются нормативы по территориям рекреационных зон.

Помимо основных градостроительных проблем, в последнее время особенно острыми становятся социально-экономические проблемы региона.

Орловский регион можно отнести к одному из самых стремительно вымирающих



Рис. 3. Разрушенные объекты культурно-исторического наследия города Орла.
Источник: <https://oreltimes.ru/programs/history/kak-orlovtsy-zhivut-rjedom-s-pogibajushhim-domom-lobanovyh/> (дата обращения: 09.03.2023)



Рис. 4. Территории производственных зон в центральной части города.
Источник: <https://orel-story.ru/forum/index.php?action=vthread&forum=1&topic=799&page=6>
(дата обращения: 09.03.2023)

регионов ЦФО. Численность населения в промежуток времени с 2021 по 2022 гг. уменьшилась на 11643 человека и продолжает сокращаться. Снижение числа населения в регионе отмечается с 1992 г. Так, согласно данным Орёлстата, если в 2011 г. население Орловской области составляло 785 592 человека, то в 2022-м – 714 04 человека. Доля городского населения увеличилась до 67 %, а сельского сократилась до 33 % [24]. В «Демографическом рейтинге регионов – 2022» Орловщина заняла пятое место с конца, понизив свое положение в сравнении с прошлым годом на три пункта – с 78-го до 81-го места [25].

Как известно, от решения демографической проблемы во многом зависит устойчивость социально-экономического развития. По мнению экспертов, высокий уровень убыли населения связан со «сверхсмертностью от COVID» – в виде прямых причин либо сопутствующих заболеваний.

По младенческой смертности и смертности детей в возрасте до 4 лет Орловская область стоит на первом месте по ЦФО. Ожидаемая продолжительность здоровой жизни составляет всего 53,1 года. В сравнении с другими регионами ЦФО в Орловской области одни из самых высоких показателей смертности от новообразований, болезней системы кровообращения, а также высокие показатели заболеваемости туберкулезом, психическими расстройствами и расстройствами поведения, алкоголизмом.

Высокие показатели смертности и заболеваемости связаны напрямую с такими острыми проблемами в сфере здравоохранения Орловской области, как нерациональное использование средств при проведении модернизации системы здравоохранения, закрытие Центра для обследования онкобольных, дефицит препаратов, кадровые проблемы, а также множество выявленных в регионе нарушений при обеспечении льготной категории граждан бесплатными лекарствами и медицинскими изделиями.

Орёлстат опубликовал доклад о социально-экономическом положении Орловской области за 2022 г. [26], в котором сравниваются показатели с 2021 г. По итогам прошлого года наиболее сильный спад наблюдается в сфере промышленности (-4,3 %), производстве лекарственных средств (-50,1 %), производстве текстильных изделий (-44,9 %), готовых металлических изделий (-24,9 %), машин и оборудования (-34,2 %). Пострадало производство мебели (-16,9 %), бумаги и бумажных изделий (-18 %).

Вышеперечисленные проблемы непосредственно влияют на демографическую ситуацию региона, в том числе и на миграционные процессы.

Построение системы показателей. Для того чтобы выбрать факторы, наиболее влияющие на показатели благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города, необходимо выполнить анализ социально-экономических и демографических условий с применением математических и статистических критериев, а также нормативов градостроительного проектирования. Как показывает практика, социально-экономические и демографические показатели являются наиболее реально оцениваемыми и хорошо прослеживаемыми [27].

В настоящем исследовании была выдвинута гипотеза о том, что инфраструктура города, реализующая его функции как биосферосовместимого, есть показатель его благоприятной среды жизнедеятельности, а также уровня социального благополучия населения, проживающего в этом городе.

В качестве независимых (объясняющих) факторов было принято 40 показателей ($X_1 - X_{40}$), которые характеризуют различные составляющие реализуемости функций города Φ_i . При этом *значимость всех функций города одинаковая, а реализуемость их в жилых районах разная*. В частности, анализ реализуемости функций города выявил, что 18 факторов ($X_1 - X_8, X_{31} - X_{40}$) определяют реализуемость функции города «Жизнеобеспечение»; 5 факторов ($X_9 - X_{13}$) относятся к функции «Развлечения и отдых»; 1 фактор (X_{14}) – к системе управления, т. е. функции «Власть»; 2 фактора (X_{15} и X_{16}) – к функции «Милосердие»; 5 факторов ($X_{17} - X_{21}$) относятся к образовательной функции «Знания»; 6 факторов ($X_{22} - X_{27}$) – к функции города «Творчество»; 3 фактора ($X_{28} - X_{30}$) – к гармонизации отношений с окружающей средой, т. е. функции города «Связь с природой». Результативной переменной Y_0 был принят показатель «Численность населения» как «механизм демографического воспроизводства» [28]. Также в качестве результативных переменных в анализе были приняты показатели миграции населения Y_1 – «Число прибывших» и Y_2 – «Число выбывших».

Дальнейшие расчеты проводились на основании данных, предоставляемых открытыми источниками информации – официальными сайтами Федеральной службы государственной статистики, Орёлстата, ЕМИИС и др.

Опираясь на результаты корреляционного анализа, определили, что на исследуемый показатель Y_0 «Численность населения» влияет перечень объясняющих факторов жизнедеятельности человека в регионе, в частности общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя (на конец года), m^2 (x_1); численность работников государственных

органов и органов местного самоуправления (x_{14}); площадь земель лесного фонда, тыс. га (x_{28}); численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, тыс. чел. (x_{34}); численность безработных,

зарегистрированных в органах службы занятости населения (на конец года), тыс. чел. (x_{35}).

После проведения оценки значимости коэффициентов и оценки качества модели получили итоговую функцию:

$$Y_0 = -1201064 - 10530,6 \cdot X_1 - 0,28 \cdot X_{14} - 627 \cdot X_{28} - 105,7 \cdot X_{34} + 1122,8 \cdot X_{35} . \quad (1)$$

Корреляционно-регрессионный анализ показал уменьшение численности населения в Орловской области в обсуждаемый промежуток времени (рис. 5), что соответствует действительности.

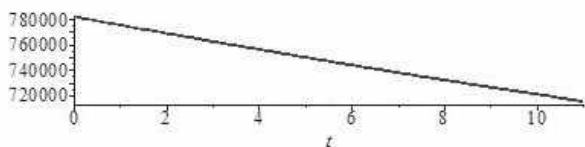


Рис. 5. График изменения численности населения Орловской области в промежуток времени 11 лет с 2011 по 2021 гг.

Как показал анализ уравнения (1), наибольшее влияние на численность населения региона оказывает *общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя*. Обеспеченность жильем является важнейшим показателем качества жизни, а также критерием социальной стабильности общества. Жилищные условия существенно влияют на уровень рождаемости и миграционную активность, а также на уровень заболеваемости населения в целом [29].

Следующий влияющий фактор – *численность работников государственных органов и органов местного самоуправления*. Государство через политику в области управления демографическими процессами (демографическую, семейную, социальную политику) стремится оказать воздействие на демографическую ситуацию. В основе управления демографическими процессами на уровне региона лежат такие цели, как увеличение средней продолжительности жизни населения региона, обеспечение роста рождаемости, снижение уровня смертности, регулирование внешней и внутренней миграции, сохранение здоровья населения. Власти принимают активные действия, направленные на улучшение демографической ситуации (например, реализация программы материнского капитала), однако предпринимаемые меры не обеспечивают необходимого прироста населения.

Важным влияющим фактором на численность населения региона является такой фактор, как *площадь земель лесного фонда*. Лесной покров – это составная часть и энергетическая основа биосферы. Леса значительно воздействуют на окружающую среду, они обуславливают положительные изменения климатических, гидрологических, биохимических и других факторов, тем самым создавая благоприятные для человека условия [30]. Лес во многом определяет качество окружающей среды и то, насколько эта окружающая среда подходит для удобного и здорового существования населения.

Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума также влияет на демографическую ситуацию в регионе.

На современном этапе экономического развития Российской Федерации проблема бедности является одной из острейших. Процессы рождаемости опосредованы множеством социально-экономических процессов, среди которых весьма значимым фактором является финансовое благополучие населения. Исследование [31] показало, что уровень бедности влияет на естественный прирост населения и на продолжительность жизни с похожей динамикой: с увеличением уровня бедности снижается естественный прирост населения, продолжительность жизни при этом также сокращается.

Следующим важным фактором является *численность безработных, зарегистрированных в органах службы занятости населения*. Как показывает исследование [31], уровень безработицы прямым образом взаимосвязан с естественным приростом населения и продолжительностью жизни: повышение уровня безработицы влечет за собой снижение прироста населения, а также продолжительности жизни. Аналогичным образом работа [32] подтверждает непосредственное влияние уровня безработицы на коэффициент рождаемости в стране. Эти выводы совпадают с результатами международных исследований немецкого института Макса Планка, которые доказывают, что увеличение уровня безработицы даже на 1 процент, снижает рождаемость примерно на 0,2 процента.

Аналогично выполним корреляционно-регрессионный анализ для исследуемых факторов Y_1 (число прибывших) и Y_2 (число выбывших).

После проведения оценки значимости коэффициентов и оценки качества моделей получили итоговые функции:

$$Y_1 = -73081 + 3,264 \cdot X_4 + 7,5 \cdot X_5 + 2,12 \cdot X_{33} + 440,86 \cdot X_{35} + 254,0 \cdot X_{40}, \quad (2)$$

$$Y_2 = -20721,2 - 1,218 \cdot X_3 + 1399,5 \cdot X_{15} - 462,78 \cdot X_{20} - 70,1 \cdot X_{37} + 5,789 \cdot X_5. \quad (3)$$

Итерационным методом установили уменьшение числа прибывших в Орловскую область в обсуждаемый промежуток времени, и, наоборот, увеличение числа выбывших из Орловской области в первые шесть лет выбранного промежутка времени, а затем спад численности выбывших в последующие пять лет (рис. 6), что соответствует действительности.

Основываясь на результатах корреляционного анализа, выявили, что на исследуемый показатель Y_1 «Число прибывших» влияют следующие объясняющие факторы жизнедеятельности человека в регионе: ввод в действие жилых домов, тыс. м² (x_4); число коек в медицинских организациях (x_5); средний размер назначенных пенсий, руб. (x_{33}); численность безработных, зарегистрированных в органах службы занятости населения (на конец года), тыс. чел.

(x_{35}); число особо охраняемых природных территорий (x_{40}).

В свою очередь на исследуемый показатель Y_2 «Число выбывших» влияют: число семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в жилых помещениях (на конец года) (x_3); число коек в медицинских организациях (x_5); число организаций для граждан пожилого возраста и инвалидов-взрослых (x_{15}); число образовательных организаций высшего профессионального образования, ед. (x_{20}); количество выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников, тыс. т (x_{37}).

Далее был выполнен прогноз изменения численности населения Орловской области, а также числа прибывших и выбывших на промежуток времени 5 и 10 лет (рис. 7).

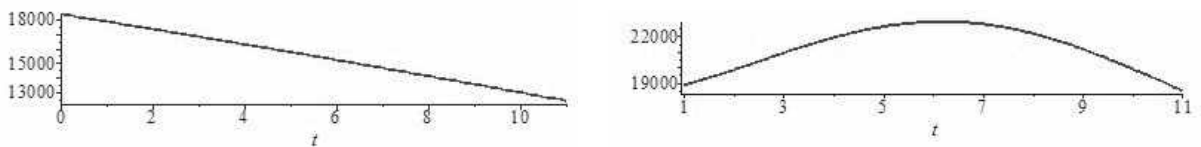


Рис. 6. Графики изменения числа прибывших в Орловскую область и числа выбывших из Орловской области в промежуток времени 11 лет с 2011 по 2021 гг.

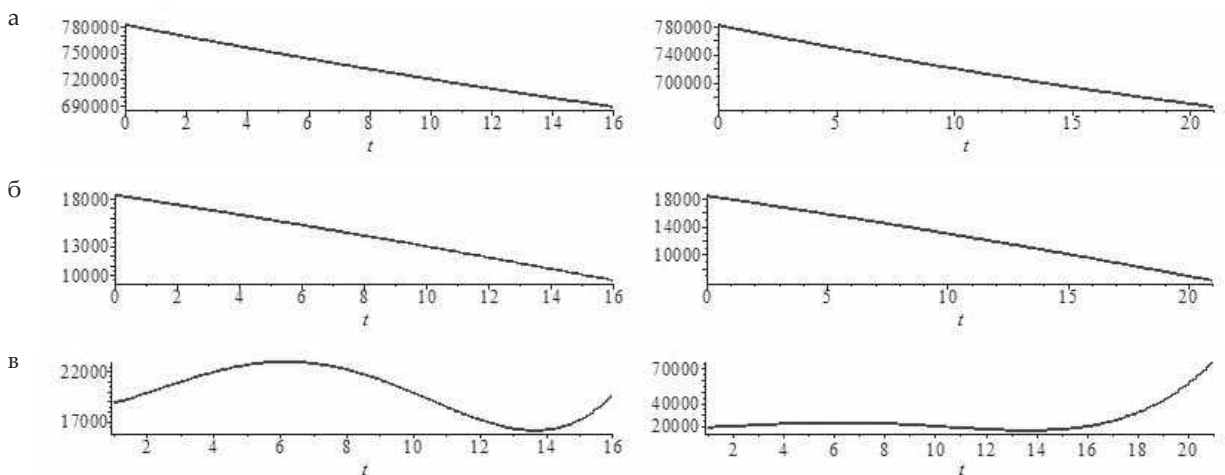


Рис. 7. Прогноз изменения демографических процессов Орловской области на промежуток времени 5 и 10 лет соответственно: а – прогноз изменения численности населения Орловской области; б – прогноз изменения числа прибывших в Орловскую область; в – прогноз изменения числа выбывших из Орловской области

Численные результаты прогноза выглядят достаточно логичными. Наблюдается снижение численности населения в регионе в динамике за 5 и 10 лет, спад прибывающих, а также рост выбывающих. Таким образом, если показатели благоприятной среды жизнедеятельности и уровня социально-экономического благополучия населения в регионе останутся на прежнем уровне или ниже, то в скором будущем будет наблюдаться критическое непрерывное снижение численности населения за счет естественной убыли и миграционного оттока. В качестве основы для принятия управленческих решений могут выступать выявленные корреляционные связи между демографическими показателями и показателями, характеризующими различные составляющие реализуемости функций города. Для комплексного решения проблемы инновационного развития городов и прогрессивного развития человеческого потенциала в долгосрочной перспективе необходимо применять программно-целевые методы на уровне регионов, оценивать социальный климат урбанизированных территорий, а также всесторонне удовлетворять рациональные потребности населения через функции города.

Выводы

На основе изучения статистических данных о социально-экономических и демографических показателях одного из регионов ЦФО – Орловской области был выполнен корреляционно-регрессионный анализ зависимых и независимых переменных, результаты которого являются основанием для выбора наиболее важных взаимовлияющих факторов и построения статистических моделей, прогнозирующих наиболее комфортные и благоприятные условия жизнедеятельности. Выявленная значимость показателей социально-демографических характеристик среды жизнедеятельности обусловлена тем, что согласно одному из принципов парадигмы биосферной совместимости они определяют уровень удовлетворения физических, духовных и социальных потребностей городского населения, а также отражают воздействие условий среды на показатели жизнеобеспечения.

В практическом плане результаты проведенного исследования дают возможность сопоставлять между собой различные планировочные решения, соотносить методы усовершенствования структуры города по важному показателю – степени удовлетворения потребностей человека. Построенные модели могут служить средством поддержки принятия решений по повышению уровня качества жизни населения урбанизированной территории и управлению демографическими процессами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петрина О. А., Стадолин М. Е. Комфортная городская среда: тенденции и проблемы организации // Вестник университета. 2018. № 6. С. 34–38.
2. Крашенников А. В. Видимый спектр градостроительных проблем // Градостроительное искусство. Новые материалы исследований РААСН, НИИТАГ. Вып. 1 / отв. ред. И. А. Бондаренко. М.: КомКнига. 2007. С. 461–463.
3. Антонюк В. С., Буликеева А. Ж. Социальная инфраструктура в системе региональной инфраструктуры // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 11. С. 31–39.
4. Колясников В. А. Градостроительство в стратегических направлениях развития России // Архитектон: известия вузов. 2018. № 4 (64). С. 18–22.
5. Боков А. В. Теория. Город. Среда // Архитектура и строительство России. 2019. № 4 (232). С. 8–15.
6. Ильичев В. А. Биосферная совместимость – принцип, позволяющий построить парадигму жизни в гармонии с планетой земля // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 1 (1). С. 4–5.
7. Ильичев В. А. Биосферная совместимость природы и человека – путь к системному решению глобальных проблем // Стратегические приоритеты. 2014. № 1 (1). С. 42–58.
8. Ильичев В. А. Биосферная совместимость: технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека // ЛИБРОКОМ. 2011. 240 с.
9. Ильичев В. А., Колчунов В. И., Бакаева Н. В. Реконструкция урбанизированных территорий на принципах симбиоза градостроительных систем и их природного окружения // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 4–11.
10. Ильичев В. А., Колчунов В. И., Гордон В. А. Методика прогнозирования показателей биосферосовместимости урбанизированных территорий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. № 2. С. 52–57.
11. Ильичев В. А., Колчунов В. И., Гордон В. А., Бакаева Н. В., Кормина А. А. Модель демографического прироста населения региона // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 3 (35). С. 3–13.
12. Востров В. К. Математические модели динамики численности населения и влияния на нее экологических факторов на урбанизированных территориях // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 10. С. 52–57.
13. Barton H., Grant M. Urban Planning for Healthy Cities. A Review of the Progress of the European Healthy Cities Programme // Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine. 2011. Vol. 90. Suppl.1.
14. Bouton S., Lindsey M. and Woetzel J. New Models for Sustainable Growth in Emerging-market Cities. McKinsey on Sustainability & Resource Productivity. No. 1. 2012. P. 54–63.

15. Rodrigues M., Franco M. Measuring the urban sustainable development in cities through a composite index: the case of Portugal // *Journal: Sustainable Development*. 2019. P. 32–43.

16. Madreimov T., Li L. Natural-resource dependence and life expectancy: a nonlinear relationship // *Sustainable Development*. 2019. No. 4. Vol. 27. P. 681–691.

17. Arendt R. Residential neighborhood design principles // *Envisioning Better Communities*. 2017. P. 53–98. DOI: 10.4324/9781351179720-4.

18. Leonard T. Housing upkeep and public good provision in residential neighborhoods // *Housing Policy Debate*. 2016. Vol. 26. No. 6. P. 888–908. DOI: 10.1080/10511482.2015.1137966.

19. Schropfer T. Ecological urban architecture. Birkhauser. 2012. 207 p. DOI: 10.1515/9783034611756.

20. Patricios N.N. Urban design principles of the original neighbourhood concepts // *Urban Morphology*. 2002. Vol. 6 (1). P. 21–3219.

21. Бакаева Н.В., Черняева И.В. Алгоритм оценки градостроительной деятельности на основе принципов биосферной совместимости // *Градостроительство и архитектура*. 2019. Т. 9. № 2 (35). С. 5–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.1.

22. Бакаева Н.В., Черняева И.В. Вопросы озеленения городской среды при реализации функций биосферосовместимого города // *Строительство и реконструкция*. 2018. № 2 (76). С. 85–94.

23. Прокуратура Орловской области [Электронный ресурс]. URL: https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_57/mass-media/news?item=76677230 (дата обращения: 20.03.2023).

24. Орловская область: Аналитика, цифры, факты [Электронный ресурс]. URL: <https://orel.bezformata.com/listnews/orlovskaya-oblast-voshla-v-top/105763677/> (дата обращения: 20.03.2023).

25. Демографический рейтинг регионов – 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://tiaring.ru/infografika/20220404/630220607.html> (дата обращения: 20.03.2023).

26. Социально-экономическое положение Орловской области за 2022 год. Орел: Орелстат, 2023. 58 с.

27. Кулькова И.А. Взаимосвязь статистических показателей качества жизни естественного воспроизводства населения муниципальных образований // *Известия. УрГЭУ*. 2016. №3 (65). С. 92–99.

28. Елин А.М. Проблемы демографии и пути их решения в современной России // *Вестник науки и образования*. 2019. № 17 (71). С. 19–29.

29. Мигунова Ю. В., Садыхов Р. М. Материальная и жилищная обеспеченность населения как фактор социальной устойчивости территорий // *Жизненный потенциал региона: демографические проблемы современного общества (Аитовские чтения): сборник материалов международной научно-практической конференции*. Уфа: АЭТЕРНА, 2015. С. 307–310.

30. Хабарова И.А., Хабаров Д.А., Брукман Н.Г., Дручинин С.С. О состоянии земель лесного фонда на

территории России // *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2018. № 2. С. 47.

31. Рюмина Е. В. Качество жизни как фактор влияния на качественные характеристики населения // *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2019. № 7. С. 134–139. DOI 10.24411/2411-0450-2019-11092.

32. Мяготина Е. Д., Невежин В.П. Влияние уровня безработицы на рождаемость в России // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2020. № 4–2(94). С. 30–35. DOI 10.23670/IRJ.2020.94.4.028.

REFERENCES

1. Petrina O.A., Stadolin M.E. Comfortable urban environment: trends and problems of organization. *Vestnik universiteta* [Bulletin of the University], 2018, no. 6, pp. 34–38. (In Russian)

2. Krashennikov A.V. Visible spectrum of urban development problems. *Gradostroitel'noe iskusstvo. Novye materialy issledovaniy RAASN, NIITAG* [Urban planning art. New materials of RAACS research]. Moscow, KomKniga, 2007, pp. 461–463. (In Russian).

3. Antonyuk V.S., Bulikeeva A.ZH. Social infrastructure in the regional infrastructure system. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tyumen State University], 2013, no 11, pp. 31–39. (in Russian)

4. Kolyasnikov V.A. Urban planning in the strategic directions of Russia's development. *Arhitekton: izvestiya vuzov* [Architecton: news of universities], 2018, no. 4 (64), pp. 18–22. (in Russian)

5. Bokov A.V. Theory. City. Environment. *Arhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and construction of Russia], 2019, no. 4 (232), pp. 8–15. (in Russian)

6. Il'ichev V.A. Biospheric compatibility is a principle that allows you to build a paradigm of life in harmony with the planet earth. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: person, region, technology], 2013, no. 1, pp. 4–5. (in Russian)

7. Il'ichev V.A. Biospheric compatibility of 'nature and man – the way' to the systemic solution of global problems. *Strategicheskie prioritety* [Strategic priorities], 2014, no. 1, pp. 42–58. (in Russian)

8. Il'ichev V.A. *Biosfernaya sovmestimost': tekhnologii vnedreniya innovacij. Goroda, razvivayushchie cheloveka* [Biosphere compatibility: technologies of innovation implementation. Cities that develop people]. Moscow, LIBROKOM, 2011. 240 p.

9. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Reconstruction of urbanized territories based on the principles of symbiosis of urban planning systems and their natural environment. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2018, no. 3, pp. 4–11. (in Russian)

10. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A. Methodology of forecasting indicators of biospheric compatibility of urbanized territories. *Sejmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij* [Earthquake-

resistant construction. Safety of structures], 2010, no. 2, pp. 52–57. (in Russian)

11. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Bakaeva N.V., Kormina A.A. The model of demographic growth of the region's population. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: person, region, technology], 2021, no. 3 (35), pp. 3–13. (in Russian)

12. Vostrov V.K. Mathematical models of population dynamics and the influence of environmental factors on it in urbanized territories. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction], 2015, no. 10, pp. 52–57. (in Russian)

13. Barton H., Grant M. Urban Planning for Healthy Cities. A Review of the Progress of the European Healthy Cities Programme. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 2011. Vol. 90. Suppl.1.

14. Bouton S., Lindsey M. and Woetzel J. New Models for Sustainable Growth in Emerging-market Cities. *McKinsey on Sustainability & Resource Productivity*. No. 1. Summer 2012. P. 54–63.

15. Rodrigues M., Franco M. Measuring the urban sustainable development in cities through a composite index: the case of Portugal. *Journal: Sustainable Development*. 2019. P. 32–43.

16. Madreimov T., Li L. Natural-resource dependence and life expectancy: a nonlinear relationship. *Sustainable Development*. 2019. No. 4. Vol. 27. P. 681–691.

17. Arendt R. Residential neighborhood design principles. *Envisioning Better Communities*. 2017. P. 53–98. DOI: 10.4324/9781351179720-4

18. Leonard T. Housing upkeep and public good provision in residential neighborhoods. *Housing Policy Debate*. 2016. Vol. 26. No. 6. P. 888–908. DOI: 10.1080/10511482.2015.1137966

19. Schropfer T. *Ecological urban architecture*. Birkhauser. 2012. 207 p. DOI: 10.1515/9783034611756

20. Patricios N.N. Urban design principles of the original neighbourhood concepts. *Urban Morphology*. 2002. Vol. 6 (1). P. 21–3219.

21. Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. An algorithm for evaluating urban planning activities based on the principles of biospheric compatibility. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban planning and architecture], 2019, vol. 9, no. 2 (35), pp. 5–14. (in Russian)

22. Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. Questions of greening the urban environment in the implementation of the functions of a biosphere-compatible city. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Construction and reconstruction], 2018, no. 2 (76), pp. 85–94. (in Russian)

23. Prosecutor's Office of the Oryol region. Available at: https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_57/mass-media/news?item=76677230 (accessed 20 March 2023).

24. Oryol region: Analytics, figures, facts. Available at: <https://orel.bezformata.com/listnews/orlovskaya-oblast-voshla-v-top/105763677/> (accessed 20 March 2023).

25. Demographic rating of regions – 2022. Available at: <https://riarating.ru/infografika/20220404/630220607.html> (accessed 20 March 2023).

26. *Social'no-ekonomicheskoe polozhenie Orlovskoj oblasti za 2022 god* [Socio-economic situation of the Orel region in 2022]. Orel, Orelstat, 2023. 58 p.

27. Kul'kova I.A. The relationship of statistical indicators of the quality of life of natural reproduction of the population of municipalities. *Izvestiya. UrGEU* [News UrGEU], 2016, no. 3 (65), pp. 92–99. (in Russian)

28. Elin A.M. Demographic problems and ways to solve them in modern Russia. *Vestnik nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Science and Education], 2019, no. 17 (71), pp. 19–29. (in Russian)

29. Migunova YU.V., Sadykov R.M. Material and housing security of the population as a factor of social stability of territories. *ZHiznennyj potencial regiona: demograficheskie problemy sovremennogo obshchestva (Aitovskie chteniya): Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Vital potential of the region: demographic problems of modern society (Ait readings): Collection of materials of the international scientific and practical conference]. Ufa, AETERNA, 2015, pp. 307–310. (in Russian)

30. Habarova I.A., Habarov D.A., Brukman N.G., Druchinin S.S. About the state of the forest fund lands in Russia. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologii Integral* [International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral], 2018, no. 2, pp. 47–54. (in Russian)

31. Ryumina E.V. Quality of life as a factor influencing the qualitative characteristics of the population. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika* [Economics and Business: theory and practice], 2019, no. 7, pp. 134–139. DOI 10.24411/2411-0450-2019-11092. (in Russian)

32. Myagotina E.D., Nevezhin V.P. The impact of the unemployment rate on the birth rate in Russia. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal], 2020, no. 4–2(94), pp. 30–35. DOI 10.23670/IRJ.2020.94.4.028. (in Russian)

Об авторах:

БАКАЕВА Наталья Владимировна

доктор технических наук, профессор кафедры градостроительства, профессор, советник РААСН, главный научный сотрудник Национального исследовательского Московского государственного строительного университета
Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, тел. (495)287-49-14
E-mail: natbak@mail.ru

ГОРДОН Владимир Александрович

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической физики и математики, советник РААСН, главный научный сотрудник Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 40, тел. (4862)41-98-48
E-mail: gordon@ostu.ru

ЧЕРНЯЕВА Ирина Викторовна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования городской среды, старший научный сотрудник Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
302030, Россия, г. Орёл, ул. Московская, 77
E-mail: schunya87@yandex.ru

BAKAEVA Natalya V.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Urban Planning Chair
Professor, Advisor to RAASN, Chief Scientist
Moscow State University of Civil Engineering
Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26, tel. (495)287-49-14
E-mail: natbak@mail.ru

GORDON Vladimir Al.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Technical Physics and mathematics Chair, Professor, Advisor to RAASN, Chief Scientist
I.S. Turgenev Oryol State University
Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
302020, Russia, Orel, Naugorskoe h., 40, tel. (4862)41-98-48
E-mail: gordon@ostu.ru

CHERNYAEVA Irina V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Urban Environment Design Chair
Chief Scientist
I.S. Turgenev Oryol State University
Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
302030, Russia, Orel, Moscow str., 77
E-mail: schunya87@yandex.ru

Для цитирования: Бакаева Н.В., Гордон В.А., Черняева И.В. Прогнозирование социально-демографических характеристик в городском проектировании // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 151–161. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.19.

For citation: Bakaeva N.V., Gordon V.A., Chernyaeva I.V. Forecasting of socio-demographic characteristics in urban design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 151–161. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.19.

О. Н. БЕЗБОРОДОВА
Н. А. ЛЕКАРЕВА
М. М. МУБАРАКШИНА

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СРЕДЫ КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В Г. ОРЕНБУРГЕ

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF MUNICIPAL COMPLEX TERRITORIES IN ORENBURG

В статье ставится задача рассмотрения развития среды коммунального комплекса в г. Оренбурге. Раскрываются понятия «коммунальный комплекс» и «коммунальное хозяйство», переходя на определение «деятельная среда коммунального комплекса». Результаты ретроспективного анализа представлены в сводной таблице, что позволяет наглядно отследить развитие среды коммунального комплекса в структуре территорий Оренбурга. В результате исследования выявлен баланс между площадями города (в процентных соотношениях), производственным комплексом и коммунальным комплексом. Дана краткая установка на модернизацию коммунального комплекса.

Ключевые слова: *деятельная среда коммунального комплекса, коммунальное хозяйство, коммунальный комплекс, генплан, городская среда*

По определению Большой советской энциклопедии, коммунальный комплекс города является «совокупностью предприятий, служб и хозяйств по обслуживанию населения городов» [1, 2].

В современной терминологии употребляется понятие «жилищно-коммунальное хозяйство». Однако такой термин отсутствует в нормативной и правовой базах. По сути, в этом сочетании объединены два разных понятия: «жилищное хозяйство» и «коммунальное хозяйство» [3].

Степень развития коммунального комплекса оказывает влияние на целый ряд факторов, характеризующих уровень благосостояния жителей города (санитарно-гигиенические условия и чистота воздушного и водного бассейнов, уровень экономического и социокультурного развития горожан) [4–17].

Можно определить понятие «деятельная среда коммунального комплекса». При этом под «деятельной» следует понимать среду, в рамках которой происходит определенное функциональное действие выраженной специфики.

Деятельная среда коммунального комплекса (ДСКК) представляет собой среду, объединя-

The article sets the task of considering the development of the environment of the communal complex in the city of Orenburg. The concepts of “communal complex” and “communal services” are revealed, moving on to the definition of “the active environment of the communal complex”. The results of a retrospective analysis are presented in a summary table, which allows you to visually track the development of the environment of the communal complex in the structure of the territories of the city of Orenburg. As a result of the study, a balance was revealed between the areas of the city (in percentage terms), the industrial complex and the communal complex. A brief installation for the modernization of the communal complex is given.

Keywords: *the active environment of the communal complex, communal services, communal complex, general plan, urban environment*

ющую архитектурно-ландшафтные объекты городского пространства, включающую территории и здания, которые находятся в пользовании коммунального комплекса города.

В настоящее время границы ареала размещения объектов коммунального комплекса и зон специального назначения регулируются в соответствии с постановлением администрации Муниципального образования населенного пункта, постановлением Правительства области или постановлением Правительства Российской Федерации. В частности, регулируется вид разрешенного использования земельных участков, предельные размеры и предельные параметры строительства, расчетные показатели минимально допустимого уровня обеспеченности соответствующей территории объектами коммунальной инфраструктуры [18].

Примеры из истории развития города Оренбурга иллюстрируют постепенное «вымирание» объектов коммунального комплекса и замену их другими функциями.

Для исторического сравнения была проанализирована территория коммунального

комплекса от основания города Оренбурга до настоящего времени (табл. 1). При основании города в 1743 г. баланс территорий коммунального комплекса относительно общей площади города составил 18 %. На следующем генплане от 1849 г. данное соотношение составляет 16 %. Это, по всей видимости, связано с увеличением плотности застройки в периметре крепостных стен. Возможно, активное строительство спровоцировала отмена воинского постоя в 1821 г. Площадь города увеличилась, а площади коммунального комплекса – нет, но качество очевидно выросло. В 1827 г. в городе существовала временная водозаборная система, а в 1861 г. – централизованный водопровод (отмечены только на генплане от 1871 г.). Также значительно больше стала площадь озеленения, это объясняется появлением за пределами крепости благоустроенных дач. На схеме генплана от 1871 г. заметно увеличение общей площади города, что связано с упразднением крепости в 1862 г. Баланс площади города к площади

коммунального комплекса составлял 40 %. Это наследие «золотого века» военного губернатора В.А. Перовского, который активно занимался повышением качества городской среды. Процент озеленения снова вырос – Зауральная роща стала парковой зоной. Кроме того, в деятельной среде коммунального комплекса появилась новая категория – инженерные предприятия.

Согласно Генеральному плану от 1905 г., общая площадь города увеличилась почти в три раза в результате появления железнодорожной связи с Самарой в 1876 г. и с Ташкентом в 1906 г. В деятельной среде коммунального комплекса появилась новая категория – транспортные предприятия. Этот факт также повлиял на увеличение в три раза площадей общественно-деловой зоны. Открытие электростанции в 1899 г. дополнило площади инженерных предприятий. Баланс коммунального комплекса составлял 16 %. Очевидна деградация площадей озеленения к общей площади города (см. таблицу).

Результаты анализа эволюции формирования деятельной среды коммунального комплекса и зон специального назначения в г. Оренбурге»

Год схемы Генплана	Общая площадь города, м ²	Производственный комплекс, м ²	Коммунальный комплекс, м ²	Транспортные предприятия, м ²	Кладбища, м ²	Площади, рынки, склады, м ²	Инженерные предприятия, м ²	Озеленение, м ²
1743	63 402	-	11 521 (18%)	-	6 220	3 493	-	1 808
1849	96 527	-	15 203 (16%)	-	7 570	3 513	-	4 120
1871	135 787	-	54 314 (40%)	-	8 484	3 514	560	41 756
1905	307 145	-	49 900 (16%)	2 563	9 859	11 378	1 040	25 060
1915	349 394	-	65 225 (18%)	2 703	15 983 (свалки 5 247)	12 741	1 200	27 351
1930	348 685	-	53 191 (15%)	1 148	3 466	10 753	554	37 270
1950/ 1970	441 200	49 470	37 478 (8,5%)	970	3 510	6 037	559	26 402
1970/ 1990	1 728 064	369 706	457 976 (26%)	3 134	61 284	8 425	9 845	375 288
2008	2 084 688	306 389	733 687 (35%)	3 350	108 360	104 532	9634	507 304
2021	2 369 115	133 388	910 319 (38%)	2 020	188 642	244 080	8 712	456 865

Баланс территорий коммунального комплекса в 1915 г. составлял 18 %. Судя по показателям, в этот период происходил застой в развитии города. На генплане города впервые появились выделенные территории под городскую свалку, возможно, это результаты работы городского отдела коммунального хозяйства, утвержденного в 1922 г. Следует отметить увеличение площадей кладбищ почти в два раза, что связано со вспышками холеры в этот период. Кроме того, после Первой мировой войны в Оренбург отправляли раненых для прохождения реабилитации, и многие здесь умирали. Судя по схеме генплана, Зауральная роща активно застраивается ремесленными рядами и жильем ремесленников (район Старокузнецкой и Новокузнецкой улиц).

Генплан города 1930 г. показал баланс территорий коммунального комплекса, составляющий 15 %. Политика пролетариата по борьбе с буржуазным прошлым привела к уменьшению территорий кладбищ в пять раз, уничтожению монастырей, храмовых комплексов и городских погостов. В Генплане от 1930 г. присутствует последнее упоминание второго по значимости центра общественно-деловой жизни Оренбурга – Менового двора.

Согласно схеме Генплана 1930–1950 гг., произошло увеличение общей площади города за счет появления эвакуированных в годы Великой Отечественной войны промышленных предприятий. Это привело к относительному уменьшению доли деятельной среды коммунального комплекса, которая «не успевала» разрастаться за новыми промышленными зонами и постепенно деградировала, составив всего 8,5 % от общей площади города.

Схема Генплана 1970–1990 гг. показала увеличение общей площади городской застройки почти в пять раз. Мощный скачок развития города связан с открытием газового месторождения и строительством в 1974 г. Нового завода. Все отрасли деятельной среды коммунального комплекса города стремительно развивались. Особенно выросла площадь озеленения, по всей видимости, это результат попыток реализации проекта губернского инженера И.В. Рянгина «Город-сад». На схеме Генплана видны два полукольца цепочки скверов, парков и лесополосы. Баланс деятельной среды коммунального комплекса составил 26 %.

Новый Генплан Оренбурга 2008 г. разработан Гипрогором (Москва). На Генеральном плане видна смена функциональной принадлежности части деятельной среды коммунального комплекса производственной сферы. Площадь производственного комплекса осталась на уровне 1970–1990 гг. Смена произошла на об-

щественно-деловую функцию, площадь рынков и складов увеличилась в 13 раз по сравнению с 1970–1990 гг. Это объясняется регрессивной социально-экономической политикой страны после распада СССР в 1991 г. Следует отметить, что площадь городского кладбищенского комплекса увеличилась в 1,7 раза, возможно, это показатель повышенного уровня социальной депрессии. Несмотря на отрицательную динамику, в целом за счет этих показателей баланс деятельной среды коммунального комплекса города составил 35 %.

Анализ схемы Генерального плана на сегодняшний день демонстрирует стабильную деградацию деятельной среды коммунального комплекса производственной сферы и смену функции на общественно-деловую. Баланс площадей, судя по показателям, изменился прямо пропорционально, примерно в два-три раза. Несмотря на это, в 2013, 2014, 2015 гг., по данным регионального статистического управления Оренстата, Оренбургская область бьет исторический максимум по объемам строительства за последние 25 лет. В 2015 г. было сдано 1 млн. 152 тыс. м² жилья. Активно застраивается северо-восточное направление и позже, начиная с 2018 г., активно застраивается пойма р. Урал на насыпных грунтах, при этом уничтожается зеленый каркас города, заложенный еще И.В. Рянгиным. Активный рост жилищного строительства, по всей видимости, спровоцировала экономическая политика страны по снижению процентных ставок по ипотечному кредитованию. При этом баланс площадей между общей площадью города и озеленением, судя по показателям, изменился прямо пропорционально примерно в 1,2 раза. Также увеличился показатель площадей городского кладбищенского комплекса, возможно, в связи со сложившейся эпидемиологической ситуацией в мире. Несмотря на это, баланс деятельной среды коммунального комплекса составил 38 % от общей площади города (рис. 1).

При этом показатели качества городской среды значительно повысились. Это результат эффективной работы государственных программ, среди которых можно выделить Федеральную программу «Комфортная городская среда», нацпроект «Безопасные и качественные автомобильные дороги», постановление администрации города Оренбурга от 10 октября 2019 г. № 2910-п «Об утверждении благодаря Федеральному закону «Об энергосбережении и о повышении энергетической муниципальной программы «Комплексное развитие жилищно-коммунального хозяйства, благоустройства и реализация жилищной политики на территории муниципального образования «город Оренбург» (рис. 2).

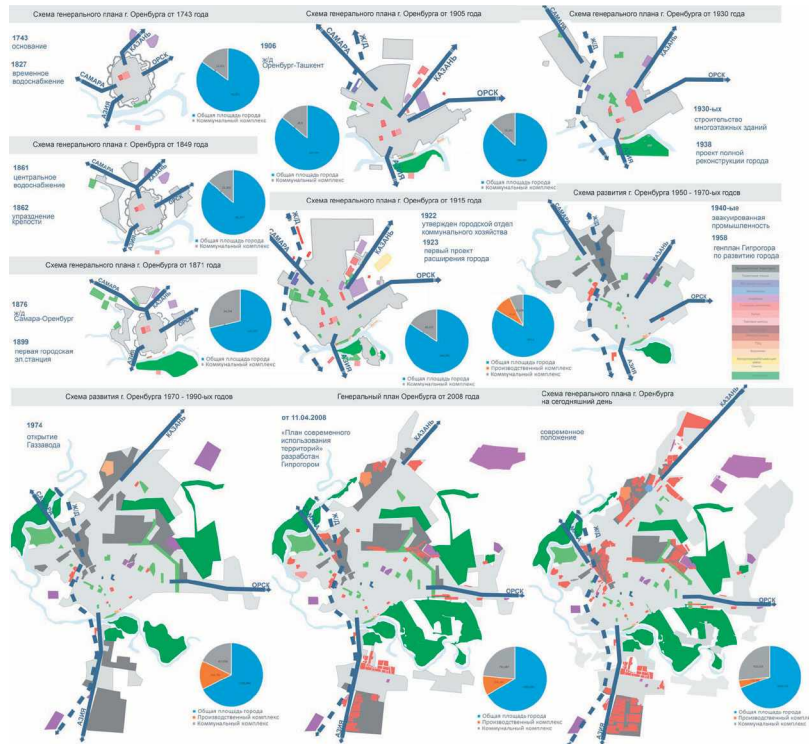


Рис. 1. Ретроспективный анализ развития среды коммунального комплекса в г. Оренбурге

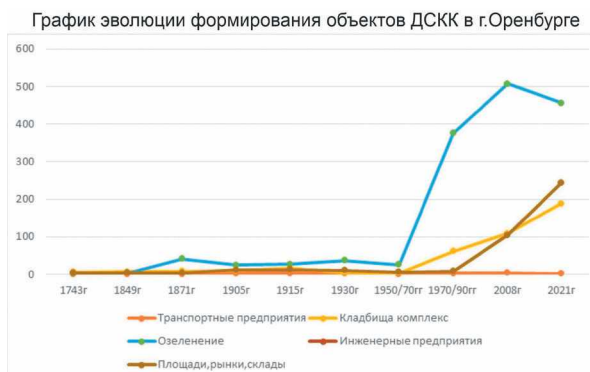


Рис. 2. Эволюция развития деятельной среды коммунального комплекса в г. Оренбурге

Актуальной задачей для деятельной среды коммунального комплекса на сегодняшний день является решение вопроса роста эффективности коммунальной структуры и ее надежности. Кроме того, реализуется задача ее масштабной модернизации.

Современное состояние деятельной среды ареала размещения объектов коммунального комплекса и зон специального назначения, включая озеленение и благоустройство сопредельных с коммунальными объектами зон и территорий Оренбурга, оценивается как удовлетворительное. Система коммунального комплекса активно совершенствуется, однако на данный момент существует большое количество территорий, требующих развития и корректировки.

В ближайшее время ожидается актуализация вопроса развития коммунального комплекса. В докладе Президента страны на 25-м Петербургском Международном экономическом форуме (15–18 июня 2022 г.) «Новый мир – новые возможности» одним из векторов стратегического развития страны названа необходимость запустить комплексную программу модернизации ЖКХ и синхронизировать ее с другими инфраструктурными проектами, а также с реформой капитального ремонта жилого фонда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.

2. Шкода Т.А. Анализ терминологического аппарата сферы жилищно-коммунального хозяйства // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7, № 1 (25). С.72–75.

3. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2008. 512 с.

4. История основания и развития Оренбурга. Бердская слобода [Электронный ресурс]. URL: <http://berdskasloboda.ru/istoriya-osnovaniya-i-razvitiya-orenburga/> (дата обращения: 20.12.2022).

5. Смирнов С. Построить «великий город-крепость» 1734–1917 гг. [Электронный ресурс]. URL: http://www.orenburg.ru/town/history/al734_1917_build_a_quot_great_fortress_city_quot/index.php (дата обращения: 20.12.2022).

6. Старые карты Оренбурга и Оренбургской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.etomesto.ru> (дата обращения: 20.12.2022).

7. История основания и развития города Оренбурга [Электронный ресурс]. URL: <http://orenburg.rfn.ru> (дата обращения: 20.12.2022).

8. Историческая застройка города 18 век [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/79/355/38609.php> (дата обращения: 20.12.2022).

9. Иконников А.В. Организация пространства в русском градостроительстве. М.: КомКнига, 2006. 352 с.

10. Синельник А.К. Градостроительная история Самарского края. Самара: НИФ СМС, 2000. 192 с.

11. Основы градостроительства / А.Г. Лазарев, С.Г. Шеина, А.А. Лазарев, Е.Г. Лазарев. Ростов н/Д: Феникс, 2004. 416 с.

12. Гаранькин Ю.Д., Дорофеев В.В., Жилин А.Н. Улицы Оренбурга. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1996. 157 с.

13. Аюкасова Л.К., Воронцова О.Н. Этапы исторического и градостроительного развития города Оренбурга // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 2 (35). С. 142–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.19.

14. Рыбачева О.С., Самогоров В.А. Формирование архитектурно-планировочной структуры дворовых мест Самары в период регулярного градостроительства России XVIII – XIX вв. // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сб. статей / СГАСУ. Самара, 2015. С. 241–247.

15. Ахмедова Е.А. Историческая структура расселения Среднего Поволжья как основа современной градостроительной пространственной системы региона // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2013. № 16. С. 39–44.

16. Воронцова О.Н. Актуальность проблемы депрессивных территорий коммунального назначения в структуре города // Университетский комплекс как

региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург, 2012. С. 381–383.

17. Voroncova O.N., Ajukasova L.K., Lekareva N.A. Typology of depressive communal areas in a Russian town. Materials Science and Engineering: IOP Conference Series. Samara. 2020. Vol. 775. P. 1–6.

18. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в градостроительный кодекс Российской Федерации, отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования регулирования подготовки, согласования и утверждения документации по планировке территории и обеспечения комплексного и устойчивого развития территорий и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации: Федер. закон от 03.07.2016 № 373-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41105> (дата обращения: 19.12.2022).

REFERENCES

1. *Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija: v 30 t.* [Great Soviet Encyclopedia: in 30 tons.]. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1969–1978.

2. Skoda T.A. Analysis of the terminology apparatus of the sphere of housing and communal services. *MIR (Modernizacija. Innovacii. Razvitie)* [MIR (Modernization. Innovation. Development)], 2016, vol. 7, no. 1(25), pp. 72–75. (in Russian)

3. Rajzberg B.A., Lozovskij L.Sh., Starodubceva E.B. *Sovremennyj jekonomicheskij slovar'* [Modern Economic Dictionary]. Moscow, INFRA-M, 2008. 512 p.

4. History of the foundation and development of Orenburg. Berdskaya Sloboda. Available at: <http://berdskasloboda.ru/istoriya-osnovaniya-i-razvitiya-orenburga/> (accessed 20 December 2022).

5. Smirnov S. To build a “great city-fortress” 1734–1917. Available at: http://www.orenburg.ru/town/history/al734_1917_build_a_quot_great_fortress_city_quot/index.php (accessed 20 December 2022).

6. Old maps of Orenburg and Orenburg region. Available at: <http://www.etomesto.ru> (accessed 20 December 2022).

7. The history of the foundation and development of the city of Orenburg. Available at: <http://orenburg.rfn.ru> (accessed 20 December 2022).

8. Historical development of the city of the 18th century. Available at: <https://pandia.ru/text/79/355/38609.php> (accessed 20 December 2022).

9. Ikonnikov A.V. *Organizacija prostranstva v ruskom gradostroitel'stve* [Organization of space in Russian urban planning]. Moscow, KomKniga, 2006. 352 p.

10. Sinel'nik A.K. *Gradostroitel'naja istorija Samarskogo kraja* [Urban Planning History of Samara Territory]. Samara, NIF SMS, 2000. 192 p.

11. Lazarev A.G., Sheina S.G., Lazarev A.A., Lazarev E.G. *Osnovy gradostroitel'stva* [Fundamentals of Urban Planning]. Rostov on the Don, Feniks, 2004. 416 p.

12. Garan'kin Ju.D., Dorofeev V.V., Zhilin A.N. *Ulicy Orenburga* [Streets of Orenburg]. Orenburg, Orenburg Book Publishing House, 1996. 157 p.
13. Ayukasova L.K., Vorontsova O.N. Stages of historical and urban development of Orenburg. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 142–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.19.
14. Rybacheva O.S., Samogorov V.A. Formation of the architectural and planning structure of Samara courtyards during the period of regular urban planning of Russia of the XVIII-XIX centuries. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn: sb. Statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design: Sat. articles]. Samara, SGASU, 2015, pp. 241–247. (In Russian).
15. Akhmedova E.A. The historical structure of the settlement of the Middle Volga region as the basis of the modern urban planning spatial system of the region. *Vestnik Volzhskogo regional'nogo otdelenija Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk* [Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences], 2013, no. 16, pp. 39–44. (in Russian)
16. Vorontsova O.N. Relevance of the problem of depressed territories of communal use in the structure of the city. *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovanija, nauki i kul'tury: materialy Vseros. nauch.-metod. konf.* [University complex as a regional center for education, science and culture: All-Union materials. scientific-method. conf.]. Orenburg, 2012, pp. 381–383. (In Russian).
17. Voroncova O.N., Ajukasova L.K., Lekareva N.A. Typology of depressive communal areas in a Russian town. *Materials Science and Engineering: IOP Conference Series. Samara. 2020. Vol. 775. P. 1–6.*
18. Russian Federation. Laws. On amendments to the urban planning code of the Russian Federation, certain legislative acts of the Russian Federation in terms of improving the regulation of the preparation, coordination and approval of documentation for the planning of the territory and ensuring the integrated and sustainable development of territories and the recognition of certain provisions of legislative acts of the Russian Federation as invalid: Feder. Law of 03.07.2016. No. 373-F. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41105> (accessed 19 December 2022).

Об авторах:

БЕЗБОРОДОВА Олеся Николаевна

доцент кафедры архитектуры
Оренбургский государственный университет
460000, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: belaya_vorona_07@mail.ru

BEZBORODOVA Olesja N.

Associate Professor of the Architecture Chair
Orenburg State University
460000, Russia, Orenburg, Pobedy av., 13
E-mail: belaya_vorona_07@mail.ru

ЛЕКАРЕВА Нина Афанасьевна

кандидат архитектуры, профессор кафедры
градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: nalec1950@bk.ru

LEKAREVA Nina Af.

PhD in Architecture, Professor of the Urban Planning
Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: nalec1950@bk.ru

МУБАРАКШИНА Мадена Минкаевна

доцент кафедры архитектуры
Оренбургский государственный университет
460000, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: madena.ru@yandex.ru

MUBARAKSHINA Madena Minkaevna

Associate Professor of the Architecture Chair
Orenburg State University
460000, Russia, Orenburg, Pobedy av., 13
E-mail: madena.ru@yandex.ru

Для цитирования: Безбородова О.Н., Лекарева Н.А., Мубаракшина М.М. Ретроспективный анализ развития территорий коммунального комплекса в г. Оренбурге // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 162–167. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.20.

For citation: Bezborodova O.N., Lekareva N.A., Mubarakshina M.M. Retrospective analysis of the development of municipal complex territories in Orenburg. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 162–167. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.20.

M. M. KASHIRIPOOR

APPLICATION OF THE METAUNIVERSE IN CITIES, ITS CONCEPT, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАВСЕЛЕННОЙ В ГОРОДАХ, ЕЁ ПОНЯТИЕ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

In the second half of 2021, companies around the world decided to make a massive digital transition into the virtual space. The development of metaverse poses a lot of questions for the society, but so far, few people think about how the appearance and structures of cities will change if the majority of residents go into virtual reality. The article discusses the latest trends and directions in society and science, which is known to us as the metaverse, attempts to discuss this trend and its connection with architecture and urban planning through scientific literature, their analysis and the actual stage of development of this trend.

The purpose of study is to provide a basic understanding of the metaverse and its application analyses to cities at this stage.

The tasks of the study are: definition and understanding of the metaverse and its working systems; application of this direction/trend in cities; reveal the main advantage and disadvantage of using this direction for cities. To achieve the proposed result, it is necessary to use the method of analysis of scientific literature and documents related to the metaverse concept and its application in cities to reach and form conclusions. This study concluded in studying the latest direction and application of metaverse in urban planning and identifying some of its advantages and disadvantages.

The scientific novelty of the study lies in the study and application of the metaverse concept in cities and the identification of its main advantages and disadvantages. The author emphasizes that this direction does not actually reconstruct cities, but on the contrary, a new function of reality appears in the city that people want to see and, as a result, should make cities more livable.

Keywords: urban design, metaverse city, virtual city, augmented reality (AR), virtual reality (VR), Extended Reality (XR), virtual life, parallel world

Во второй половине 2021 г. компании по всему миру решили устроить массовый цифровой переход в виртуальное пространство. Развитие метавселенных ставит перед социумом массу вопросов, но пока мало кто задумывается о том, как изменится облик и структура городов, если большинство жителей уйдут в виртуальную реальность. В статье рассматриваются новейшие тенденции и направления в обществе и науке, которые известны для нас как метавселенная, попытки обсуждения этого направления и его связи с архитектурой и градостроительством через научную литературу, их анализ и фактический этап развития этого направления.

Цель исследования: дать базовое представление о метавселенной и анализе ее применения в городах на данном этапе.

Задачи исследования: определение и понимание метавселенной и ее рабочей системы; применение данного направления в городах; выявление основных преимуществ и недостатков применения данного направления для городов. Для достижения предлагаемого результата необходимо использовать метод анализа научной литературы и документов, связанный с концепцией метавселенной и ее применением в городах для достижения и формирования выводов. Данное исследование заключается в изучении новейшего направления и применения метавселенной в градостроительстве и выявлении некоторых её преимуществ и недостатков.

Научная новизна исследования заключается в изучении и применении концепции метавселенной в городах и выявлении ее основных преимуществ и недостатков. Подчеркивается, что это направление фактически не реконструирует города, а наоборот, в городе появляется новая функция реальности, которую люди хотят видеть и, как следствие, которая должна делать города более удобными для жизни.

Ключевые слова: градостроительство, город метавселенной, виртуальный город, дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), расширенная реальность (XR), виртуальная жизнь, параллельный мир

Introduction

The relevance of the work. Despite starting the metaverse idea in 1992, the concept of the metaverse gained attention after Facebook changed its name to Meta in 2021 and announced a major investment in the idea. Then the creation of their metaverses was announced by Microsoft, Epic Games, Roblox and other corporations. By 2026, a quarter of people will spend at least an hour a day in the metaverse, according to a study by Gartner. According to experts, users will visit virtual offices, classrooms and shops, build houses in the digital space and even buy land [1].

With the spread of the Internet, people began to perform some of the activities online. Today we play sports on YouTube videos, for learning languages there are online resources that replace language schools, instead of libraries and cinemas, we can use streaming services and applications with books and audiobooks. To make purchases, it is not necessary to leave the house, even the products will be kindly delivered by a cybermarket or a scooter. We use applications to interact with government agencies and can file a tax return online instead of going to the tax office.

Now the term metaverse is used in the meaning of some alternative digital reality that forms a single virtual space. This is a collaborative open hybrid mixed reality environment that combines the virtual and physical worlds, in which people and intelligent algorithms/things/devices can interact within multiple virtual worlds on a single technological and economic platform. Users will be able to interact with each other in real time and have an experience similar to what they experience in the real world.

City governments are currently spending a lot of money to make our cities more livable, but what will happen if the citizens of tomorrow begin to live in the city only virtually?

The purpose of the work: basic understanding and working system of the metaverse, analysis of the application of this direction for cities in the present.

Tasks to be solved:

- a short overview of the metaverse;
- working mechanism of the metaverse;
- identify the application of the metaverse for cities;
- identify the main advantages and disadvantages of using metaverses for cities.

The research methodology are a review and analysis of scientific literature and their interpretation related to the metaverse, as well as an analysis of the application of this concept in cities which makes it possible to find a solution to the identified problems in order to achieve the goals of the study. This study can be used in the course of actions for the preparation of urban planning.

Main part

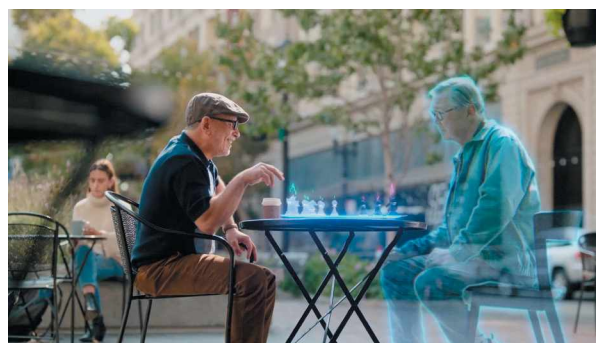
The pandemic situation in 2020 has shown us how it can be really boring to work from home and not go out and it's around the clock. Thus, working and living in the metauniverse in this situation definitely helps people to have fun in another world; work, study and do their daily real life there at the same time. Many experts believe that the metaverse will soon become a replacement for social networks, but so far this is just an emerging trend.

I. What is the Metaverse?

The first idea of the metaverse appeared in 1992 in the science fiction novel *Avalanche* by Neil Stevenson. According to the plot of the book, in the 21st century, corporatocracy reigns on Earth – all power belongs to the large corporations – and in addition to the real world, which is shrouded in chaos and split into several corporation states, there is another one – a virtual one. There, people interact with each other in the same way. The real and virtual worlds are intertwined: events in one can affect what happens in the other. The same book became the origin of the term “avatar”.

The Metaverse is a convergence of physical, augmented (AR) and virtual reality (VR) in a common online space. The prototype of the Matrix in the real world is the Internet. The difference between augmented reality and virtual reality (VR) is that augmented reality only adds individual elements to an already existing world. Virtual reality artificially recreates the whole world. Having created his avatar in the metaverse, a person will be able to do almost everything in VR that he does in the real world, for example, search for information, communicate with friends, work, go for a walk. In short, to live in the new universe the way he wants and own anything (Pic. 1) [2].

Some people may think that the metaverse equal video games, but they should not be compared. There are many metaverse concepts, but



Pic. 1. Convergence of physical and virtual reality concept

the most famous one belongs to venture capitalist Matthew Ball. In his presentation, Ball gives seven characteristics of the other world:

1. The Metaverse does not stop: it cannot be paused, erased or terminated;
2. All events within the universe occur in real time, and actions do not depend on external factors;
3. There is no limit to the number of those who inhabit the metaverse;
4. The metaverse has its own economy: people receive “money” for the “work” done, own and manage property;
5. In the metaverse, you can use elements of the real world: for example, work on your laptop in a virtual space;
6. Data and digital assets from different platforms are combined: you can use things from Counter-Strike and Fortnite, buy a car from Need for Speed and sell it to friends on Facebook;
7. The Metaverse is filled with “content and experiences” created by its users, both individuals and organizations.

II. Virtual world to metaverse

In terms of functionality, all Metas can be divided into the following 3 groups:

Gaming: this is the most popular and developed direction in the Metaverses. Given technology maturity, user fit and content adaptability, games are a great way to explore the Metaverse.

Crypto-worlds: these are immersive virtual worlds with huge social and financial potential.

Business, work, and learning: the Metaverse opens up new opportunities for immersive virtual collaboration in terms of remote work.

We, as architects, urban planners, or as an ordinary citizen, are more interested in the later option, which affects the life of a greater number of the population. But it must be recalled that for all 3 categories, a minimum 3D designer and visualizer is needed, where professional architects and urban planners are more widely needed. Just this space should look and justify like the real world, it definitely needs all the details as it really does for the architecture and urban planning design.

III. How does metaverse even work?

Designing a metaverse is relevant in the educational and corporate environment, in the field of communications. We need 4 basic factors in order to realize metaverse working: software, equipment, data centers and blockchain.

Software: With the help of 3D engines, projects of the virtual world are created. The most famous of this kind of platforms are Unreal Engine and Unity.

Equipment: These are the user’s guides to the metaverse. VR glasses, AR and XR (Extended Reality) gadgets, and in general everything that will

help you interact with the platform. Virtual and augmented reality glasses are optional. The main thing is that the two universes unite, so that it can even be a sound reality without visualization.

Data centers: These are cloud storages for the data of the metaverse, server and network equipment are placed here, and there is a connection to the Internet. The main suppliers are well-known companies such as Amazon, Google and Microsoft.

Blockchain: This thing attaches the data and money of each user to his digital account and allows you to use the purchased products throughout the metaverse.

IV. Metaverse and City

As we know, pandemic situation in 2020 have many negatives on humans’ life, but it helps to know and review many things and daily manner in our life like as: our health and to take more times for ourselves, family, close friends, walking, shopping, study, working etc. Without a doubt, COVID-19 had a powerful impact on some the innovation development and digitalization like as: online commerce and robotic delivery, electronic and contactless payments, remote work, distance learning, telemedicine, online entertainment, supply chain 4.0, 3D printing, robotics and drones, 5G and information and communication technologies (ICT) [3, 4]. This list certainly accelerated the emergence, appearance and needs of the metaverse in the present.

Today, there are a large number of separate metaverses in the world. The first and most famous ones are developing on the basis of games (Fortnite, Roblox), gamified blockchain projects (Decentraland) or workspaces (Horizon, Microsoft mesh), which have become necessary since the beginning of the pandemic. But speaking of the metaverse and the unified 3D internet, it is impossible not to talk about cities and the integration of public services, as well as the emerging desire of the authorities of different countries to develop digitalization, laid down by the concept of a smart city and to use the opportunities that the metaverse will provide.

Dubai, Abu Dhabi, and Seoul could be the first cities to appear in the metaverse. Previously, developers created only fictional worlds or individual fragments of real cities, but now they expect to recreate cities, respecting the real scale of buildings. Users will be able to visit cities for the purpose of tourism or shopping, as well as receive public services there. However, experts doubt that they will become popular: it is easier to get banking or government services using the site, and such tourism will become more prepare for a trip than a full-fledged replacement.

The beta version of the project Metaverse Holdings for Dubai and Abu Dhabi is planned

to be launched at the end of 2022, and soon after that it will be available for users around the world. The company said: Unlike existing VR projects, where developers create small fantasy worlds, this metaverse will be based on the real world. After the launch of the beta, the metaverse will also recreate the key places of the UAE (United Arab Emirates), which will be “visually, topographically and geometrically” correctly correlated with real objects. Users will be able to visit the metaverse using a VR headset, an application on a smartphone or other device. According to Karin Neidu (strategic advisor at Metaverse Holdings), among the candidates for digitization after the launch of the UAE are Saudi Arabia and Qatar.

The main opportunities of the metaverse for city dwellers consisted of:

Availability and effectiveness of the services received: First of all, this is an opportunity to get more services without a personal visit to various institutions and with great immersion. This, for example, concerns such areas as education and tourism. Of course, we would prefer to do both personally, but the metaverse is able to make these areas more accessible (no need to travel to another country to attend the event). Compared to existing digital tools, the metaverse will provide a more lively communication and presence effect. Video broadcasting an event or recording a lecture and being in a virtual 3D environment is not the same thing. The presence in space (even if it's virtual space) creates a brighter image and contributes to better memorization of information.

A new layer in the urban environment: The digital layer is perceived through glasses. For example, if I wanted to play chess with a friend, I could find any free table and move virtual pieces around the virtual field. User could upload a street design created by another user and now instead of a gray fence you look at an animated painting. Creating content and making it easier to influence the environment around you is another plus. Influencing space on the virtual layer is the realization of the values inherent in civic activism and participatory design – in order to feel like residents and owners of their area, city and people take part in its development (Pic. 2).

V. Main advantages of metaverse

At the moment, the metaverse for architects and urban planners is playing a new trend and opportunities for 3D visualization, 3D design and their expansion.

On the other hand, the metaverse facilitates the land and transport restrictions of the city due to the possibility of services and virtual spaces. There is such doubt and criticism that the metaverse reflects realities and limits our vision to what we can



Pic. 2. New virtual layer in the urban environment (concept)

imagine [5]. In response, it must be reminded that the metaverse is a choice, and not an obligation for each person. Literature reviews shows main advantages of metaverse as below:

This is communication from any corner of the world;

- New work format;
- It can also change the scope of education;
- It could engage virtual influencers and models;
- We can open a shop there;
- We can implement outdoor advertising;
- We could hold events and concerts;
- Buying, Selling Metaverse Objects and Investing;
- And of course, you can create your own universe and make the space branded, sell your services in the virtual world and communicate with customers through such an unusual communication channel.

VI. Disadvantages of metaverse

Despite the optimism of the ideologues of the metaverses, many unsolved questions remain. Because of them, the creation of a full-fledged virtual universe will stretch for several years [5, 6]. The main unsolved questions category listed below:

First of all, related to technology: now VR glasses and tactile gloves are heavy and uncomfortable and it's hard to stay in them for several hours. Some users get seasick when they use standard VR glasses. Mark Zuckerberg believes that these should be glasses that are close to ordinary glasses for vision, like Google glass. More compact and light weight counterparts are needed. In addition, while the quality of graphics in the VR environment leaves much to be desired (although progress is already noticeable). To feel completely immersed in the process, it is important that we see with our own eyes – a realistic 3D avatar or a pixelated man with a triangular head.

The second point is the safety of the physical body while traveling through the metaverse. A person in

a VR helmet can easily trip and hit the furniture in their apartment. So, in addition to diving equipment, there must also be safety equipment. As an option, use virtual reality running platforms like Virtuix Omni 2.0.

The third point is internet. Life in the metaverse requires stable Internet access. But for many users, this is a problem, which means that these people will be cut off from the opportunity to settle in the metaverse.

The main disadvantage: Metaverse is not equal to the transition from reality to virtuality! The advent of online services has not made our streets empty, we still go to sports clubs and group workouts, watch movies in cinemas eating popcorn and personally go out for buns in bakeries. What has changed is that in a situation where you prefer to save time on the road, or today is the day when you don't want to leave the house and smile at neighbors and sellers, you have this alternative. The emergence of the metaverse does not necessarily pull us further from reality. The development of the Internet and Internet services is due to convenience and efficiency, so that a person can spend less resources to get the result, changing the quality of the process. The metaverse faces the same task – to make it possible for people to solve the problems facing them even more effectively. We are already spending the time that we will spend in it online; in some professions, working hours will be added here. "To what extent are existing projects coping with this", that's another question, but we have to start somewhere [4, 7].

Results

Summarizing the consideration of approaches to the application plan of the metaverse concept in the city, we can draw the following conclusions:

- the main goals are to increase the efficiency of serving people in cities with an increase in the quality of their lives, and attention to people;
- despite the good purpose of the application plan of this concept in cities, the final result of this concept / direction is still far away and the concept needs to be finalized in all aspects;
- today, this direction is being developed for large international corporations, the government and rich people, and the infrastructure system for mass people has not been finalized;
- more attention to the application of this direction is focused on the digital direction of the city and has not yet been specified how citizens will apply it in their lives and use it.

The analysis helped determine the conditions for the application plan of the metaverse concept in the city and revealed the advantage and disadvantages of its application in the present. How much

this direction changes the face of the city and the life of citizens, and how much this direction successfully achieves its goals, must be assessed after the completion of the work and analyzed from all aspects of the life of the city.

Conclusions

The Metaverse is a huge simulation. It cannot completely replace the real world and it's not meant to be. The metaverse will become a continuation or addition to the real world with all its pluses, and for some minuses. If it is implemented as they are promised, it will be a breakthrough in virtual and augmented reality technologies and change the fate of many people. The general understanding from the metaverse is to say that this new trend does not actually reconstruct cities, but on the contrary, a new function of reality appears in the city that people want to see it. Ultimately this should make cities more livable. Will the developers succeed in creating a metaverse or will it re-main an unrealizable fantasy – we will see in a few years.

REFERENCES

1. Dionisio J.D.N., Burns III W.G., Gilbert R. 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. 2013. Vol. 45. № 3. P. 1–38.
2. Wang Fei-Yue, Rui Qin, Xiao Wang, Bin Hu. Metasocieties in metaverse: Metaeconomics and metamanagement for metaenterprises and metacities. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*. 2022. Vol. 9. № 1. P. 2–7.
3. Kashiripoor M.M. Urban planning post-pandemics: vision and direction. *Brest State Technical University Bulletin*. 2022. Vol. 129. № 3. P. 9–11.
4. Kashiripoor M.M. Smart urbanism during the COVID-19 pandemic. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2022, Vol. 24, no 5, pp. 23–37. (in Russian).
5. Ondrejka C. Escaping the gilded cage: User created content and building the metaverse. *NYL Sch. L. Rev.* 2004. Vol. 49. P. 81–102.
6. Lee J.Y. A study on metaverse hype for sustainable growth. *International journal of advanced smart convergence*. 2021. Vol. 10. № 3. P. 72–80.
7. Allam Z., Sharifi A., Bibri S.E., Jones D.S., Krogstie J. The metaverse as a virtual form of smart cities: Opportunities and challenges for environmental, economic, and social sustainability in urban futures. *Smart Cities*. 2022. Vol. 5. № 3. P. 771–801.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dionisio J.D.N., Burns III W.G., Gilbert R. 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and

future possibilities // ACM Computing Surveys (CSUR). 2013. Vol. 45. № 3. P. 1–38.

2. Wang Fei-Yue, Rui Qin, Xiao Wang, Bin Hu. Metasocieties in metaverse: Metaeconomics and metamangement for metaenterprises and metacities // IEEE Transactions on Computational Social Systems. 2022. Vol. 9. № 1. P. 2–7.

3. Kashiripour M.M. Urban planning post-pandemics: vision and direction // Brest State Technical University Bulletin. 2022. Vol. 129. № 3. P. 9–11.

4. Каширипур М.М. Смарт-урбанизм во время пандемии (на примере COVID-19) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24, № 5. С. 23–37.

5. Ondrejka C. Escaping the gilded cage: User created content and building the metaverse // NYL Sch. L. Rev. 2004. Vol. 49. P. 81–102.

6. Lee J.Y. A study on metaverse hype for sustainable growth // International journal of advanced smart convergence. 2021. Vol. 10. № 3. P. 72–80.

7. Allam Z., Sharifi A., Bibri S.E., Jones D.S., Krogstie J. The metaverse as a virtual form of smart cities: Opportunities and challenges for environmental, economic, and social sustainability in urban futures // Smart Cities. 2022. Vol. 5. № 3. P. 771–801.

About author:

KASHIRIPOOR Mohammad Mahdi

Ph.D. in Architecture, Associate Professor, Postdoctoral Researcher, Associate Professor of the Building Materials and Construction Technology Chair, Civil Engineering faculty

Belarusian National Technical University
220013, Belarus, Minsk, Y. Kolas str., 12
E-mail: mkashiripour@gmail.com

КАШИРИПУР Мохаммад Махди

кандидат архитектуры, доцент, постдокторский исследователь, доцент кафедры строительных материалов и технологии строительства, строительный факультет

Белорусский национальный технический университет
220013, Беларусь, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12
E-mail: mkashiripour@gmail.com

For citation: Kashiripour M.M. Application of the metauniverse in cities, its concept, ad-vantages and disadvantages. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 168–173. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.21.

Для цитирования: *Kashiripour M.M.* Применение метавселенной в городах, её понятие, преимущества и недостатки // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 168–173. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.21.

Е. Е. ПРОКШИЦ
Я. А. ЗОЛУТУХИНА
О. А. СОТНИКОВА

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗОНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

JUSTIFICATION OF CRITERIAS SELECTION FOR SUPPORTING DECISION-MAKING IN URBAN PLANNING ZONING OF TERRITORIES BASED ON THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Цель данного исследования заключалась в определении ключевых показателей оценки устойчивого развития университетского кампуса при выборе его пространственной организации и функциональном планировании. Сформулированы анкеты для количественной и качественной экспертной оценки существующих территорий университетов для определения наилучшего варианта взаимодействия города с функциональными зонами кампуса. Предложены основные варианты трансформации университета и его прилегающей территории. Определены основные преимущества и недостатки каждого из вариантов пространственной организации кампуса. Сформирована дорожная карта по принятию решения для градостроительного размещения инновационной образовательной среды.

Ключевые слова: университетский кампус, устойчивый кампус, устойчивое развитие, функциональное зонирование, критерии оценки

The purpose of this study was to determine the key indicators for assessing the sustainable development of the university campus when choosing its spatial organization and functional planning. Questionnaires are formulated for quantitative and qualitative expert assessment of existing university territories to determine the best option for the interaction of the city with the functional zones of the campus. The main options for the transformation of the university and its adjacent territory are proposed. The main advantages and disadvantages of each of the variants of the spatial organization of the campus are determined. A roadmap has been formed to make a decision for the urban planning placement of an innovative educational environment.

Keywords: university campus, sustainable campus, sustainable development, functional zoning, evaluation criteria

В условиях глобальных изменений окружающей среды и климата растет интерес к снижению негативного воздействия антропогенной нагрузки на городскую среду, в том числе за счет уменьшения потребления природных ресурсов, экологизации, экономики и рационального территориального планирования.

Территории университетских комплексов являются важным звеном природного каркаса города в современной урбанизированной среде. Для снижения негативного воздействия на окружающую среду и оптимизации природопользования еще на этапе планирования территорий под университеты необходимо грамотно распределять площади согласно требуемому функционалу и учитывая цели и задачи устойчивого развития.

Трансформация системы российского высшего образования продолжается. В ближайшие десять лет в России планируется построить не менее 30 новых университетских кампусов мирового уровня.

Изменение университетов сегодня представляет собой глобальный переход от университета как кадрового агента для индустриального производства к университету как инновационной корпорации создания и распространения современных знаний, а это требует и совершенно нового взгляда на архитектурно-пространственные решения в создании университетских кампусов [1].

Анализ опыта ученых и проектировщиков по созданию устойчивых инновационных кампусов позволил выделить основные траектории их пространственного развития [2, 3]. Создание сети современных университетских кампусов способствует модернизации и преобразению отдельных территорий города, под которым подразумевается увеличение количества объектов сервисной инфраструктуры и повышение качества общественных пространств, используемых горожанами ежедневно [4].

Однако стоит отметить, что на данный момент концепция устойчивого развития человечества не в полной мере учитывается при принятии решений по пространственной организации университетских территорий и функциональному зонированию инновационной образовательной среды. Поэтому необходимо сформулировать критерии, которые будут являться основополагающими и помогут найти ответы на вопросы о необходимости трансформации существующей территории университета и его грамотного зонирования, так как нужно учесть, что множество функций должно быть объединено в одном пространстве.

Вся работа была основана на системном подходе. Кампус рассматривался как сложная целостная система. Принцип анализа взаимосвязей экологических, экономических и социальных факторов устойчивого развития являлся основополагающим при определении необходимых объектов и зон, входящих в состав территории кампуса. В соответствии с ним определялись критерии оценки существующей территории кампуса и соответствие требуемому уровню.

Кампус мирового уровня должен быть обеспечен всем необходимым для комфортной жизни. Функциональная насыщенность и разнообразие окружения университетского кампуса в городе предполагает, что студенты и сотрудники университетов используют городскую инфраструктуру непрерывно, тесно связаны с культурными учреждениями и сервисами в ней.

Для рационального выделения функциональных зон в первую очередь были предложены ключевые показатели соответствия комплекса зданий и сооружений университета понятию «устойчивый кампус» (табл. 1). Показатели были сформулированы на основе научных исследований в данной области, всемирного рейтинга университетов UI Greenmetric [5]; концепции устойчивого развития кампуса Альшувайхата и Абубакара [6], программы устойчивого развития УКМ [7], показателей устойчивого развития кампуса Ноттингемского университета [8] и показателей устойчивого развития кампуса Университета Коннектикута [9].

Учитывая сформулированные ключевые показатели эффективности оценки устойчивого развития кампуса и необходимые с точки зрения актов управления общенормативного содержания на территории инновационной образовательной среды, следует выделить следующие функциональные зоны: жилье; образование; здравоохранение; общественное питание; рекреация; отдых; спорт; бытовое обслуживание; торговля; стоянки автомобильного транспорта; территории для возможного расширения пространства.

Рассматриваемые зоны возможно сгруппировать учитывая обязательные аспекты университетских процессов. В итоге получаем следующие укрупненные функции территорий кампуса: образовательная и научно-исследовательская, жилье, розничная торговля и отдых, предпринимательская и инфраструктура (рис. 1).



Рис. 1. Укрупненные функциональные зоны территории кампуса

Исходя из сформулированных укрупненных зон и действующей нормативной документации по проектированию зданий образовательных организаций высшего образования СП 278.1325800.2016, были определены группы зданий и сооружений, а также территории, необходимые для соответствия университета инновационной образовательной среде мирового уровня.

Полученные данные использовались для формирования анкеты соответствия университета, которая необходима для количественной оценки объектов и территории университета (табл. 2). Благодаря привлечению экспертов в этой области, студентов и преподавателей, могут быть получены данные, на основании которых возможно установить – каких объектов недостаточно и решить – нуждается ли рассматриваемая территория в трансформации или же соответствует уровню «устойчивого кампуса».

По результатам этой оценки возможно определить – в каких функциональных зонах отсутствуют необходимые для комфортной жизни здания и сооружения на территории университетского кампуса.

Для качественной оценки территории и объектов, входящих в состав университета, была предложена анкета оценки, которая предусматривает вопросы по каждой функциональной зоне и которая необходима в инновационной образовательной среде (табл. 3). Результаты оценки помогут установить текущий уровень университетской инфраструктуры.

На основе полученных данных можно определиться с дальнейшим вариантом развития инновационной образовательной среды и понять – насколько значительной должна быть трансформация университета.

С учетом возможностей территории и бюджета можно выделить два способа развития событий: строительство (формирование) нового кампуса (результаты анкетирования – 49 % и ниже) или реконструкция (реновация) существующей территории.

Каждый из двух вариантов имеет свои преимущества и свои недостатки. Первый вариант предполагает создание кампуса с нуля, чаще всего для этого варианта характерно использование территории на периферии города либо за его пределами. Этот подход оправдан, если у города нет свободных земель в рамках сложившейся застройки или необходимые в кампусе функции требуют специфических условий и нуждаются в значительной территории.

Создание кампуса путем реконструкции существующей территории требует существенно меньших капитальных вложений, чем создание кампуса «с нуля». Однако удельная норма

затрат на одно здание (на приведенную площадь) при реконструкции существенно выше, чем при новом строительстве [12].

Следует отметить, что при реконструкции университет не всегда располагает территориями для внедрения новых функциональных зон, а также строительства новых зданий. Кроме того, при реконструкции создатели кампуса ограничены конструктивными особенностями существующих зданий (несущие способности фундаментов, сохранение капитальных стен, внешний вид фасадов и пр.).

В свою очередь, вариант реконструкции существующего университета и его территории имеет два пути:

- 1) уплотнение и развитие застроенных территорий университетов;
- 2) развитие кампуса на площадках в ближайшей доступности к университетам.

При варианте использования ближайших территорий следует выделять функциональные зоны, основываясь не только на потребностях университета, но и учитывая потребности городского сообщества.

В случае уплотнения пространства за счёт строительства дополнительных университетских объектов возможно совместное использование общественных пространств или отдельных зданий (например, библиотеки, музеи, спортивные учреждения) с обычными горожанами, что в свою очередь создаст точки притяжения в городской среде.

Локализация университетского кампуса или же вариант рассредоточенного в городе кампуса зависит от таких факторов, как: исторические особенности развития университета в городе; возможности и желание городских и региональных властей или бизнеса участвовать в данном процессе; возможность реконструкции прилегающих территорий; редевелопмент.

Несмотря на выбранный вариант пространственного развития кампуса, следует вовлекать городские сообщества в обсуждение планов развития университетской территории и согласовывать планы развития территории с городскими властями, чтобы обновление университета не заканчивалось тратами на инфраструктуру, а давало толчок для развития города.

При пространственной организации кампуса необходимо также учитывать, что он не должен быть сильно удален от существующих центров промышленности. Это связано с необходимостью обеспечить контакты между преподаванием и конкретными производствами, что особенно актуально для университетов технической направленности. Создаваемый кампус становится не только образовательным

Таблица 1

Ключевые показатели эффективности оценки устойчивого развития кампуса

Устойчивое развитие кампуса	Экономическая сфера	1. Позитивное влияние инфраструктуры на достижение целей устойчивого развития и роста национальной экономики
		<ul style="list-style-type: none"> • Реализация проекта создает значимый эффект для экономики региона • Содействие долговременному и устойчивому развитию экономики региона
		2. Обеспечение экономической эффективности на протяжении всего жизненного цикла реализации проекта
		<ul style="list-style-type: none"> • Механизмы управления рисками на всех этапах жизненного цикла • Использование инновационных технологий
		3. Университет как стейкхолдер-организация
		<ul style="list-style-type: none"> • Активное взаимодействие с обществом • Сотрудничество органов региональной власти, научных и образовательных организаций, промышленных предприятий и бизнес-сообществ • Сотрудничество некоммерческих организаций во всех сферах социально-экономической и общественной жизни
	Экологическая сфера	4. Интеграция экологических аспектов в проект
		<ul style="list-style-type: none"> • Мероприятия по минимизации негативного влияния на окружающую среду • Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду • Мероприятия по сохранению водных ресурсов • Рециклинг • Раздельный сбор отходов • Внедрение программы энергосбережения • Зеленое строительство • Программа адаптации к изменению климата
		5. Устойчивость к природным катастрофам, чрезвычайным происшествиям и прочим рискам
		<ul style="list-style-type: none"> • Устойчивость к природным катастрофам и чрезвычайным происшествиям • Меры по защите от последствий природных катастроф и чрезвычайных ситуаций
		6. Транспорт и пешеходно-дорожная сеть
		<ul style="list-style-type: none"> • Организованная пешеходно-прогулочная сеть • Велосипедная инфраструктура • Использование экологичного вида транспорта
Социальная сфера	7. Интеграция социальных аспектов в проект	
	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспечение открытого доступа к жизни кампуса для всех жителей города • Внедрение концепции «умного-города» на территории кампуса (smart-campus) 	
	8. Повышение качества администрирования инфраструктурой	
	<ul style="list-style-type: none"> • Курсы по устойчивому развитию • Мероприятия в области устойчивого развития • Проведение исследований в области устойчивого развития • Публикации по тематике устойчивого развития 	

Таблица 2

Анкета количественной оценки объектов и территории университета

Функциональные зоны	Объекты, входящие в состав функциональных зон	Имеется	Отсутствует
Образовательная и научно-исследовательская функции	Здание или комплекс зданий с лекционными аудиториями	✓	
	Здание или комплекс зданий с аудиториями для работы в малых группах	✓	
	Лаборатории	✓	
	Библиотека с медиатекой	✓	
	Коворкинг пространство	✓	
Жилая функция	Студенческое общежитие	✓	
	Общежитие для иностранных студентов	✓	
	Жилье для преподавателей	✓	
	Жилье для вспомогательного персонала	✓	
	Жилье для краткосрочного пребывания студентов (абитуриентов, студентов других вузов, прибывающих в рамках конкурсов, конференций)	✓	
	Жилье для краткосрочного пребывания преподавателей других вузов	✓	
	Гостиничный комплекс	✓	
Функция розничной торговли и отдыха	Кафе	✓	
	Столовая	✓	
	Культурный центр, музей	✓	
	Супермаркет	✓	
	Здание бытового обслуживания	✓	
	Спортивные зоны и соответствующие здания	✓	
Предпринимательская (коммерческая) функция	Бизнес-инкубатор	✓	
	Бизнес-центр	✓	
	Базы практик курирующих работодателей	✓	
Инфраструктура	Парковочное пространство	✓	
	Пешеходно-дорожная сеть	✓	
	Транспортная доступность (остановка общественного транспорта вблизи)	✓	
	Резервная территория для перспективного планирования развития образовательной организации высшего образования	✓	
Итого		100 %	
<p>100 % – территория полностью соответствует стандартам инновационной образовательной среды; 80–99 % – территория в большей степени соответствует стандартам инновационной образовательной среды, но нуждается в незначительной трансформации; 50–79 % – территория частично соответствует стандартам инновационной образовательной среды, но нуждается в трансформации; 49 % и ниже – территория не соответствует стандартам инновационной образовательной среды и нуждается в значительной трансформации.</p>			

Таблица 3

Анкета качественной оценки объектов и территории университета

Категория вопроса в соответствии с функциональной зоной	Вопрос	Отлично	Хорошо	Плохо
Жилье	1. Оцените комфорт и современность студенческих общежитий нашего вуза на сегодняшний день	✓		
	2. Оцените комфорт и современность жилья для преподавателей нашего вуза на сегодняшний день	✓		
Образование	3. Оцените состояние учебных корпусов нашего вуза	✓		
	4. Оцените научную инфраструктуру, в том числе лаборатории, коворкинги, научно-испытательные центры нашего университета	✓		
Библиотека	5. Оцените состояние библиотечного комплекса нашего вуза	✓		
Здравоохранение	6. Оцените уровень и доступность объектов медицинского обслуживания на территории нашего вуза	✓		
Спорт	7. Оцените спортивную инфраструктуру нашего вуза	✓		
Культура	8. Оцените общественные и культурные пространства в нашем университете	✓		
Досуг	9. Оцените досуговую инфраструктуру нашего вуза	✓		
Торговля	10. Оцените доступность и уровень предприятий торговли вблизи нашего университета	✓		
Общественное питание	11. Оцените уровень объектов питания на территории нашего университета	✓		
Социальное и коммунально-бытовое назначение	12. Оцените доступность всех необходимых социальных и коммунально-бытовых объектов для студенческой жизни	✓		
Коммерческая (предпринимательская деятельность)	13. Оцените уровень и современность объектов, относящихся к коммерческой и предпринимательской деятельности (в том числе бизнес-инкубаторы, бизнес-центры, базы практик курирующих работодателей) на территории нашего университета	✓		
Стоянки автомобильного транспорта	14. Оцените уровень обеспеченности местами для стоянок автомобильного транспорта на территории нашего университета	✓		
Резервная территория	15. Располагает ли Ваш вуз резервной территорией для дальнейшего перспективного планирования и развития образовательной организации ?	✓		
Итого			100 %	
<p>100 % – территория полностью соответствует стандартам инновационной образовательной среды; 80–99 % – территория в большей степени соответствует стандартам инновационной образовательной среды, но нуждается в незначительной трансформации; 50–79 % – территория частично соответствует стандартам инновационной образовательной среды, но нуждается в трансформации; 49 % и ниже – территория не соответствует стандартам инновационной образовательной среды и нуждается в значительной трансформации.</p>				

и научным центром, он начинает формировать окружающую среду как в эстетическом, так и в инвестиционном плане [11].

Таким образом, можно сформулировать основные этапы, необходимые при принятии решения о трансформации и пространственном расположении кампуса (рис. 2).

Современный кампус способен строиться с использованием природных законов развития, стать частью экосистемы в целом и способствовать становлению равновесия между природой и человеком [12].

Для современных университетов важна не только академическая функция, но и возможность кооперировать с бизнесом. Площадкой

для формирования инноваций в городе, разработки технологического предпринимательства является именно это взаимодействие университета и бизнеса. С помощью такого сотрудничества строится инновационный бизнес. Кроме того, хорошо продуманный кампус способен стать точкой экономического роста территории, на которой он расположен.

Всё вышеизложенное показывает явно выраженную необходимость сближения и сочетания образования и города, размыкания разных культурных форм и институций и формирования открытого, богатого образовательного пространства, создающего условия для выстраивания разных образовательных траекторий.



Рис. 2. Дорожная карта принятия решения при градостроительном размещении университетского кампуса

Выводы. 1. Проведенные исследования позволили сформулировать критерии и показатели для оценки университетских территорий с учетом концепции устойчивого развития человечества. Показатели соответствуют трем сферам: экологической, экономической и социальной.

2. Учитывая обязательные аспекты университетских процессов, выделены укрупненные функциональные зоны инновационной образовательной среды: образовательная и научно-исследовательская, жилье, розничная торговля и отдых, предпринимательство, инфраструктура.

3. Сформированы анкеты для количественной и качественной оценки объектов и территорий университетов. С помощью полученной информации возможно установить, что именно нуждается в трансформации и насколько масштабной она должна быть.

4. Проанализированы различные варианты пространственной организации университетских кампусов и выявлены плюсы и минусы каждого варианта.

5. Предложена дорожная карта для выбора варианта пространственной организации инновационной образовательной среды, которая может быть использована университетами как руководство по трансформации объектов и территорий в устойчивый кампус.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Просеков А.Ю. Концепция развития инфраструктуры южного кампуса сетевого университета научно-образовательного центра «КУЗБАСС» // Университетское управление: практика и анализ. 2021. №25 (2). С. 49–58.

2. Саввинов В.М. Концепция устойчивого развития как основа современных практик управления образованием // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2021. №1 (41). С. 136–146.

3. Liu M. The Optimization of High-Density Campus Transportation Based on Green Transport. Lecture Notes in Civil Engineering. 2023. No.211. P. 248–254. DOI: 10.1007/978-981-19-5217-3_24.

4. Sima M., Grigorescu I., Bălțeanu D., Nikolova M. A comparative analysis of campus greening practices at

universities in Romania and Bulgaria: Sharing the same challenges? *Journal of Cleaner Production*. 2022. N.373. P. 13382. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133822.

5. Николаев А.Н. Университет – интеллектуальная, инновационная и духовная платформа устойчивого развития макрорегиона. Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2021.

6. Alshuwaikhat H.M., Abubakar I. An Integrated Approach to Achieving Campus Sustainability: Assessment of the Current Campus Environmental Management Practices. *Journal of Cleaner Production*. 2008. No.16. P.1777–1785. DOI: 10.1016/j.jclepro.2007.12.002.

7. Universitas Indonesia: Guidelines of UI GreenMetric World University Ranking (2014). URL: <http://www.greenmetric.ui.ac.id/> (дата обращения: 16.12.2022).

8. Chan F.T.S., Chan H.K., Lau H.C.W., Ip R.W.L. An AHP Approach in Benchmarking Logistics Performance of the Postal Industry. *Benchmarking. An International Journal*. 2006. No.13. P.636–661. DOI: 10.1108/14635770610709031.

9. Fadzil Z.F., Hashim H.S., Che-Ani A.I., Aziz S. Developing a Campus Sustainability Assessment Framework for the National University of Malaysia. *Journal Environmental, Ecological, Geological and Mining Engineering*. 2012. No.6. P.44–48.

10. Половцев И.Н. О зонировании проектируемого университетского кампуса // *Инженерный вестник Дона*. 2014. №31(4). С. 14–20.

11. Жоголева А.В., Терягова 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.

12. Долотказина Н.С., Прыткова Ю.П. Принципы проектирования студенческих кампусов // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2016. №1–2 (15–16). С. 9–15.

REFERENCES

1. Prosekov A.Yu. Concept of Infrastructure Development of the Southern Campus of the Network University of the KUZBASS Scientific and Educational Center. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Office: Practice and Analysis], 2021, no. 25(2), pp. 49–58. (in Russian)

2. Savvinov V.M. The concept of sustainable development as the basis of modern educational management practices. *Professional'noe obrazovanie v Rossii i za rubezhom* [Professional education in Russia and abroad], 2021, no. 1(41), pp. 136–146. (in Russian)

3. Liu M. The Optimization of High-Density Campus Transportation Based on Green Transport. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023. No. 211. P. 248–254. DOI: 10.1007/978-981-19-5217-3_24

4. Sima M., Grigorescu I., Bălțeanu D., Nikolova M. A comparative analysis of campus greening practices at universities in Romania and Bulgaria: Sharing the same challenges? *Journal of Cleaner Production*. 2022. No. 373. P. 13382. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133822

5. Nikolaev A.N. *Universitet – intelektual'naja, innovacionnaja i duhovnaja platforma ustojchivogo razvoitija makroregiona* [The university is an intellectual, innovative and spiritual platform for the sustainable development of the macro-region]. Yakutsk, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, 2021.

6. Alshuwaikhat H.M., Abubakar I. An Integrated Approach to Achieving Campus Sustainability: Assessment of the Current Campus Environmental Management Practices. *Journal of Cleaner Production*. 2008. No.16. P. 1777–1785. DOI: 10.1016/j.jclepro.2007.12.002

7. Universitas Indonesia: Guidelines of UI GreenMetric World University Ranking. Available at: <http://www.greenmetric.ui.ac.id/> (accessed 16 December 2022).

8. Chan F.T.S., Chan H.K., Lau H.C.W., Ip R.W.L. An AHP Approach in Benchmarking Logistics Performance of the Postal Industry. *Benchmarking. An International Journal*. 2006. No.13. P. 636–661. DOI: 10.1108/14635770610709031

9. Fadzil Z.F., Hashim H.S., Che-Ani A.I., Aziz S. Developing a Campus Sustainability Assessment Framework for the National University of Malaysia. *Journal Environmental, Ecological, Geological and Mining Engineering*. 2012. No.6. P. 44–48.10.

10. Polovtsev I.N. On Zoning of the Projected University Campus. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Don Engineering Herald], 2014, no. 31(4), pp. 14–20. (in Russian)

11. Zhogoleva A.V., Terjagova A.N., Frank E.V. Inter-university student quarter in Samara as the basis for the formation of the innovative research potential of the region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 172–180. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.23

12. Dolotkazina N.S., Pрыtkova Yu.P. Principles of Student Campus Design. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspjia* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Sea], 2016, no. 1–2(15–16), pp. 9–15. (in Russian)

Об авторах:

ПРОКШИЦ Екатерина Евгеньевна

аспирант, старший преподаватель кафедры проектирования зданий и сооружений им. Н.В. Троицкого Воронежский государственный технический университет
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
E-mail: e.prokshits@mail.ru

ЗОЛОТУХИНА Яна Алексеевна

аспирант кафедры автоматизированных и вычислительных систем, старший преподаватель кафедры проектирования зданий и сооружений им. Н.В. Троицкого Воронежский государственный технический университет
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
E-mail: yana_zolotuhiny@mail.ru

СОТНИКОВА Ольга Анатольевна

доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой проектирования зданий и сооружений им. Н.В. Троицкого Воронежский государственный технический университет
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
E-mail: hundred@vgasu.vrn.ru

PROKSHITS Ekaterina E.

Postgraduate student, Senior lecturer of the Design of Buildings and Structures Chair named after N.V. Troitsky
Voronezh State Technical University
394006, Russia, Voronezh, ul. 20-letiya Oktyabrya, 84
E-mail: e.prokshits@mail.ru

ZOLOTUKHINA Yana A.

Postgraduate student of the Automated and Computing Systems Chair, Senior lecturer of the Design of Buildings and Structures Chair named after N.V. Troitsky
Voronezh State Technical University
394006, Russia, Voronezh, ul. 20-letiya Oktyabrya, 84
E-mail: yana_zolotuhiny@mail.ru

SOTNIKOVA Olga A.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Design of Buildings and Structures Chair named after N.V. Troitsky
Voronezh State Technical University
394006, Russia, Voronezh, ul. 20-letiya Oktyabrya, 84
E-mail: hundred@vgasu.vrn.ru

Для цитирования: Прокшиц Е.Е., Золотухина Я.А., Сотникова О.А. Обоснование критериев поддержки принятия решения при градостроительном зонировании территорий на основе концепции устойчивого развития // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 3. С. 174–182. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.22.
For citation: Prokshic E.E., Zolotuhina Ja.A., Sotnikova O.A. Justification of criterias selection for supporting decision-making in urban planning zoning of territories based on the concept of sustainable development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 174–182. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.22.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Прием статей для публикации в научно-техническом журнале «Градостроительство и архитектура» осуществляется в постоянном режиме.

1. В редакцию журнала необходимо вместе с рукописью статьи представить следующие документы:

Сопроводительное письмо, подписанное руководителем организации, откуда исходит рукопись. Для аспирантов, соискателей и работников СамГТУ сопроводительное письмо представлять не требуется.

Выписка из протокола заседания кафедры о публикации статьи в журнале.

Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись.

Внешняя рецензия, заверенная по месту работы рецензента.

Лицензионный договор.

2. Общие требования к оформлению документа:

Формат страницы – А4, ориентация книжная.

*Шрифт текста рукописи – Times New Roman
Сут, размер 14пт.*

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.