

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151
eISSN 2782-2109

№ 3 Т. 12
2022

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



САМАРА

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

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

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Т. 12, № 3

САМАРА
2022

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

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

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

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

Редакционная коллегия:

С.Ю. АНДРЕЕВ, д.т.н., профессор (Пенза)
И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор (Саратов)
Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор
Ю.П. БОЧАРОВ, д. арх., профессор (Москва)
А.Л. ВАСИЛЬЕВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)
В.В. ВАХНИНА, д.т.н., профессор (Тольятти)
А.Л. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор (Н. Новгород)
В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор
А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор
В.В. ЕЛИСТРАТОВ, д.т.н., профессор (С.-Петербург)
В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)
Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор
А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор
И.В. ЛИПАТОВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)
Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент
А.А. ПРОКОПОВИЧ, д.т.н., доцент

В.А. СЕЛЕЗНЕВ, д.т.н., профессор (Тольятти)
Н.С. СЕРПОКРЫЛОВ, д.т.н., профессор (Ростов-на-Дону)
С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., профессор
К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор
Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор
В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор
Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент
А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)
З. ВОЙЧИЦКИ, D.Sc., профессор (Вроцлав, Польша)
Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)
М. КНЕЗЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)
Я. МАТУШКА, Ph.D, доцент (Пардубице, Чешская Республика)
А. МОЧКО, Ph.D, доцент (Вроцлав, Польша)
С. ОГНЕНОВИЧ, Ph.D, профессор (Скопье, Македония)
М. ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)
Д. САФАРИК, главный редактор 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. MATUSKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)
A. MOCZKO, Ph.D., Ass. Prof. (Wroclaw, Poland)
S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)
M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)
D. SAFARIK (Chicago, the USA)

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

Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,

в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал индексируется в системе РИНЦ

Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина

Корректор М.В. Веселова

Подписано в печать 26.08.2022 г. Выпуск в свет 27.09.2022 г.

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

Печ. л. 23,25. Тираж 300 экз. Заказ № 2030

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

Телефон: (846) 242-36-98; 8-927-651-07-09

Интернет-сайт: <https://journals.eco-vector.com/2542-0151/index>

Отпечатано в типографии ООО «Слово»:

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

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 **Гужова О.А., Хайруллин М.Ф.** Использование модульных конструкций для возведения временного жилья
- 11 **Мозголов М.В., Козлова Е.В.** О разгружающем действии крутящих моментов в балках железобетонных кессонных перекрытий
- 21 **Пищулев А.А., Маняхина Е.О.** Анализ конструктивных решений для зданий с консольными этажами

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 28 **Стрелков А.К., Базарова А.О., Теплых С.Ю.** Методика оценки эффективности применения биопрепарата на сточных водах маслоэкстракционного производства
- 34 **Стрелков А.К., Пономаренко О.С., Авдеенков П.П., Зонтова Е.Р., Тукташева Е.Ю.** Результаты исследований биологической очистки сточных вод пивоваренного завода
- 40 **Тимофеева С.С., Тюкалова О.В., Ульрих Д.В.** Фиторемедиационный потенциал водных растений к тетрациклину в условиях Восточной Сибири

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- 51 **Евдокимов С.В., Орлова А.А.** Анализ работы механического оборудования в период эксплуатации гидротехнических сооружений ГЭС
- 56 **Михасек А.А., Родионов М.В., Горбунов С.К.** Влияние типа крепления откоса гидротехнических сооружений на снижение стоимости их строительства
- 62 **Орехов Г.В.** Гидромеханический способ аэрации открытых водных объектов в условиях городской застройки

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

- 72 **Карасев Ф.В.** Реставрация церкви Космы и Дамиана в с. Мусорка Ставропольского района Самарской области
- 81 **Норенков С.В., Силин В.П., Крашенинникова Е.С.** Градариинные заселения восточных мегаполисов России: синархиотектоника новейших векторно-сетевых «аркаимов»
- 88 **Туякаева А.К., Огулева А.Д.** Особенности архитектурных памятников Северного Казахстана

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 95 **Бутабекова А.С.** Принципы биофильного дизайна в организации комфортного пространства
- 100 **Темникова Е.А.** Идеи архитектурно-ландшафтного сценария и количественной оценки эстетических качеств городской среды в процессе её восприятия
- 106 **Malakhov S.A., Alsayed Ahmad M.T.** Flexibility and Sustainability Factor in Unorganized and Organized Types of Urban Environment

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 119 **Вайтенс А.Г., Барышникова Е.Е.** Развитие водно-экологического каркаса в границах города Набережные Челны, Республика Татарстан
- 124 **Гардт С.А., Алексеева И.Д., Вайтенс А.Г.** Особенности формирования природно-экологического каркаса города Зеленодольска Казанской агломерации
- 131 **Бочарова Ю.В., Хрюкина М.Т.** Территория и объекты завода имени М.В. Фрунзе в контексте развития городской среды города Пензы
- 138 **Карабаев Г.А.** Комфортное общественное пространство как фактор развития социальной инфраструктуры
- 143 **Козбагарова Н.Ж., Тамара Б.Я.** Роль архитектурно-ландшафтных средств в повышении художественного потенциала городской среды моногородов Казахстана
- 149 **Корнилова А.А., Султанаева З.З.** Принципы размещения производственных зон как главной составляющей градообразующих групп сел
- 154 **Лутченко С.И., Корня Е.А.** Дизайн-код как культурный параметр для сохранения исторического наследия в местах активного развития туризма и рекреации
- 163 **Терягова А.Н.** Цифровой двойник доступной городской среды в рамках социально-пространственной концепции «Здоровый город»

ЭНЕРГЕТИКА

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- 170 **Демина Ю.Э., Кудинов А.А.** Защита от обмерзания устья вытяжной башни градирни с естественной тягой
- 176 **Крестин Е.А., Жильников В.Б.** Исследование распределения давления в конусных щелевых зазорах приводов электроэнергетических систем
- 183 **ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ
И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ**



О. А. ГУЖОВА
М. Ф. ХАЙРУЛЛИН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ЖИЛЬЯ

USING MODULAR DESIGNS FOR THE CONSTRUCTION OF TEMPORARY HOUSING

В статье отмечена особая актуальность проблемы дефицита временного жилья. Обозначена цель исследования – выбор оптимального варианта возведения временного жилья. Рассмотрены особенности возведения временного жилья. Представлены характеристики двух групп временного жилья, выделены их преимущества и недостатки. Проведено сравнение контейнеров и сборно-разборных конструкций при использовании в качестве временного жилья. Результаты сравнения характеристик рассматриваемых вариантов возведения временного жилья представлены в таблице. Перечислены положительные стороны модульного строительства в сравнении с традиционными методами строительства. Сделаны выводы по результатам исследования.

Ключевые слова: жилищный фонд, временное жилье, чрезвычайная ситуация, модульное строительство, контейнер

The article notes the particular relevance of the problem of shortage of temporary housing. The purpose of the study is indicated – the choice of the optimal option for the construction of temporary housing. The features of the construction of temporary housing are considered. The characteristics of two groups of temporary housing are presented, their advantages and disadvantages are highlighted. A comparison was made of containers and prefabricated structures when used as temporary housing. The results of comparing the characteristics of the considered options for the construction of temporary housing are presented in the table. The positive aspects of modular construction are listed in comparison with traditional construction methods. Conclusions are drawn based on the results of the study.

Keywords: housing stock, temporary housing, emergency, modular building, container

Ежегодно происходит большое количество катаклизмов, стихийных бедствий, в результате которых люди остаются без жилья. В связи с этим проблема возведения временного жилья актуальна из-за низкой скорости реагирования местных властей на ситуацию, а также долговременного строительства зданий, предназначенных для размещения пострадавших.

Механизмы, которыми руководствуются при возведении временного жилья, устарели, а существующий в настоящее время маневренный фонд в регионах страны не формируется. Граждане, потерявшие кров, вынуждены стал-

киваться с нехваткой государственной помощи в виде временного жилья, которое предоставляется неэффективно. Актуальность данной проблемы определяется сложными в реализации проектными решениями временного жилья при его остром дефиците.

Несмотря на большое число научных работ и публикаций в области возведения временного жилья, существуют проблемы, которые недостаточно исследованы.

Целью данного исследования является выбор оптимального варианта возведения временного жилья.

Помещения, относимые к категории временного жилья, подвергаются критике за то, что это дорогие, длительные по возведению, поздно возводимые и недолгосрочно существующие конструкции. При возникновении же катаклизмов правительство должно незамедлительно предоставить пострадавшим и нуждающимся временное жильё для переселения.

В Российской Федерации концепция временного жилья представлена в виде маневренного жилищного фонда. В соответствии со ст. 95 Жилищного кодекса РФ жилые помещения маневренного фонда предназначены для временного проживания:

1) граждан в связи с капитальным ремонтом или реконструкцией дома, в котором находятся жилые помещения, занимаемые ими по договору социального найма;

2) граждан, утративших жилые помещения в результате обращения взыскания на эти жилые помещения, которые были приобретены за счет кредита банка или иной кредитной организации либо средств целевого займа, предоставленного юридическим лицом на приобретение жилого помещения, и заложены в обеспечение возврата кредита или целевого займа, если на момент обращения взыскания такие жилые помещения являются для них единственными;

3) граждан, у которых единственные жилые помещения стали непригодными для проживания в результате чрезвычайных обстоятельств;

3.1) граждан, у которых жилые помещения стали непригодными для проживания в результате признания многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции;

4) иных граждан в случаях, предусмотренных законодательством [1].

Основные требования по проектированию и строительству вновь строящихся и реконструируемых жилых зданий и помещений для временного проживания представлены в СП 376.1325800.2017 «Жилые здания и помещения для временного проживания. Правила проектирования».

Текущая практика предоставления временного жилья после стихийных бедствий обычно включает использование больших общественных территорий, где предоставляется помощь и временное жильё (обычно палатки). Несмотря на то, что палатки быстро устанавливаются и разбираются, выжившие после стихийных бедствий нуждаются в жильё и сооружениях для более длительного восстановления. Жильё, предоставляемое жертвам стихийных бедствий, обычно распределяется по четырем категориям: уже существующие здания, у кото-

рых меняется назначение; палатка; временное жильё для быстрого возвращения к нормальной жизни; постоянное жильё.

Временное жильё чрезвычайно важно для восстановления после стихийного бедствия, так как оно позволяет людям вернуться к своей обычной деятельности – работа, ведение домашнего хозяйства, школа, общение и т. д. Люди, расселенные во временных жилищах, не могут быстро вернуться к повседневной жизни, и поэтому длительное нахождение в них невозможно. К тому же временные жилища могут быстро разрушаться из-за внешних факторов, и необходимость их замены более прочными и устойчивыми конструкциями также подчеркивает важность предоставления временного жилья.

Поскольку реконструкция длится долго, существует временной разрыв, который необходимо преодолеть, и временное жильё кажется очевидным вариантом. Временное жильё также имеет решающее значение для успеха общего восстановления, поскольку позволяет выиграть время для правильного планирования с целью снижения риска и повышения устойчивости будущего строительства. Долгосрочное перемещение жителей на большие расстояния может создать серую зону между непосредственным жилищем и постоянным жильём. После стихийных бедствий проекты восстановления жилых зданий должны отвечать одновременно двум потребностям: необходимо действовать без промедления и строить для использования в долгосрочной перспективе, поэтому при реализации возникают значительные сложности. Эти тенденции отражают растущий спрос на гибкость традиционных мер в области реагирования на жилищные проблемы после стихийных бедствий.

Основываясь на исследованиях, временное жильё можно разделить на две группы: сборные компоненты и готовые конструкции. Преимуществами сборных компонентов являются легкость в транспортировке и возможность возведения жилья силами местных жителей или волонтеров. С другой стороны, несмотря на то что сборные готовые конструкции сложнее транспортировать, они могут быть незамедлительно интегрированы в чрезвычайных ситуациях. Тем не менее сложность проектирования таких конструкций заключается в отсутствии экономической и социальной устойчивости. Это происходит из-за неверно принятых решений на стадии разработки, отсутствия понимания ситуации, в которой может понадобиться временное жилище, а также неприспособленность к местным условиям, в которых будет эксплуатироваться объект. В мире есть много-

численные примеры, когда жилище, предназначенное для временного проживания, становятся постоянным жильем. Чаще всего это связано с низким уровнем экономики в регионе и невозможностью построить новое жилье для замены разрушенного.

Проведем сравнение конструкций при использовании в качестве временного жилья.

Жилье, в котором используется транспортный контейнер общего назначения, всё чаще рассматривается как полезный способ повторного использования пустующих контейнеров в качестве ценного жилья. Существует много способов их использования в жилищном строительстве, но по большей части эти способы сталкиваются с экономическими, социальными и логистическими проблемами, которые связаны с использованием морских контейнеров в качестве жилых помещений. Кроме того, многие из имеющихся в настоящее время предложений слишком дороги для оказания помощи при стихийных бедствиях.

Благодаря преимуществу комбинирования и разделения, модульность контейнеров предлагает широкий спектр возможностей реализации для размещения контейнеров в зонах бедствий. Жилищные потребности различных категорий жертв могут быть легко удовлетворены через различные организации и их подразделения.

У контейнеров есть много преимуществ в качестве строительных блоков. Помимо обеспечения устойчивого каркаса жилья, контейнеры просты в обращении, их можно комбинировать различными способами, что делает их удобными в использовании. Однако для жилых помещений контейнеры должны соответствовать определенным требованиям.

Контейнерный корпус предназначен для достижения следующих эффектов с помощью нескольких процессов:

1. Временное жилье может быть немедленно предоставлено пострадавшим в случае стихийного бедствия.

2. Помощь может быть легко предоставлена, если бедствие происходит за границей или в другом регионе.

3. Возможность продажи контейнерных модулей в другие страны или предоставление в аренду.

На рис. 1 в качестве примера показан внешний вид жилого дома из морских контейнеров по проекту «Keetwonen» [2].

Модульные конструкции широко используются по всему миру при строительстве малоэтажных зданий и вызывают большой интерес при возведении многоэтажных объектов. Несмотря на ряд преимуществ модульного строительства, частные компании все еще сильно зависят от традиционного метода строительства на месте возведения.

Модульные здания состоят из заводских компонентов и узлов (так называемых модулей), которые транспортируются и собираются на месте для создания целого здания. Подобная схема построения модульных зданий может быть использована для жилых домов, гостиниц, школ, больниц, студенческих общежитий и других типов зданий, где предпочтительны повторяющиеся единицы.

В последние годы модульное строительство привлекает значительное внимание специалистов строительной отрасли из-за многочисленных преимуществ в сравнении с традиционными методами строительства. Рассмотрим положительные стороны использования сборно-разборных конструкций:

- более быстрое и безопасное производство;
- уменьшение времени, затраченного на производство конструкций, а впоследствии сокращение времени на общее строительство;
- стандартизированное качество;

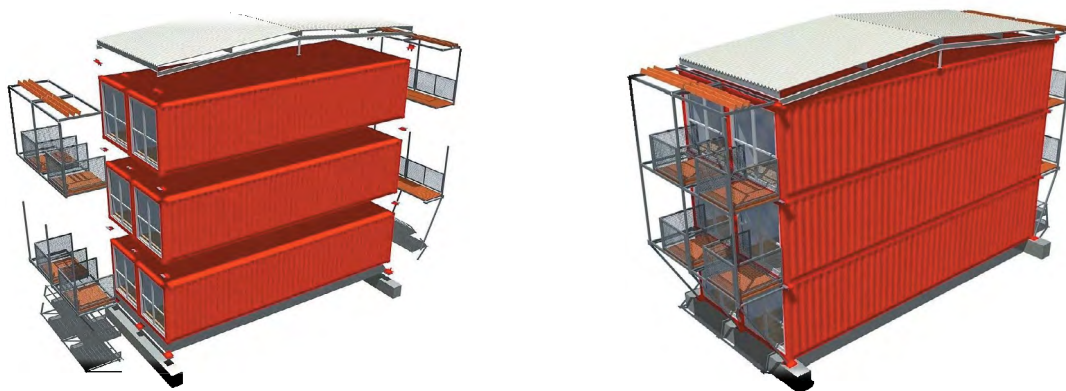


Рис. 1. Использование морских контейнеров на примере проекта «Keetwonen»

- сокращение количества рабочих, необходимых на строительной площадке;
- уменьшение потерь ресурсов при производстве строительных работ;
- уменьшение последствий для экологии в отличие от обычного процесса строительства.

Сборные модули продемонстрировали хорошие показатели при статическом, динамическом воздействии, циклическом, сейсмическом, взрывном воздействии, при повторной длительной нагрузке.

Одним из основных требований современного строительства является повышение устойчивости, т. е. снижение экономических, экологических и социальных последствий строительного сектора. Образование отходов во время строительства оказывает сильное воздействие на окружающую среду. На строительные процессы в настоящий момент приходится 32 % потребления энергии, 30 % выбросов углекислого газа и 30–40 % образования отходов [3].

Имеются исследования, выявившие потенциальные преимущества модульной конструкции. Комплексное исследование Р.М. Лоусена [4] показало, что модульная конструкция может уменьшить использование производственных площадей не менее чем на 70 %, использование транспортных средств – до 70 %, шум и сбои на строительной площадке – на 30–50 % и более 80 % аварий по сравнению с классическим методом строительства.

В то время как модульная конструкция имеет большое значение, существенно снижая воздействие на окружающую среду, главное преимущество таких конструкций обусловлено быстрым процессом их строительства. Имеются исследования, выявившие, что модульная конструкция может сократить срок строительства на 50–60 % в отличие от традиционного метода [5, 6]. Экономия времени строительства может значительно минимизировать и общую стоимость проекта, так как строительство на месте является трудоемким процессом.

В зависимости от механизма передачи нагрузки, модули могут быть разделены на две категории: несущие и каркасные. В несущих модулях нагрузки передаются через боковые стенки. Таким образом, прочность стен на сжатие имеет решающее значение, а высота здания обычно ограничена четырьмя-восемью этажами. С другой стороны, нагрузки передаются краевыми балками, соединенными с угловыми стойками для поддерживаемых рамой модулей, а стойки требуют высокой устойчивости к сжатию.

При модульном строительстве строительные отходы значительно сокращены с 10 до 15 % до менее чем 5 % благодаря более широким возможностям переработки отходов (воз-

действие на окружающую среду и экономику) в производственных условиях. Модульное строительство может минимизировать транспортную деятельность (воздействие на окружающую среду, экономику и социальную сферу), шум и разрушения (воздействие на окружающую среду и социальную среду) и аварии (социальное воздействие).

В результатах исследований Р.М. Лоусена содержится техническое руководство по внедрению безопасных и высококачественных модульных конструкций. Хотя концепции и системы не являются исчерпывающими, в нем собрана информация о стальных, бетонных и деревянных модулях, а также описаны их особенности и ключевые аспекты проектирования [7].

Материалы, используемые при создании модульных зданий, как правило, идентичны тем, что находятся на объектах, построенных в обычных условиях, но модульные постройки имеют более высокое качество благодаря изготовлению компонентов в контролируемых условиях. Основными материалами для строительства модулей являются сталь, дерево и бетон. Деревянные и стальные модули (4–6 кН/м²) легче, чем модули из бетона (9–15 кН/м²), поэтому выбор материалов имеет существенное значение, так как оказывает влияние на грузоподъемность крана и реализацию требований строительства. Каждый материал имеет свои преимущества и ограничения, поэтому выбор материалов для изготовления модулей для временного жилья напрямую зависит от условий строительства.

Модули должны быть структурно устойчивыми для транспортировки и сборки на месте. Они предназначены для подъема строительным краном, для этого предусмотрены точки подъема, хотя на заводе-изготовителе применяются вилочные погрузчики или мостовые порталные краны. Расположение и количество точек подъема определяется критериями для предотвращения нежелательного растрескивания панелей и в некоторых случаях повреждения компонентов. Для модульных зданий не существует проблемы поперечной установки, а именно зависимости от прочности и устойчивости модуля под вертикальной нагрузкой в узловых точках внутреннего силового каркаса [8].

Одно из проявлений технологии производства сборно-разборных конструкций – это технология Prefab. Такая концепция подразумевает изготовление здания в заводских условиях с целью его монтажа на строительной площадке. Основная работа выполняется в заводском цеху, а на строительной площадке элементы конструкции собираются воедино [9, 10].

Лидерами направления по праву можно считать компании Knauf и DoorHan. Изначаль-

но компании занимались производством строительных панелей и материалов для обычного способа строительства, но изменения не заставили себя долго ждать. На рис. 2 в качестве примера показаны внешние виды жилых домов из модульных конструкций фирмы DoorHan [11].

Результаты сравнения двух вариантов возведения временного жилья представлены в таблице.

Модульные конструкции (сборные конструкции) предлагаются как один из ключевых способов снижения стоимости доставки жилья в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Уникальность технологии состоит в том, что после использования здания, когда экстренная потребность в нём перестанет существовать, здание легко можно разобрать. Предварительно проводится обработка внеш-

них и внутренних элементов, затем здание разбирается на основные блоки-панели, которые использовались при их строительстве.

Вывод. Основываясь на вышеперечисленных достоинствах при выборе варианта возведения временного жилья, можно сделать вывод, что оптимальным вариантом являются дома из модульных (сборно-разборных) конструкций. Зона применения таких конструкций не ограничивается отдельной климатической зоной, дома можно использовать в рамках программы ликвидации последствий чрезвычайной ситуации либо расселения из аварийного жилья. Длина конструкции не имеет ограничений, кроме размеров используемых строительных панелей. Этажность применяемых конструкций достигает трех этажей. Отличительными характеристиками выбранного варианта яв-



Рис. 2. Жилые дома из модульных конструкций фирмы DoorHan

Сравнение характеристик рассматриваемых вариантов возведения временного жилья

Показатель	Типы конструкций	
	контейнерный	модульный
Материал	Морской контейнер, требуются дополнительные материалы для обшивки с двух сторон	Производятся на заводе в готовом для сборки виде, в дополнительных материалах не нуждается
Предварительная подготовка	Необходимо провести обработку специальным средством	Отсутствует, модули изготавливаются на заводе
Воздействие на экологию	Необходимо утилизировать излишки	Минимально из-за создания в готовом для использования виде
Время возведения	До двух недель	От трех до пяти дней
Повторность использования	Невозможна	Возможна, при поддержании модулей в соответствующем виде
Экономическая привлекательность	Удорожание за счет однократного использования конструкций, большая продолжительность возведения объекта	Снижение стоимости за счет возможности вторичного использования конструкций, быстрая скорость возведения объектов

ляются быстрый монтаж, проработанные решения узловых соединений, комплектность поставки, отсутствие сварочных процессов, пожаробезопасность как элементов, так и здания, отвечающая третьей категории пожаробезопасности. Экономичность предложенной технологии подтверждает проведенное сравнение с применяемой в настоящее время технологией возведения временного жилья из морских контейнеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 188-ФЗ [доступ от 23.03.2022]. Доступ по ссылке: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057.
2. tempohousing.com. KEETWONEN [доступ от 23.03.2022]. Доступ по ссылке <http://www.tempohousing.com/projects/keetwonen/>.
3. Pons O. Assessing the sustainability of prefabricated buildings. *Eco-efficient Constr Build Mater* 2014;434-56.
4. Lawson RM, Ogden RG, Bergin R. Application of modular construction in high-rise buildings. *J Archit Eng* 2012; 18:148-54.
5. Boyd N, Khalfan MMA, Maqsood T. Off-site construction of apartment buildings. *J Archit Eng* 2013; 19:51-7.
6. Kamali M, Hewage K. Life cycle performance of modular buildings: a critical review. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 62:1171-83.
7. Lawson M, Ogden R, Goodier C. Design in modular construction. CRC Press; 2014.
8. Лукков А.В. Использование модульных зданий в строительстве // Инновации и инвестиции. 2017. № 7. С 100-118.
9. kpc-prefab.ru. Концепция Prefab технологии [доступ от 23.03.2022]. Доступ по ссылке <https://kpc-prefab.ru/>.
10. строй-россия.рф. Технология строительства Prefab [доступ от 23.03.2022]. Доступ по ссылке <https://строй-россия.рф/статьи/5189>.
11. doorhan.ru. Каталог ассортимента компании DoorHan [доступ от 23.03.2022]. Доступ по ссылке <https://doorhan.ru/upload/Assortment.pdf>.

REFERENCES

1. Housing Code of the Russian Federation of 29 December 2004, No. 188-FZ. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057 (accessed 23 March 2022).
2. KEETWONEN. Available at: <http://www.tempohousing.com/projects/keetwonen/> (accessed 23 March 2022).
3. Pons O. Assessing the sustainability of prefabricated buildings. *Eco-Efficient Construction and Building Materials*, 2014, pp. 434-456. DOI:10.1533/9780857097729.3.434.

4. Lawson RM, Ogden RG, Bergin R. Application of modular construction in high-rise buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 2012, vol. 18, no.2, pp. 148-454. DOI:10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000057.

5. Boyd N, Khalfan MMA, Maqsood T. Off-site construction of apartment buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 2013, vol.19, no.1, pp. 51-57.

6. Kamali M, Hewage K. Life cycle performance of modular buildings: a critical review. *Renew Sustain Energy Rev*, 2016, vol. 62, pp. 1171-1183. DOI:10.1016/j.rser.2016.05.031.

7. Lawson M, Ogden R, Goodier C. Design in modular construction. CRC Press, 2014. DOI:10.1201/b16607.

8. Lukov A.V. Using modular buildings in construction. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and investment], 2017, no. 7, pp. 100-118. (in Russian)

9. Prefab technology concept. Available at: <https://kpc-prefab.ru/> (accessed 23 March 2022).

10. Prefab construction technology. Available at: <https://xn----ptbbtciddgad9n.xn--p1ai/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8/5189/> (accessed 23 March 2022).

11. DoorHan product range catalogue. Available at: <https://doorhan.ru/> (accessed 23 March 2022).

Об авторах:

ГУЖОВА Оксана Александровна

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры стоимостного инжиниринга
и технической экспертизы зданий и сооружений
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: guzhova_oksana@inbox.ru

GUZHOVA Oksana A.

PhD in Economics, Associate Professor, Associate
Professor of the Cost Engineering and Technical Expertise
of Buildings and Structures Chair
Samara State Technical University
Architecture and Civil Engineering Academy
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: guzhova_oksana@inbox.ru

ХАЙРУЛЛИН Марсель Фаритович

старший преподаватель кафедры стоимостного
инжиниринга и технической экспертизы зданий
и сооружений
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: marsel-716@mail.ru

KHAIRULLIN Marsel F.

Senior Lecturer of the Department of the Cost Engineering
and Technical Expertise of Buildings and Structures Chair
Samara State Technical University
Architecture and Civil Engineering Academy
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: marsel-716@mail.ru

Для цитирования: *Гужова О.А., Хайруллин М.Ф. Использование модульных конструкций для возведения временного жилья // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 4–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.1.*
For citation: *Guzhova O.A., Khairullin M.F. Using Modular Designs for the Construction of Temporary Housing. Gradostroitel'stvo i arhitektura [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 4–10. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.1.*

М. В. МОЗГОЛОВ
Е. В. КОЗЛОВА

О РАЗГРУЖАЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ В БАЛКАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КЕССОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

**ON THE UNLOADING ACTION OF TORQUES
IN BEAMS REINFORCED CONCRETE COFFERED FLOORS**

Целью работы является качественное и количественное выявление разгружающего эффекта в балках прямых кессонных перекрытий от действия крутящих моментов. Для решения поставленной задачи в вычислительном комплексе SCAD определены изгибающие и крутящие моменты в балках прямого шарнирно-опертого по контуру кессонного перекрытия размером в плане $8,0 \times 8,0$ м при различной ширине балок, установленных с шагом 1,0 м. В качестве компьютерной модели применена стержневая конечно-элементная модель из балок прямоугольного сечения с непосредственным приложением к ним погонной нагрузки по закону треугольника. Выполнен аналитический расчет конструкции. Данные расчетов компьютерных моделей показали, что по мере увеличения ширины балок в них увеличиваются крутящие моменты, при этом пролетные изгибающие моменты уменьшаются. Ширина балки опорного контура влияет на опорный изгибающий момент пролетных балок, возникающий в месте их стыковки. В работе приводятся графики зависимости величин пролетного изгибающего момента, опорного момента и крутящего момента от ширины балок кессонов. Сделан вывод, что аналитический способ расчета кессонных перекрытий не учитывает жесткость опорного контура, наличие крутящих моментов в балках, их влияние на изгибающие пролетные моменты и прогибы конструкции. Это является одной из причин расхождения сравниваемых исследователями данных.

Ключевые слова: железобетонные кессонные перекрытия, конечно-элементная расчетная модель, изгибающие моменты, крутящие моменты, жесткость опорного контура

Введение. Анализ имеющихся в литературе данных напряженно-деформированного состояния балок железобетонных кессонных перекрытий, полученных известным аналитическим методом и при помощи компьютерных моделей метода конечных элементов в зависимости от геометрии конструкции и типа моделей, показывает их значительные расхождения. Известно, что крутящие моменты в сплошных

The purpose of this work is the qualitative and quantitative identification of the unloading effect in the beams of direct coffered floors from the action of torques. To solve the problem in the computer complex SCAD, the bending and torsional moments in the beams of a direct coffered floor hinged along the contour with a plan size of 8.0×8.0 m with different widths of the beams installed with a step of 1.0 m were determined. As a computer model, a rod finite element model of beams of rectangular section with a direct application of a linear load to them according to the law of a triangle was used, as the most accurate finite element method. Analytical calculation of the structure was carried out. The calculation data of computer models showed that as the width of the beams increases, the torques in them increase, while the span bending moments decrease. The width of the support contour beam affects the support bending moment of the span beams, which occurs at the point of their joining. The paper presents graphs of the dependence of the values of the span bending moment, the support moment and the torque on the width of the caisson beams. The analytical method for calculating coffered floors does not take into account the rigidity of the support contour, the presence of torques in the beams, their effect on bending span moments and deflections of the structure. This is one of the reasons for the discrepancy between the data compared by the researchers.

Keywords: reinforced concrete coffered floors, finite element calculation model, bending moments, torques, stiffness of the support contour

плитах перекрытий, опертых по контуру, оказывают разгружающее действие на конструкцию в виде уменьшения пролетного момента и прогиба. В часторесбристом монолитном железобетонном перекрытии следует ожидать подобного эффекта. Железобетонные кессонные перекрытия являются одними из самых эффективных с конструктивной точки зрения и необычными по архитектуре [1–9]. При их возведении в со-

временном строительстве используются как импортные, так и российского производства опалубочные системы: SKYDOME, HOLEDECK, ПОБЕДА, U-boot beton и др.

При расчете конструкций на ЭВМ МКЭ монолитное балочное железобетонное перекрытие можно смоделировать различными способами [8–17], при этом все они имеют свои достоинства и недостатки.

При проектировании инженер должен быть уверен, что созданная расчетная модель соответствует проектируемой конструкции, удовлетворяет требованиям надежности, экономичности и безопасности. В работе [17] представлены значения изгибающих моментов в балках кессонного перекрытия размером 11,55 x 9,0 м с кессонами 1,65 x 1,5 м, рассчитанные при помощи различных конечно-элементных моделей ВК SCAD. Полученные данные сравниваются с данными аналитического расчета примера 15 [6], при этом различия в изгибающих моментах составляют от -6,3 до +61,9%. О существенных отклонениях усилий в балках кессонных перекрытий, вычисленных аналитическими и компьютерными методами, говорится в работах [8] (50%), [9] (453%).

Крутящие моменты в сплошных плитах перекрытий, опертых по контуру, оказывают значительное разгружающее действие на конструкцию в виде уменьшения пролетного момента и прогиба [3,4]. Данный эффект был учтен в 1925 г. в Германских технических условиях для железобетонных сооружений при помощи поправочных коэффициентов, предложенных Маркусом:

$$\nu = 1 - \frac{5}{6} \cdot \frac{l_2^2 \cdot l_3^2}{l_2^2 + l_3^2}, \quad \nu = 1 - \frac{5}{18} \cdot \frac{l_2^2 \cdot l_3^2}{l_2^2 + l_3^2}$$

для свободно опертой и заделанной по контуру плиты соответственно [5]. В часторебристом монолитном железобетонном перекрытии следует ожидать подобного эффекта.

Предмет и методы исследования. С методикой аналитического определения усилий в балках кессонных перекрытий, опертых по контуру, можно ознакомиться в работах [1–10].

Целью данной работы является выявление разгружающего эффекта в балках прямых кессонных перекрытий от действия крутящих моментов. Для решения задачи определяются изгибающие и крутящие моменты в балках при различной их ширине при помощи компьютерного расчета методом конечных элементов, реализованным в вычислительном комплексе SCAD.

Наиболее простой аналитический расчет можно осуществить для кессонной конструкции, квадратной в плане с квадратными кессонами, так как упрощается определение коэффициентов, от которых зависит распределение нагрузки на ортогональные балки. При

квадратных размерах конструкции, квадратных кессонах, одинаковой геометрии балок, свойствах материала и условиях опирания нагрузка на балки вдоль осей X и Y распределяется поровну: $q_x = q_y = 0,5 \cdot q$.

Для анализа выбрано шарнирно-опертое по контуру перекрытие, квадратное в плане 8,0 x 8,0 м с квадратными кессонами 1,0 x 1,0 м, работающее на равномерно-распределенную нагрузку 1,0 Т/м² (рис. 1). В методе конечных элементов считается, что при статическом расчете точные решения получаются для стержней постоянной жесткости по их длине и постановка

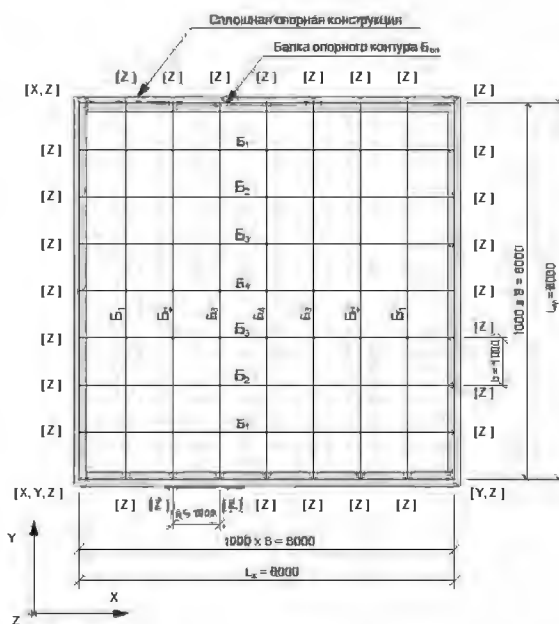


Рис. 1. Схема кессонного перекрытия: B_1, B_2, B_3, B_4 – рассчитываемые балки; $[X, Y, Z]$ – связи, установленные в узлах балки опорного контура

задачи о сходимости МКЭ часто лишена смысла [15]. Поэтому в соответствии с геометрией перекрытия в качестве конечного элемента принят стержень-балка с рекомендуемой высотой

$$h = \left(\frac{L}{20} + \frac{L}{25} \right) = 350 \text{ мм}$$

и различной шириной ребра от 10 до 1000 мм из бетона класса В25. Расчет выполнялся в упругой постановке задачи, так как одинаковое для всех балок изменение модуля упругости бетона не влияет на их напряженное состояние. Погонная нагрузка прикладывалась непосредственно на балки по закону треугольника [3], собираемая с двух смежных отсеков:

$$q = 2 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,0}{2} = 1,0 \text{ Т/м.}$$

Для сравнения данных выполним аналитический расчет. Так как конструкция симметричная в плане с одинаковой ортогональной жесткостью, рассматриваем 4 балки: B_1 , B_2 , B_3 , B_4 расположенные вдоль оси X на расстоянии

от опорного контура 1,0 м, 2,0 м, 3,0 м, 4,0 м по оси Y.

Расчет начинаем с центральной балки B_4 , так как ее усилия являются базовыми для дальнейшего расчета.

Изгибающий момент в середине пролета:

$$M_{B_4}^{max} = 0,125 \cdot 0,5 \cdot q \cdot b \cdot L_x^2 = 0,125 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8^2 = 4,0 \text{ Тм}, \quad (1)$$

Поперечная сила в приопорной зоне:

$$Q_{B_4}^{max} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot q \cdot b \cdot L_x = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8 = 2,0 \text{ Т}. \quad (2)$$

Балка B_3

Для вычисления изгибающих моментов и поперечных сил в промежуточных балках определяем коэффициенты пропорциональности n_x зависящие от расположения балок относительно опорного контура вдоль оси Y.

$$\eta_y = \frac{y}{L_y} = \frac{3}{8} = 0,375, \quad (3)$$

$$n_x = \frac{16}{5} \cdot (\eta_y - 2 \cdot \eta_y^3 + \eta_y^4) = \frac{16}{5} \cdot (0,375 - 2 \cdot 0,375^3 + 0,375^4) = 0,926, \quad (4)$$

$$M_{B_3}^{max} = n_x \cdot M_{B_4}^{max} = 0,926 \cdot 4,0 = 3,7 \text{ Тм}, \quad (5)$$

$$Q_{B_3}^{max} = n_x \cdot Q_{B_4}^{max} = 0,926 \cdot 2,0 = 1,85 \text{ Т}. \quad (6)$$

Балка B_2

$$\eta_y = \frac{2}{8} = 0,25, \quad (7)$$

$$n_x = \frac{16}{5} \cdot (0,25 - 2 \cdot 0,25^3 + 0,25^4) = 0,713, \quad (8)$$

$$M_{B_2}^{max} = n_x \cdot M_{B_4}^{max} = 0,713 \cdot 4,0 = 2,85 \text{ Тм}, \quad (9)$$

$$Q_{B_2}^{max} = n_x \cdot Q_{B_4}^{max} = 0,713 \cdot 2,0 = 1,43 \text{ Т}. \quad (10)$$

Балка B_1

$$\eta_y = \frac{1}{8} = 0,125, \quad (11)$$

$$n_x = \frac{16}{5} \cdot (0,125 - 2 \cdot 0,125^3 + 0,125^4) = 0,388, \quad (12)$$

$$M_{B_1}^{max} = n_x \cdot M_{B_4}^{max} = 0,388 \cdot 4,0 = 1,553 \text{ Тм}, \quad (13)$$

$$Q_{B_1}^{max} = n_x \cdot Q_{B_4}^{max} = 0,388 \cdot 2,0 = 0,78 \text{ Т}. \quad (14)$$

Полученные данные при расчете конструкций в BK SCAD представлены на рис. 2–6.

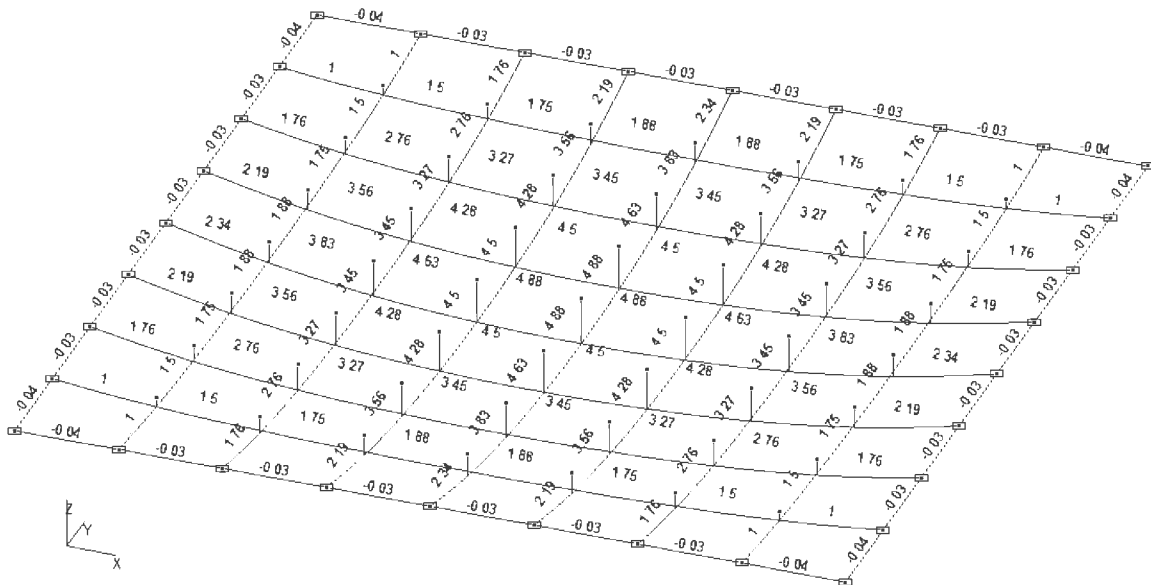


Рис. 2. Эпюры изгибающих моментов M_u, M_m в балках модели SCAD при $b = 10$ мм

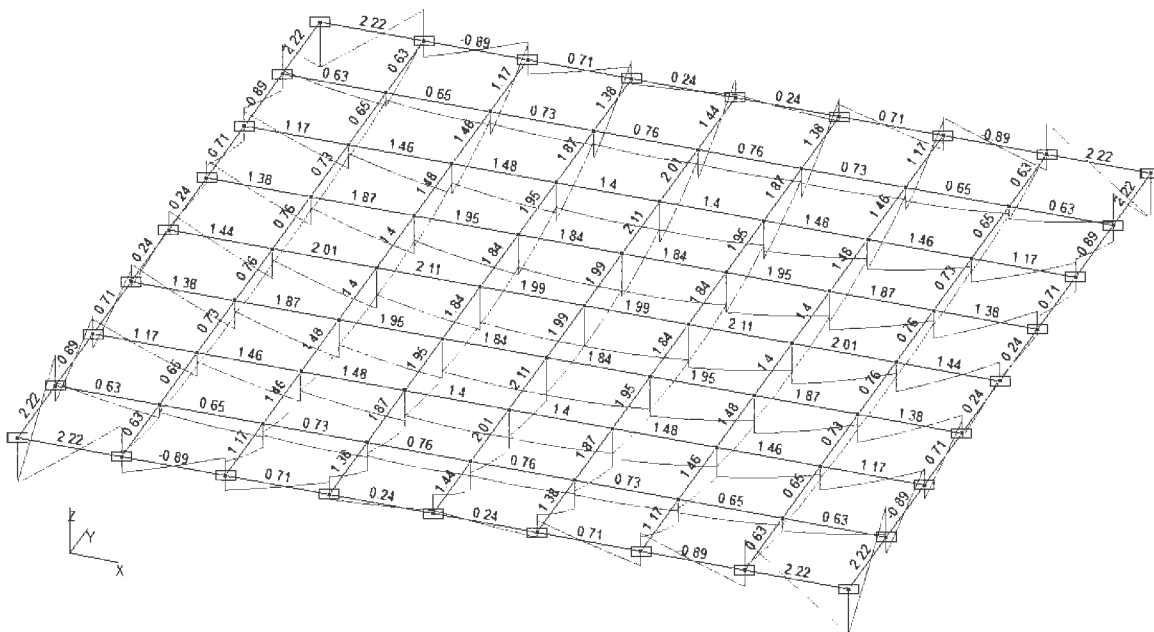


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов M_u, M_m в балках модели SCAD при $b = 1000$ мм

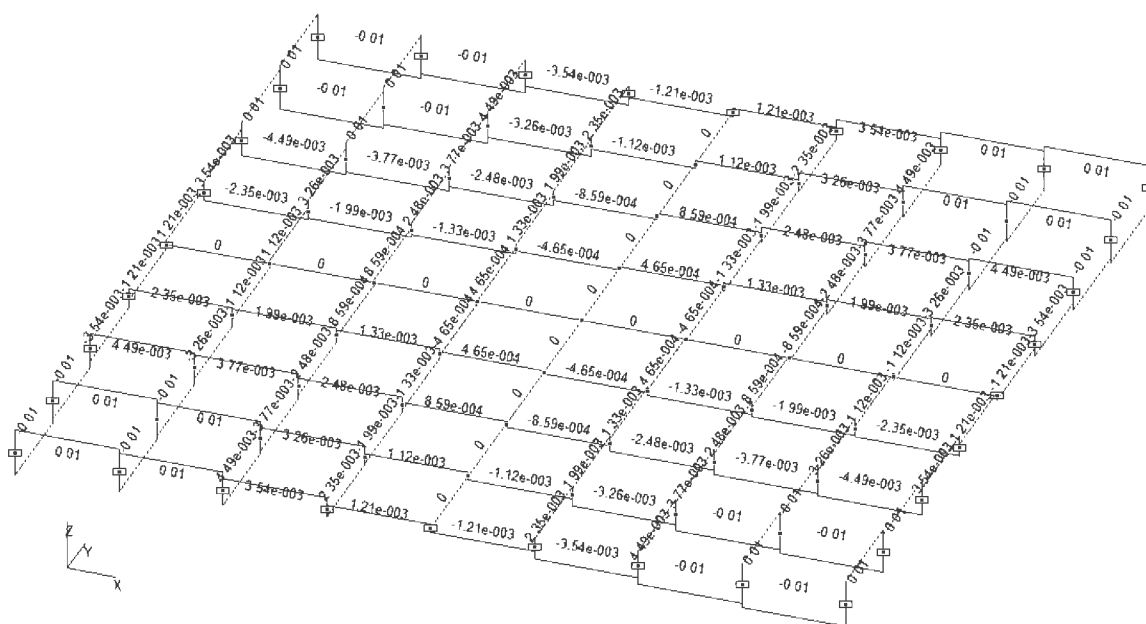


Рис. 4. Эпюры крутящих моментов $M_{кр}, T_m$ в балках модели SCAD при $b = 10$ мм

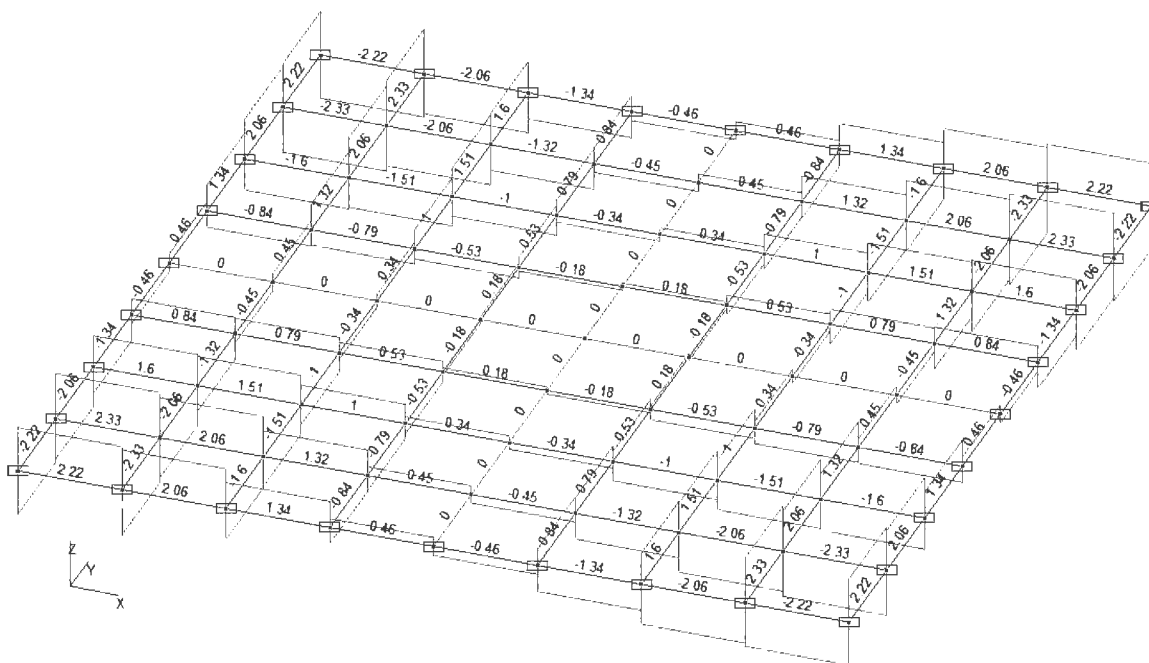


Рис. 5. Эпюры крутящих моментов $M_{кр}, T_m$ в балках модели SCAD при $b = 1000$ мм

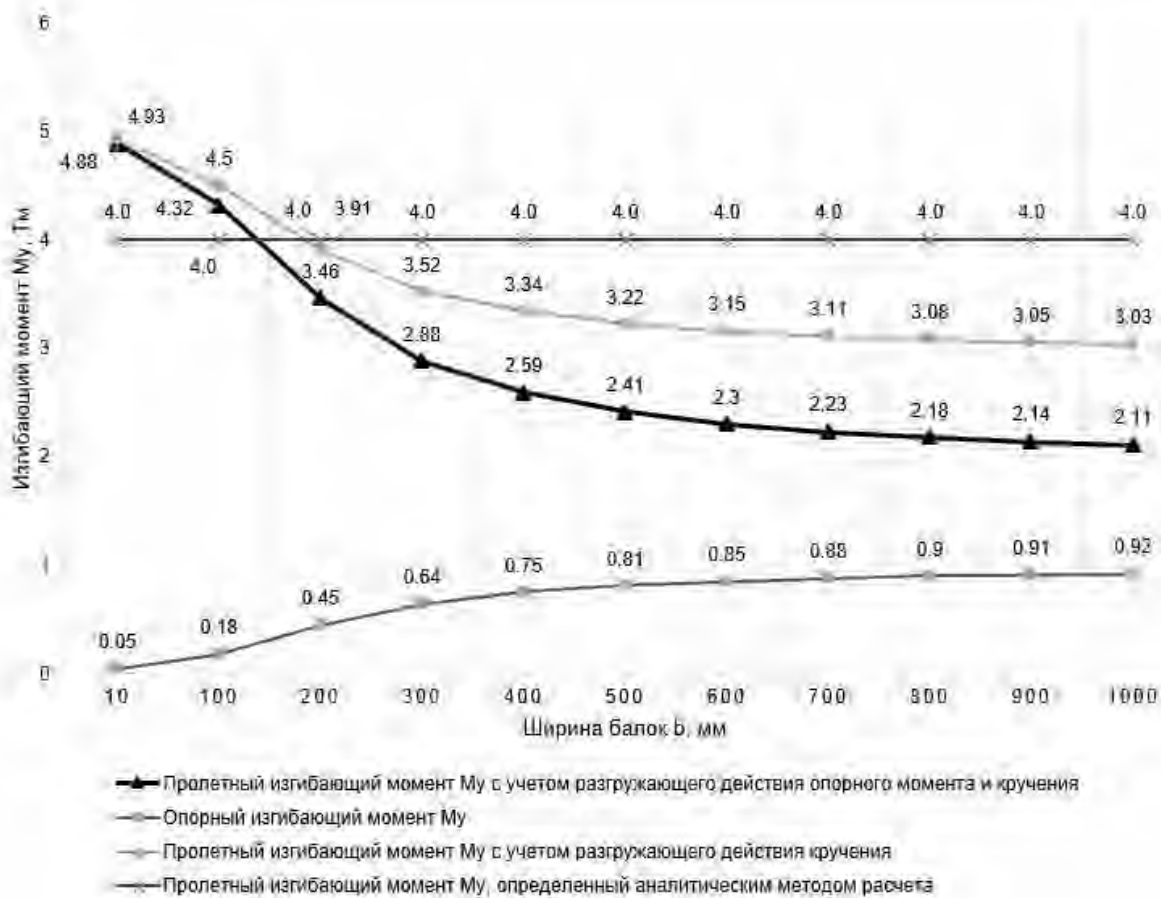


Рис. 6. Графики зависимости максимальных изгибающих моментов M_u, T_m в центральной балке Б4 кессонного перекрытия в зависимости от ширины балок b

Данные аналитического расчета и компьютерных моделей представлены в таблице.

Усилия в балках кессонного перекрытия

Методика	Усилие	$B_{оп}$	B_1	B_2	B_3	B_4
Аналитический расчет	M_y, T_m		1,55	2,85	3,7	4,0
	Q_z, T		0,78	1,43	1,85	2,0
SCAD $b = 10$ мм	M_y, T_m		1,88	3,45	4,5	4,88
	$M_y^{оп}, T_m$		0	0	0	0
	$M_{кр}^{max}, T_m$	0,01	0,01	0	0	0
	Q_z, T		1,25	2,01	2,45	2,59
SCAD $b = 100$ мм	M_y, T_m		1,66	3,05	3,99	4,32
	$M_y^{оп}, T_m$		0,08	0,15	0,17	0,18
	$M_{кр}^{max}, T_m$	0,49	0,46	0,33	0,17	0
	Q_z, T		1,26	2,02	2,44	2,58
SCAD $b = 200$ мм	M_y, T_m		1,33	2,44	3,19	3,46
	$M_y^{оп}, T_m$		0,17	0,37	0,44	0,45
	$M_{кр}^{max}, T_m$	1,2	1,15	0,82	0,43	0
	Q_z, T		1,23	2,04	2,44	2,57

Окончание таблицы

Методика	Усилие	Б _{оп}	Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄
SCAD b = 300 мм	M _y ТМ		1,11	2,03	2,66	2,88
	M _y ^{оп} , ТМ		0,19	0,51	0,61	0,64
	M _{кр} ^{max} , ТМ	1,63	1,61	1,14	0,6	0
	Q _{z'} Т		1,18	2,07	2,46	2,57
SCAD b = 400 мм	M _y ТМ		0,98	1,8/1,82	2,35/2,39	2,55/2,59
	M _y ^{оп} , ТМ		0,19	0,59	0,72	0,75
	M _{кр} ^{max} , ТМ	1,87	1,88	1,32	0,69	0
	Q _{z'} Т		1,14	2,09	2,47	2,59
SCAD b = 500 мм	M _y ТМ		0,9	1,65/1,7	2,16/2,23	2,34/2,41
	M _y ^{оп} , ТМ		0,18	0,64	0,78	0,81
	M _{кр} ^{max} , ТМ	2	2,05	1,42	0,75	0
	Q _{z'} Т		1,11	2,1	2,49	2,59
SCAD b = 600 мм	M _y ТМ		0,85	1,56/1,62	2,04/2,13	2,22/2,3
	M _y ^{оп} , ТМ		0,18	0,66	0,82	0,85
	M _{кр} ^{max} , ТМ	2,09	2,15	1,49	0,78	0
	Q _{z'} Т		1,09	2,11	2,5	2,6
SCAD b = 700 мм	M _y ТМ		0,82	1,5/1,57	1,97/2,06	2,13/2,23
	M _y ^{оп} , ТМ		0,17	0,68	0,84	0,88
	M _{кр} ^{max} , ТМ	2,14	2,22	1,53	0,8	0
	Q _{z'} Т		1,07	2,12	2,5	2,61
SCAD b = 800 мм	M _y ТМ		0,79	1,46/1,53	1,91/2,01	2,07/2,18
	M _y ^{оп} , ТМ		0,17	0,7	0,86	0,9
	M _{кр} ^{max} , ТМ	2,18	2,27	1,56	0,82	0
	Q _{z'} Т		1,06	2,12	2,51	2,61
SCAD b = 900 мм	M _y ТМ		0,78	1,43/1,5	1,87/1,98	2,03/2,14
	M _y ^{оп} , ТМ		0,17	0,71	0,87	0,91
	M _{кр} ^{max} , ТМ	2,2	2,3	1,58	0,83	0
	Q _{z'} Т		1,05	2,13	2,51	2,61
SCAD b = 1000 мм	M _y ТМ		0,76	1,4/1,48	1,84/1,95	1,99/2,11
	M _y ^{оп} , ТМ		0,17	0,71	0,88	0,92
	M _{кр} ^{max} , ТМ	2,22	2,33	1,6	0,84	0
	Q _{z'} Т		1,05	2,13	2,52	2,62

Примечание. Для M_y – над чертой представлены значения изгибающего момента в середине пролета балки, под чертой – его максимальное значение по длине балки. Проверим равновесие расчетных схем. Грузовая площадь балок A = 8,0 × 8,0 - (1,0 × 0,5 × 0,5 × 32) = 56 м². Суммарная нагрузка на балки F = q × A = 1,0 × 56 = 56 Т. Аналитический расчет: Q = 0,78 × 8 + 1,43 × 8 + 1,85 × 8 + 2,0 × 4 = 40,48 Т. Ошибка: 56 - 40,48 = 15,52Т (-27,7 %), равновесие не соблюдается. Модель SCAD при b = 200 мм: Q = 1,23 × 8 + 2,04 × 8 + 2,44 × 8 + 2,57 × 4 = 55,96 Т. Совпадение 99,9 %, равновесие соблюдается.

Выводы. 1. Аналитический метод определения усилий в балках прямых кессонных железобетонных перекрытий является неточным, что необходимо учитывать при верификационных вычислениях. Аналитический метод расчета не учитывает наличие крутящих

моментов в балках, жесткость опорного контура, их влияние на изгибающие пролетные моменты и прогибы конструкции. Равновесие аналитической расчетной схемы из условия распределения опорных реакций не соблюдается.

2. При вычислении пролетных изгибающих моментов с шириной балок $b \cong \frac{h}{2,5'}$ квадратных в плане перекрытий с квадратными кессонами, аналитический метод определения усилий дает удовлетворительные результаты.

3. При ширине балок менее $\frac{h}{2,5}$ изгибающие пролетные моменты, вычисленные на ЭВМ МКЭ, превышают моменты, определенные аналитическим способом.

4. Жесткость шарнирно опертого по контуру кессонного перекрытия можно повысить путем увеличения ширины балки опорного контура. Это приводит к увеличению в опорном контуре разгружающего крутящего момента, возникновению в пролетных балках опорного изгибающего момента и соответственно снижению пролетного момента.

5. Для использования эффекта разгружающего действия крутящих моментов и повышения надежности работы кессонного перекрытия балки должны армироваться пространственными арматурными каркасами с замкнутыми хомутами. В случае армирования балок кессонных перекрытий плоскими каркасами в балках возможно появление косых трещин, обусловленных наличием крутящих моментов.

6. Разгружающее действие крутящего момента и жесткость опорного контура, не учитываемые аналитическим методом расчета при определении усилий в балках кессонных перекрытий стандартной геометрии, не являются основной причиной значительных отклонений при определении усилий «ручным» способом и методом конечных элементов на ЭВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Вахненко П.Ф., Хилобок В.Г., Андрейко Н.Т., Яровой М.Л. Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий: справочник проектировщика. К.: Будівельник, 1987. 424 с. [Vahnenko P.F., Hilobok V.G., Andrejko N.T., Jarovoj M.L. Raschet i konstruirovanie chastej zhilyh i obshhestvennyh zdaniy. Spravochnik proektirovshhika. Kiev, Builder Publ, 1987.]
- Давыдов С.С., Жиров А.С., Иванова И.И. Руководство по железобетонным и каменным конструкциям. М.: МИИТ, 1975. 248 с. [Davydov S.S., Zhiron A.S., Ivanova I.I. Rukovodstvo po zhelezobetonnyh i kamennym konstruktsiyam. Moscow, MIIT, 1975. (In Russ).]
- Иванов-Дятлов И.Г. Железобетонные конструкции. М.-Л.: Министерство коммунального хозяйства РСФСР, 1950. 296 с. [Ivanov-Dyatlov I.G. Zhelezobetonnye konstruktsii. Moscow, Leningrad.: Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 1950. (In Russ).]
- Карпухин Н.С. Железобетонные конструкции. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. 442 с. [Karpuhin N.S. Zhelezobetonnye konstrukcii. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'-stvo literatury po stroitel'stvu i arhitekture, 1957.]
- Залигер Р. Железобетон его расчет и проектирование. Перевод с немецкого под ред. проф. П.Я. Каменцева. М.-Л.: Изд-во ГНТИ, 1931. 671 с. [Zaliger R. Zhelezobeton ego raschet i proektirovanie. Perevod s nemeckogo pod red. prof. P.Ja. Kamenceva. Publishing house GNTI, 1931.]
- Линович Л.Е. Расчет и конструирование частей гражданских зданий. К.: Будівельник, 1972. 664 с. [Linovich L.E. Raschet i konstruirovanie chastej grazhdanskih zdaniy Kiev, Builder Publ, 1972.]
- Улицкий И.И., Ривкин С.А., Самолетов М.В., Дыховичный А.А., Френкель М.М., Кретов В.И. Железобетонные конструкции. К.: Будівельник, 1972. 992 с. [Ulitskiy I.I., Rivkin S.A., Samoletov M.V., Dykhovichnyy A.A., Frenkel' M.M., Kretov V.I. Zhelezobetonnye konstruktsii. Kiev, Builder Publ, 1972.]
- Малахова А.Н. Монолитные кессонные перекрытия зданий // Вестник МГСУ. 2013. №1. С. 79–86. [Malakhova A.N. Monolitnye kessonnye perekrytija zdaniy. Bulletin of the MGSU. 2013; 1: 79-86. (In Russ).]
- Мозголов 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. [Mozgolov M.V., Turanova A.V. Ob effektivnosti kosykh kessonnykh zhelezobetonnykh perekrytiy. 2021;11(3):20-25 (In Russ).] DOI: 10.17673/Vestnik. 2021.03.03. Доступно по: <https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/83462>
- Мозголов 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.
- Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. М.: ДМК Пресс, 2019. 464 с. [Aljamovskij A.A. Inzhenernye raschety v SolidWorks Simulation. 2019. Moscow, DMK Press Publ, 2007. (In Russ).]
- Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: Факт, 2005. 344 с. [Gorodetskiy A.S., Evzerov I.D. Komp'yuternye modeli konstruktsiy. Kiev, Fact Publ, 2005.]
- Городецкий А.С., Барабаш М.С., Сидоров В.Н. Компьютерное моделирование в задачах строительной механики. М.: АСВ, 2016. 337 с. [Gorodetskiy A.S., Barabash M.S., Sidorov V.N. Komp'yuternoe modelirovanie v zadachakh stroitel'noy mekhaniki. Moscow, ACB Publ, 2016. (In Russ).]
- 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.: СКАД СОФТ, 2015. 848 с. [Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Fialko S.Yu., Perel'muter A.V., Perel'muter M.A. SCAD

Office. Versiya 21. Vychislitel'nyy kompleks SCAD ++. Moscow, SCUD SOFTWARE Publ, 2015. (In Russ.)

15. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс, 2007. 600 с. [Perel'muter A.V., Slivker V.I. Raschetnye modeli sooruzheniy i vozmozhnost' ikh analiza. Moscow, DMK Press Publ, 2007. (In Russ.)]

16. Skoruk L. Поиск эффективных расчетных моделей ребристых железобетонных плит и перекрытий // CADmaster. 2004. Т23. № 3. С.78–83. [Skoruk L. Poisk effektivnykh raschetnykh modeley rebristykh zhelezobetonnykh plit i perekrytiy. CADmaster. 2004;23(3): 78 – 83.] Доступно по: https://www.cadmater.ru/magazin/articles/cm_23_scad.html

17. Лоскутов И.С. Монолитные железобетонные кессонные перекрытия [Электронный ресурс]. Доступ от 24.09.2016. Доступ по ссылке: <https://dwg.ru/lib/2046>

REFERENCES

1. Vakhnenko P.F., Khilobok V.G., Andreyko N.T., Yarovoy M.L. *Raschet i konstruirovaniye chastey zhilykh i obshchestvennykh zdaniy: spravochnik proektirovshchika* [Calculation and construction of parts of residential and public buildings: designer's handbook]. Kyiv, Budivelnik Publ., 1987. 424 p.

2. Davydov S.S, Zhiron A.S., Ivanova I.I. *Rukovodstvo po zhelezobetonnyy i kamennym konstruksiyam* [Guide to reinforced concrete and stone structures]. Moscow, MIIT Publ., 1975. 248 p.

3. Ivanov-Dyatlov I.G. *Zhelezobetonnyye konstruksii* [Reinforced concrete structures]. Moscow, Leningrad, Ministerstvo kommunal'nogo khozyaystva RSFSR Publ., 1950. 296 p.

4. Karpukhin N.S. *Zhelezobetonnyye konstruksii* [Reinforced concrete structures]. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu i arkhitekture Publ., 1957. 442 p.

5. Zaliger R. *Zhelezobeton, ego raschet i proektirovaniye. Perevod s nemetskogo pod red. prof. P.Ya. Kamentseva* [Reinforced concrete, its calculation and design. Translation from German by professor P. Kamentsev]. Moscow, Leningrad, GNTI Publ., 1931. 671 p.

6. Linovich L.E. *Raschet i konstruirovaniye chastey grazhdanskikh zdaniy* [Calculation and design of parts of civil buildings]. Kyiv, Budivelnik Publ., 1972. 664 p.

7. Ulitskiy I.I., Rivkin S.A., Samoletov M.V., Dykhovichnyy A.A., Frenkel' M.M., Kretov V.I. *Zhelezobetonnyye konstruksii* [Reinforced concrete structures]. Kyiv, Budivelnik Publ., 1972. 992 p.

8. Malakhova A.N. Monolithic Waffle Slab Floors of Buildings. *Vestnik MGSU*, 2013, no.1, pp. 79 – 86. (in Russian)

9. Mozgolov M.V., Turanova A.V. On the effectiveness of oblique caisson reinforced concrete floors. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 20-25. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik. 2021.03.03.

10. Mozgolov M.V., Kozlova E.V. Creation of a SCAD verification model for the design calculations of a reinforced-concrete waffle slab floor system. *Vestnik NIC «Stroitel'stvo»* [Bulletin of Science and Research Center of Construction], 2022, vol. 32, no. 1, pp. 128-140. (in Russian.)] DOI:10.37538/2224-9494-2022-1(32)-128-140

11. Alyamovskiy A.A. *Inzhenernyye raschety v SolidWorks Simulation* [Engineering calculations in SolidWorks Simulation]. Moscow, DMK Press Publ., 2019. 464 p.

12. Gorodetskiy A.S., Evzerov I.D. *Komp'yuternyye modeli konstruksiy* [Computer models of structures]. Kyiv, Fakt Publ., 2005. 344 p.

13. Gorodetskiy A.S., Barabash M.S., Sidorov V.N. *Komp'yuternoe modelirovaniye v zadachakh stroitel'noy mekhaniki* [Computer modeling in tasks of constructions]. Moscow, ASV Publ., 2016. 337 p.

14. Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Fialko S.Yu., Perel'muter A.V., Perel'muter M.A. *SCAD Office. Versiya 21. Vychislitel'nyy kompleks SCAD ++* [SCAD Office. Version 21. Computing system SCAD ++]. Moscow, SKAD SOFT Publ., 2015. 848 p.

15. Perel'muter A.V., Slivker V.I. *Raschetnye modeli sooruzheniy i vozmozhnost' ikh analiza* [Design models of structures and the possibility of their analysis]. Moscow, DMK Press Publ., 2007. 600 p.

16. Skoruk L. Search for effective design models if ribbed reinforced concrete slabs and ceilings. *Journal of CADmaster*, 2004, vol. 23. no. 3, pp. 78-83. (in Russian) Available at: https://www.cadmater.ru/magazin/articles/cm_23_scad.html (accessed 6 April 2022)

17. Loskutov I.S. *Monolitnyye zhelezobetonnyye kessonnyye perekrytiya* [Monolithic reinforced concrete coffered floors]. Available at: <https://dwg.ru/lib/2046> (accessed 6 April 2022)

Об авторах:

МОЗГОЛОВ Михаил Валентинович

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

MOZGOLOV Mikhail V.

PhD in Rngineering Science, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Kolomna Institute (branch)
140402, Moscow Region, Kolomna, October Revolution
str., 408
E-mail: mvmozgolov@yandex.ru

КОЗЛОВА Елизавета Вадимовна

студентка 3-го года обучения направления
«Строительство»
Московский политехнический университет
Коломенский институт
140402, Россия, г. Коломна, ул. Октябрьской
революции, 408
E-mail: lizakozlova2014@gmail.com

KOZLOVA Elizaveta V.

Student
Moscow Polytechnic University
Kolomna Institute (branch)
140402, Moscow Region, Kolomna, October Revolution
str., 408
E-mail: lizakozlova2014@gmail.com

Для цитирования: *Мозголов 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.*

For citation: *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.*

А. А. ПИЩУЛЕВ
Е. О. МАНЯХИНА

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ С КОНСОЛЬНЫМИ ЭТАЖАМИ

ANALYSIS OF STRUCTURAL SOLUTIONS FOR BUILDINGS WITH CANTILEVERED FLOORS

Рассмотрены конструктивные решения для зданий с консольными этажами вылетом более 20 м. Представлены примеры объектов, в которых реализованы аналогичные консольные этажи и их конструктивные особенности. Предложен вариант реализации консольного этажа длиной более 20 м, где в качестве стержневой пространственной конструкции принята балка коробчатого сечения. Выполнен расчет с применением расчетного комплекса ЛИРА-САПР. Получены значения моментов и перерезывающих сил для консолей длиной от 21 до 39 м. Выделены основные достоинства предложенного конструктивного решения и приведены возможные варианты его исполнения.

Ключевые слова: консольный этаж, балка коробчатого сечения, стержневые системы, железобетонные конструкции, пространственные конструкции

В настоящее время крупные города нуждаются в потребности возведения уникальных зданий и сооружений, создающих индивидуальность архитектурного облика. Консольные конструкции создают эффект нависания верхних этажей, что является архитектурной особенностью, позволяющей сооружению одержать визуальную победу над законами гравитации. Здания, которые являлись бы полностью консольными, встречаются редко и зачастую имеют консоли с небольшими вылетами.

Constructive solutions for buildings with cantilevered floors with a span of more than 20 m are considered. Examples of objects in which similar cantilever floors and their design features are presented. The implementation variant of a cantilever floor with a length of more than 20 m is proposed, where a box-shaped beam is adopted as a core spatial structure. The calculation was performed using the LIRA-CAD calculation complex. The values of moments and cutting forces for consoles with a length from 21 to 39 m are obtained. The main advantages of the proposed constructive solution are highlighted and possible variants of its execution are given.

Keywords: cantilever floor, box-section beam, rod systems, reinforced concrete structures, spatial structures

Сегодня самарским архитектором Д.Ю. Храмовым предложен эскиз здания современного искусства, расположенный на набережной Волги в Самаре (рис. 1). По замыслу автора проектируемое здание весьма выразительно и может претендовать на здание нового архитектурного акцента города. Однако эта задача является достаточно сложной с конструктивной точки зрения и требует дополнительного анализа и исследования в области существующих конструктивных схем, материалов и принципиальных подходов к реализации данных проектов.

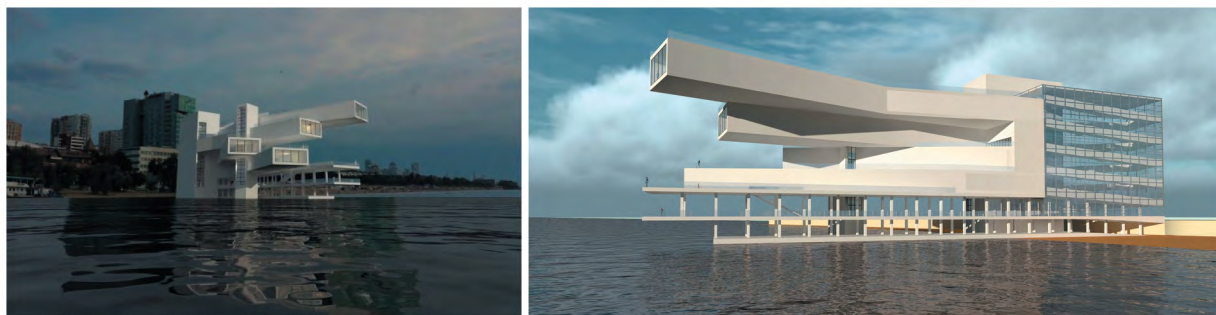


Рис. 1. Модель проектируемого здания

Зарубежный опыт строительства показывает, что реализация таких конструкций возможна. Так, одним из примеров является здание штаб-квартиры компании GasNatural в Барселоне, возведенное в 2005 г. Оно имеет весьма сложную форму, а также свою главную особенность – 40-метровую консоль высотой в пять этажей (рис. 2). Несущая конструкция консоли выполнена из металлических второстепенных и главных балок таврового сечения с применением стадежелезобетона.

Другой пример – штаб-квартира компании «Statoy ASA» в городе Ставангер, Норвегия (рис. 3). Здание состоит из пяти модулей, три из которых консольные, с общим атрибутом. Сами консоли представляют собой стальной каркас от фирмы «Ruuckki», выполненный в виде прямоугольной фермы с параллельными поясами высотой в три этажа, с дополнительными горизонтальными элементами, на которые опираются балки таврового сечения с перфорированной стенкой. По балкам уложены железобетонные плиты перекрытия. Масса одного элемента каркаса может достигать значения до 100 т. Максимальная длина консоли составляет 33 м, ширина – 23 м.

Архитектурной студией «AND» было разработано здание отеля «Aurgetrad» (рис. 4). Здание расположено на острове Кодже в Южной Корее, имеет консольные этажи длиной 10 м, направленные в разные стороны. Консоли представляют собой монолитные железобетонные балки, выполненные в виде швеллера с наибольшим уклоном от основания к краю.

Анализ рассмотренных вариантов позволяет выявить некую закономерность применения конструктивных решений в том или ином случае. Например, при реализации консольных этажей старается выполнить консоль в три и более этажей, при этом за счет увеличения

плеча внутренних пар сил снижаются усилия в наиболее растянутых и сжатых элементах. Как правило, в створе стеновых конструкций устраивают сегментную ферму, устойчивость сегментных раскосов которых обеспечивается за счет приемыкания к ним элементов перекрытия.

Устройство одноэтажных консолей является более сложной задачей, так как при незначительной высоте порядок расширяющихся и сжимающих усилийкратно возрастает [4]. Эта задача может решаться эффективно путем применения рациональных сечений, когда отражающие конструкции одновременно выполняют и несущие функции. Одним из примеров данного решения является применение балок коробчатого сечения или ферменные конструкции (рис. 5).

Для анализа был произведен сбор полезной и снеговой нагрузок на здание, соответствующих городу Самаре, для сравнительного анализа различных видов конструктивного решения консоли. Значения данных нагрузок представлены в табл. 1.

Значение полезной нагрузки было принято в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» (табл. 8.3) как для выставочных залов. Был произведен расчет с применением расчетного комплекса МИРА-САПР (рис. 6) и получены значения моментов и перерезывающих сил для консолей длиной от 21 до 39 м. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Для реализации консольного этажа в соответствии с эскизом (см. рис. 5) рассмотрим результаты исследования консольного этажа высотой 21, 30 и 39 м соответственно на действие вертикальных нагрузок. Элементные модели консолей показаны на рис. 7 и 8. В данной статье представлены результаты расчета в линейной постановке для определения картины напряженно-деформированного состояния конструкций и порядка максимальных напряжений.

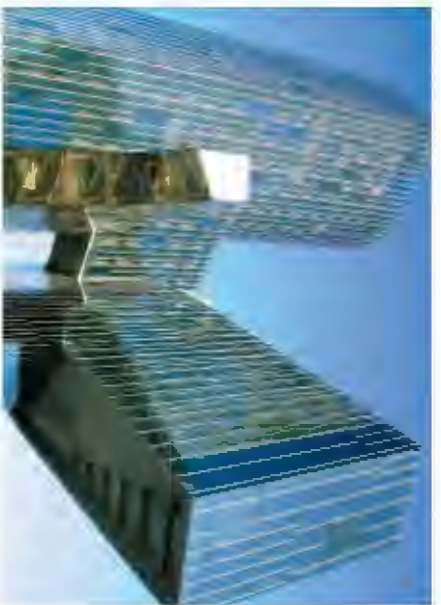


Рис. 2. Штаб-квартира компании GasNatural в Барселоне, Испания [1]





Рис. 3. Штаб-квартира компании «Statoil ASA» в городе Ставангер, Норвегия [2]



Рис. 4. Отель «Aggrenad», остров Кодже, Южная Корея [3]

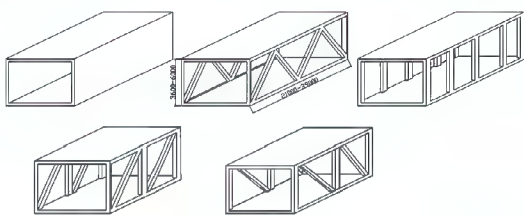


Рис. 5. Варианты балок коробчатого сечения

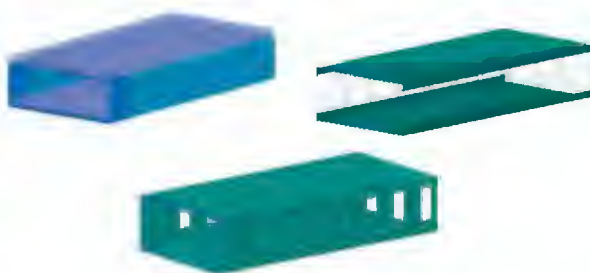


Рис. 6. Варианты расчетных моделей в ЛИРА-САПР для консоли длиной 21 м

Информация о напряженно-деформированном состоянии анализировалась с точки зрения применения тех или иных материалов, а также геометрических характеристик сечений элементов.

При реализации расчетной схемы использовались КЭ 41 (универсальный прямоугольный конечный элемент оболочки) и КЭ 10 (универсальный пространственный стержневой конечный элемент). Сечениям конечных элементов назначались прочностные характеристики бетона класса В40 и арматуры класса А500. Временные нагрузки на конструкции этажа представлены в табл. 1. Постоянные нагрузки от собственного веса конструкций прикладываются автоматически.

Все консольные этажи имеют ширину 9 м и высоту этажа 4 м. В качестве примера рассмотрены два варианта сечений:

- балка коробчатого сечения с перфорированной стенкой;
- ферменная конструкция с развитыми поясами.

По результатам расчета получены следующие значения, представленные в табл. 3 и 4.

Таблица 1

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН/м ²
Снеговая нагрузка $S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6 = 1,6$ кН/м ²	1,6	1,4	2,24
Полезная нагрузка	4	1,2	4,8
Нагрузка от собственного веса. Задается автоматически в ПК ЛИРА-САПР	–	–	–

Таблица 2

Значения моментов и перерезывающих сил для консолей длиной от 21 до 39 м

Длина балки, м	Эпюра М	Макс.знач. М, МНм	Эпюра Q	Макс.знач. Q, МН
21		29,7		2,97
30		66,8		4,46
39		119		5,94

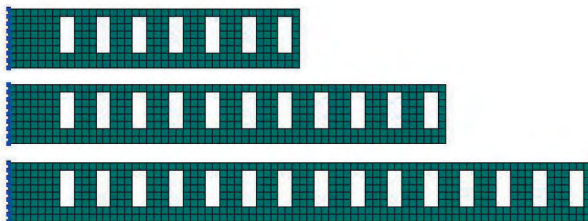


Рис. 7. КЭ модели одноэтажных консолей коробчатого сечения пролетом 21, 30 и 39 м

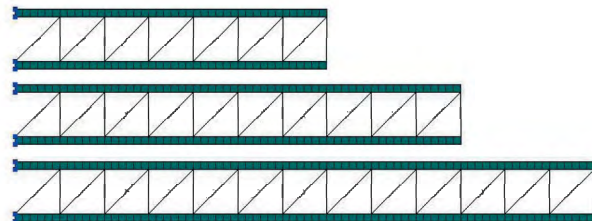


Рис. 8. КЭ модели одноэтажных консолей ферменного типа с развитыми нижним и верхним поясами пролетом 21, 30 и 39 м

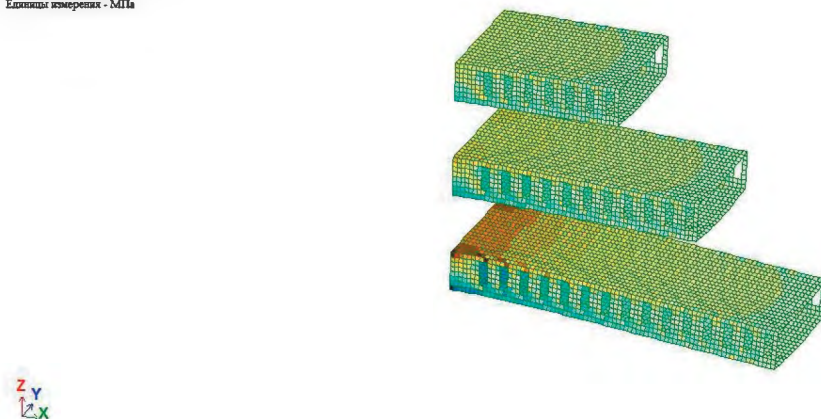
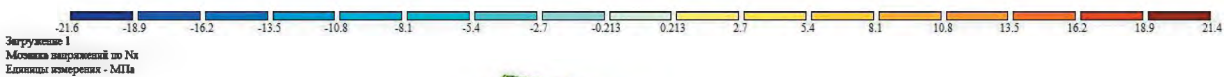


Рис. 9. Мозаика напряжений Nx (МПа) консолей пролетом 21, 30 и 39 м



Рис. 10. Мозаика перемещений по оси Z (мм) консолей пролетом 21, 30 и 39 м

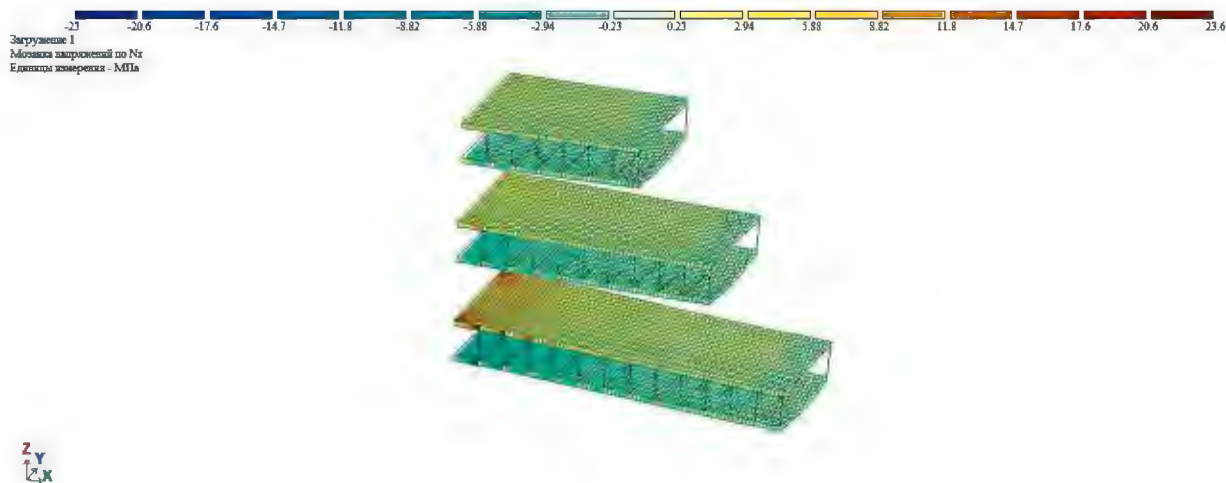


Рис. 11. Мозаика напряжений Nx (МПа) консолей пролетом 21, 30 и 39 м

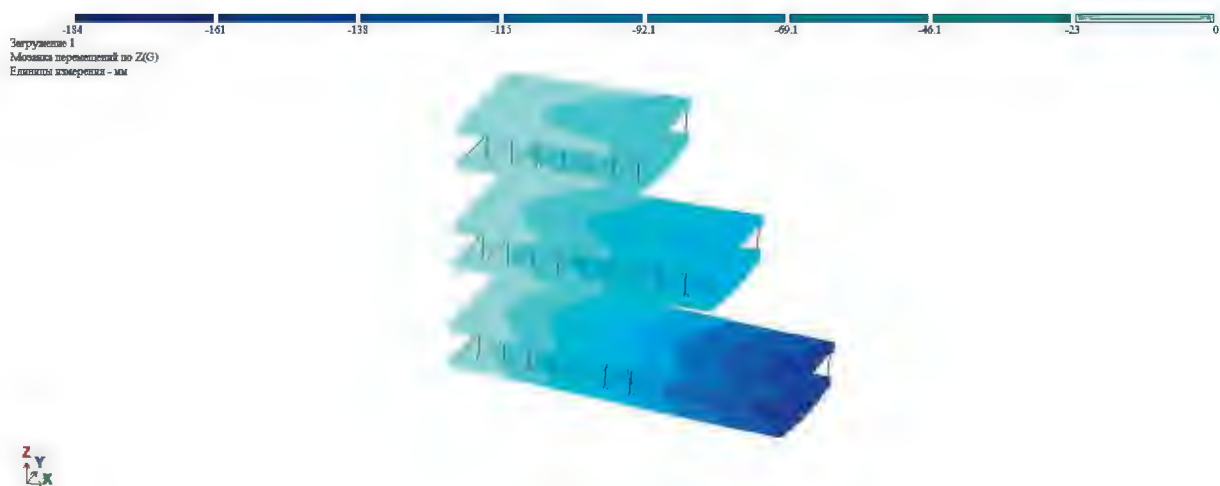


Рис. 12. Мозаика перемещений по оси Z (мм) консолей пролетом 21, 30 и 39 м

Таблица 3

Результаты расчета консоли коробчатого сечения

Пролет, м	Напряжение N_x , МПа	Перемещение по Z, мм	Усилие в стержневых элементах, МПа	Требуемое армирование в плитах, Ø / шаг
21	5,81	-30,8	-	Ø 25 / 200 мм
30	12,5	-74,6	-	Ø 36 / 200 мм
39	21,4	-179	-	Ø 40 / 150 мм

Таблица 4

Результаты расчета консоли ферменного типа

Пролет, м	Напряжение N_x , МПа	Перемещение по Z, мм	Усилие в стержневых элементах, МПа	Требуемое армирование в плитах, Ø/шаг
21	8,77	- 45,4	-1551 (1000)	Ø 28 / 200 мм
30	15,1	- 91,3	-2286 (1518)	Ø 36 / 200 мм
39	23,6	- 184	-3026 (2028)	Ø 40 / 150 мм

По результатам анализа данных расчета можно сделать следующие **выводы**:

1. Реализация одноэтажных консолей возможна при применении в качестве рациональных сечений коробчатых сечений и ферм с развитыми поясами.

2. Применение коробчатых сечений с перфорированной стенкой в качестве несущей системы для консольного этажа имеет большую жесткость по сравнению с фермой, однако имеет ряд ограничений при реализации объемно-планировочных решений фасада.

3. Уровень напряжений и деформаций в плитных частях консолей находится на пределе прочностных характеристик арматурных сталей, а величина перемещений вдоль действия главных растягивающих напряжений требует применения в данных конструкциях высокопрочных сталей с предварительным напряжением или высокопрочных композитов (углепластиков) с модулем упругости свыше 200 000 МПа [5–7].

4. При реализации стенки в виде ферменной конструкции растянутые элементы рекомендуется выполнять из сталежелезобетона [8].

5. Принятые сечения консолей с развитыми растянутыми и сжатыми полками позволяют рационально распределить усилие по их ширине, однако возникает дополнительная задача по обеспечению устойчивости этих конструкций, в связи с чем возникает необходимость введения балочных элементов в полках или придания выгиба плитной части в поперечном направлении для повышения ее жесткости [9, 10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Штаб-квартира компании GasNatural [Электронный ресурс] URL: <https://archi.ru/projects/world/5024/shtab-kvartira-kompanii-gas-natural> (дата обращения: 19.01.2022).
2. Первый подснежник или уникальное офисное здание для норвежской компании Statoil [Электронный ресурс] URL: <https://apartmentinteriors.ru/statoil/> (дата обращения: 19.01.2022).
3. Aggrenadhotelby AND [Электронный ресурс] URL: <https://www.dezeen.com/2013/01/30/aggrenadhotel-by-and/> (дата обращения: 19.01.2022).
4. Консольные здания и их особенности / А.А. Грузков, В.Д. Матвиенко, П.Е. Соляник, Н.А. Вернин // Инновации и инвестиции. 2020. №10. С. 179–183.
5. Исследование работы железобетонных изгибаемых элементов с применением постнатягаемых канатов / А.А. Пищулев, Д.А. Панфилов, Ю.В. Жильцов, Я.А. Бузовская // Градостроительство и архитектура. 2020 Т. 10, №1. С. 24–29. DOI: /10.17673/Vestnik.2020.01.4.
6. Композитные материалы на основе углеродных волокон при усилении конструкций многоэтажных жилых домов / Р.Ф. Вагапов, В.В. Бабков, Г.С. Колесник, Г.В. Коган, А.Л. Мочалов, М.З. Каранаев, Р.З. Каранаева, Е.Б. Саватеев, И.З. Ахмадиев, И.И. Беркалиев // Жилищное строительство. 2011. №7. С.27–29.
7. Мадатян С.А. Новые технологии и материалы для арматурных работ в монолитном железобетоне // Технологии бетонов. 2006. №3. С. 52–54.
8. Кибирева Ю.А., Астафьева Н.С. Применение конструкций из сталежелезобетона // Экология и строительство. 2018. №2. С.27–34.
9. Оптимизация стержневых систем / А.В. Клюев, С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, А.Г. Юрьев // Электрон-

ный научный журнал «Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова». 2008. №3. С.33–36.

10. Пищулев А.А. Изгибаемые железобетонные элементы с неоднородными прочностными характеристиками бетона сжатой зоны // Бетон и железобетон. 2010. №2. С.23–26.

REFERENCES

1. *Shtab-kvartira kompanii GasNatural* [Gas Natural Company Headquarters]. Available at: <https://archi.ru/projects/world/5024/shtab-kvartira-kompanii-gas-natural> (accessed 19 January 2022).

2. *Pervyy podsnegzhnik ili unikal'noe ofisnoe zdanie dlya norvezhskoy kompanii Statoil* [The first snowdrop or a unique office building for the Norwegian company Statoil]. Available at: <https://apartmentinteriors.ru/statoil/> (accessed 19 January 2022).

3. Aggrenadhotelby AND. Available at: <https://www.dezeen.com/2013/01/30/aggrenad-hotel-by-and/> (accessed 19 January 2022).

4. Gruzkov A.A., Matvienko V.D., Solyannik P.E., Vernin N.A. Cantilever buildings and their features. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and investment], 2020, no. 10, pp. 179-183. (in Russian)

5. Pishchulev A.A., Panfilov D.A., Zhil'tsov Yu.V., Buzovskaya Ya.A. Research of the work of reinforced concrete bended elements with the use of post-tensioned ropes. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 24-29. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.4

6. Vagapov R.F., Babkov V.V., Kolesnik G.S., Kogan G.V., Mochalov A.L., Karanaev M.Z., Karanaeva R.Z., Savateev E.B., Akhmadiev I.Z., Berkaliev I.I. Composite materials based on carbon fibers for strengthening the structures of multi-storey residential buildings. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2011, no. 7, pp.27-29. (in Russian)

7. Madatyan S.A. New technologies and materials for reinforcement work in monolithic reinforced concrete. *Tekhnologii betonov* [Concrete technologies], 2006, no. 3, pp. 52-54. (in Russian)

8. Kibireva Yu.A., Astaf'eva N.S. Application of steel-reinforced concrete structures. *Ekologiya i stroitel'stvo* [Ecology and construction], 2018, no. 2, pp. 27-34. (in Russian)

9. Klyuev A.V., Klyuev S.V., Lesovik R.V., Yur'ev A.G. Optimization of core systems, *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2008 no. 3, pp.33-36 (in Russian)

10. Pishchulev A.A. Bendable reinforced concrete elements with heterogeneous strength characteristics of compressed zone concrete. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced concrete], 2010, no. 2, pp. 23-26. (in Russian)

Об авторах:

ПИЩУЛЕВ Александр Анатольевич

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

МАНЯХИНА Елизавета Олеговна

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

PISHCULEV Alexander A.

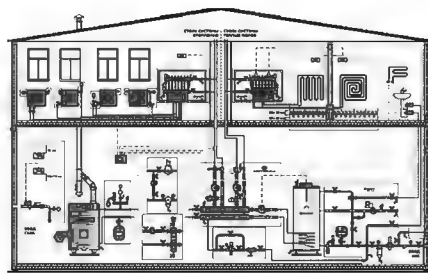
PhD in Engineering, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: pishchulev@yandex.ru

MANYAHINA Elizaveta O.

Master's Degree Student of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: liza_manyakhina@mail.ru

Для цитирования: Пищулев А.А., Маняхина Е.О. Анализ конструктивных решений для зданий с консольными этажами // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 21–27. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.3.

For citation: Pishchulev A.A., Manyakhina E.O. Analysis of Structural Solutions for Buildings with Console Floors. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 21–27. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.3.



А. К. СТРЕЛКОВ
А. О. БАЗАРОВА
С. Ю. ТЕПЛЫХ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА НА СТОЧНЫХ ВОДАХ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

METHOD FOR ASSESSING THE EFFICIENCY
OF THE USE OF A BIOLOGICAL PREPARATION IN WASTEWATER
OF OIL EXTRACTION PRODUCTION

Одним из перспективных способов удаления жиров в сточных водах пищевых предприятий является биоферментная технология разложения органических веществ, в том числе жиров и растительных масел на локальных очистных сооружениях, находящихся непосредственно на предприятиях. Биоферментные технологии по разложению и утилизации жиров в сточных водах основаны на использовании микробных липаз и микроорганизмов, способных к их продуцированию. Эксперимент был проведен на территории маслоэкстракционного завода г. Безенчук Самарской области в течение 18 дней. На основании отобранных проб была выявлена концентрация триглицеридов, определена деструктивная способность, а также липолитическая активность после введения биопрепарата.

Ключевые слова: масложировые сточные воды, биопрепарат, биологический метод очистки, липаза

Поиск, выделение и изучение возможности использования микроорганизмов для очистки жиросодержащих сточных вод начали наиболее активно проводить в 1970-1980-е гг. Активные исследования в этом направлении велись как в странах бывшего Советского Союза, так и за рубежом [1-5]. Наиболее глубоким исследованием в этот период были подвергнуты бактерии

One of the promising ways to remove fats in the wastewater of food enterprises is the bioenzymatic technology for the decomposition of organic substances, including fats and vegetable oils, at local treatment facilities located directly at the enterprises. Bioenzymatic technologies for the decomposition and utilization of fats in wastewater are based on the use of microbial lipases and microorganisms capable of producing them. The experiment was carried out on the territory of the oil extraction plant in Bezenchuk for 18 days. Based on the samples taken, the concentration of triglycerides was revealed, the destructive ability was determined, as well as lipolytic activity after the introduction of the biological product.

Keywords: oil and fat wastewater, biological product, biological treatment method, lipase

рода *Bacillus*, *Pseudomonas* и дрожжи *Yarrowia*. В 1990 г. расширение поиска микроорганизмов для очистки сточных вод способствовало вовлечению исследователями в список липолитических активных культур микроорганизмов родов *Chromobacter*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Rhodococcus* [4,6,7]. Существенный интерес к изучению липолитической активности микро-

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90026.
Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number № 20-35-90026

организмов *Serratia marcescens* объясняет пристальное внимание исследователей к данным штаммам благодаря их способности синтезировать продигиозин [8]. С 2000-х гг. и по настоящее время данная культура изучается преимущественно в качестве продуцента липазы [9,10].

К числу основополагающих технологических характеристик микроорганизмов, используемых для очистки жиросодержащих сточных вод, относится их деструктивная активность, направленная на разрушение липидов до углекислого газа и воды. Наиболее важную роль в процессе распада органических веществ играют ферменты-биокатализаторы, образующиеся в клетке и представляющие собой либо простые белки, либо сложные, содержащие не аминокислотные компоненты [11,12]. В частности распад нейтральных липидов происходит за счет гидролитического действия липаз. Результатом является образование глицерина и жирных кислот.

Анализ литературных источников показывает, что изучение деструкции ведется как в отношении растительных масел (подсолнечное, оливковое, пальмовое, рапсовое), так и жиров животного происхождения (говяжий, свиной, бараний).

Липазы являются ферментами, синтез которых зависит от скорости роста и развития продуцента, его биосинтетической способности. Как показали многолетние исследования, для каждого штамма свойственны свои оптимальные условия культивирования, включающие компоненты питательной среды (источники углерода, азота, присутствие липидов, неорганические соли) и физико-химические факторы процесса ферментации (температура, pH среды, режим перемешивания и аэрации) [13,14].

Возможность применения липолитически активных культур, обладающих деструктивной способностью и субстратной специфичностью к жирам в сточных водах пищевых производств, отображена в работах [15–17]. При подборе наиболее активных штаммов и поддержании определенных условий очистки эффект мог бы достигать 80–90 %.

Предмет исследования

Исследования проводились на территории маслоэкстракционного завода в г. Безенчук Самарской области в течение 18 дней.

Эксперимент по определению деструктивной активности микроорганизмов на сточных водах с высоким содержанием жиров, нефтепродуктов и фенольных примесей был осуществлен с помощью биопрепарата «Русский богатырь № 4». Источником триглицеридов служили отобранные пробы сточных вод маслоэкстракционного завода, поступающие на модельную

установку, и очищенные сточные воды. Доза введенного препарата составила 6,25 мг/л. Время пребывания в аэрационном сооружении составляло 50–60 мин, отбор контрольных проб производился каждый день работы установки.

Объектом исследования служили пробы сточных вод маслоэкстракционного завода, объем каждого образца составлял 1,5 л, из которого бралась аликвота для определения исследуемых показателей в соответствии с методикой эксперимента. Все исследования выполнены в двух повторах на один образец.

Материалы и методы

Определение содержания триглицеридов в сточных водах проводили в лабораторных условиях с применением методики по определению нейтральных жиров.

Принцип метода заключается в том, что триглицериды экстрагируются смесью гептана и изопропилового спирта, в которую переходят только неполярные липиды. Триглицериды гидролизуются щелочью, глицерин окисляется йодной кислотой до формальдегида, который определяется по цветной реакции с ацетилацетоном.

Далее требуется внести во флакон с завинчивающейся тefлоновой крышкой навеску сухой измельченной ткани, доведенной до постоянной массы (25–30 мг). Добавить 3,5 мл изопропилового спирта и 2 мл гептана. Интенсивно встряхнуть и поставить в термостат при температуре 37 °С на ночь. На следующий день добавить в каждый флакон 0,5 мл воды и 1,0 мл 0,16 М раствора серной кислоты. Закрывать флакон крышкой, интенсивно встряхнуть, смесь перелить в центрифужную пробирку и центрифугировать 15 мин при 1500 об/мин. Из верхнего (гептанового) слоя отобрать 0,4 мл и перенести в стеклянную мерную пробирку со шлифом и притертой пробкой. Добавить 2,0 мл изопропилового спирта и 40 мкл 6,25 М раствора КОН. Перемешать, закрыть пробкой и нагреть на водяной бане 10 мин при температуре 70 °С. После охлаждения добавить 0,2 мл раствора йодной кислоты и 1 мл ацетилацетонового реактива. После перемешивания снова закрыть пробкой и нагревать еще 10 мин при 70 °С. Развивается желто-зеленое окрашивание, интенсивность которого измеряют, фотометрируя образцы при длине волны 425 нм в кюветках с длиной оптического пути 0,5 см против контрольной пробы, которую ставят так же, как и опытную, но без навески исследуемого материала.

Определение содержания триглицеридов проводили с использованием калибровочного графика, построенного по стандартному раствору. 20,4 мг топленого животного жира растворяли в 1 мл изопропилового спирта.

Проба № 1. В стеклянную мерную пробирку со шлифом внести 200 мкл калибровочного раствора, добавить 3,3 мл изопропилового спирта (4,08 мг жира).

Проба № 2. К 100 мкл калибровочного раствора добавить 3,4 мл спирта (2,04 мг жира).

Проба № 3. К 50 мкл калибровочного раствора добавить 3,45 мл изопропилового спирта (1,02 мг жира).

Проба № 4. Отобрать 25 мкл калибровочного раствора и внести 3,48 мл спирта (0,51 мг триглицеридов).

Проба № 5. Включает 12,5 мкл калибровочного раствора и 3,50 мл изопропилового спирта (0,255 мг).

Калибровочные пробы обрабатываются так же, как и экспериментальные. Расчёт результата проводился по калибровочной кривой.

Определение содержания триглицеридов проводили с использованием калибровочного графика, построенного по стандартному раствору. 20,4 мг топленого животного жира растворяли в 1 мл изопропилового спирта.

Расчет триглицеридов производился по формуле

$$C_{\text{оп}} = (0,816 \cdot \frac{E_{\text{оп}} - E_{\text{к}}}{2,10}) \cdot 5 \cdot 20, \quad (1)$$

где $C_{\text{оп}}$ – концентрация триглицеридов в исследуемом образце, мг/л;

0,816 мг – одержание триглицеридов в пробе стандарта (0,4 мл из 2 мл гептана, стандартный р-р 4,08 мг);

$E_{\text{оп}}$ – оптическая плотность опытной пробы;

$E_{\text{к}}$ – средняя оптическая плотность контроля, 0,126 ед;

2,10 – средняя оптическая плотность стандарта (0,816 мг/пробу) с вычетом оптической плотности контроля;

5 – коэффициент пересчета (так как по методике в пробу берется 0,4 мл из 2 мл гептана);

20 – коэффициент пересчета на 1 л (так как выпаривается 50 мл).

Для определения активности фермента использовали набор «ЛИПАЗА» (LPS) («Ди-аВетТест», Россия) для полуавтоматических анализаторов, адаптировав для определения в пробах сточных вод.

Расчет активности липазы производили по формуле

$$A = 154 \cdot \frac{\Delta E_{\text{оп}} - \Delta E_{\text{к}}}{\Delta E_{\text{ст}} - \Delta E_{\text{к}}}, \quad (2)$$

где A – активность липазы, Е/л;

154 – активность липазы в стандартной сы-воротке, Е/л;

$(\Delta E_{\text{оп}} - \Delta E_{\text{к}})$ – разница оптической плотности опытной и контрольной проб;

$(\Delta E_{\text{ст}} - \Delta E_{\text{к}})$ – разница оптической плотности стандартной и контрольной проб.

Данные, полученные при применении данного метода, позволят оценить интенсивность развития углеводородокисляющих микроорганизмов, а также биодеградации в отношении конкретных веществ, что позволит утверждать о возможности биохимической очистки сточных вод биопрепаратом.

Результаты

Зависимость оптической плотности раствора от концентрации триглицеридов, пред-

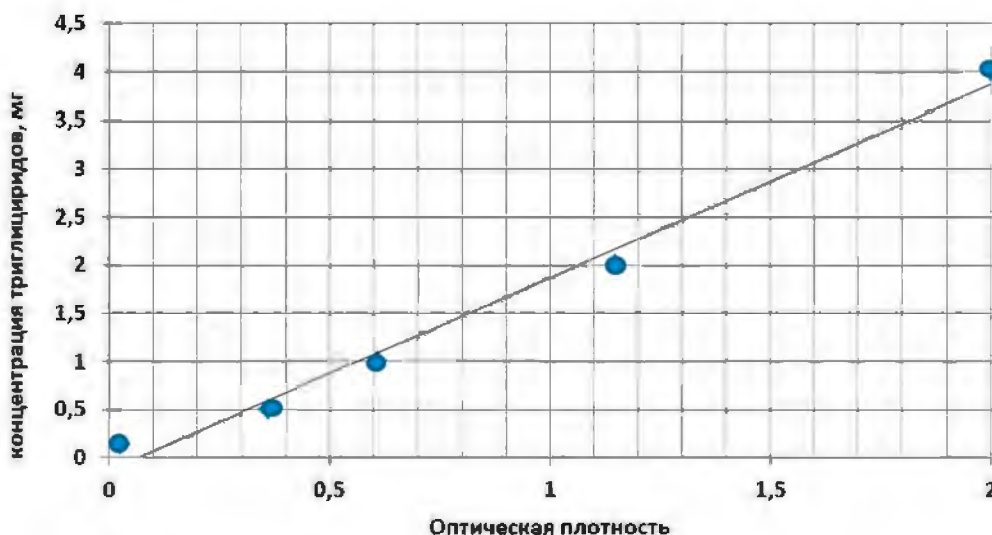


График зависимости оптической плотности раствора от содержания триглицеридов

ставленная на калибровочном графике, построенном по стандартам с концентрациями от 0,255 до 4,08 мг на пробу, носила прямолинейный характер (см. рисунок).

Из полученных результатов видно (см. таблицу), что содержание триглицеридов в образцах составило от 2,72 мг/л в пробе №8 до 95,55 мг/л в пробе №5. Пик деструктивной ак-

тивности приходился на 3–6-е сутки, через трое суток – 73,62 %, через 5 суток – 22, 66 %, на 7-е и 9-е сутки – концентрация загрязнений была незначительной, снижение на 81,16–96,96 %.

Липолитическая активность в образцах сточных вод составила от 0,00 до 77,00 Е/л, наиболее активный рост зафиксирован на 5-е сутки после введения разовой дозы биопрепарата 6,25 мг/л.

Концентрация триглицеридов и активность липазы в образцах сточных вод

№ пробы	Концентрация триглицеридов в исходной воде, мг/л	Активность липазы в исходной воде Е/л	№ пробы	Концентрация триглицеридов после введения биопрепарата, мг/л	Активность липазы после введения биопрепарата Е/л
1	90,54	0,00	2	90,15	0,00
1'	91,16	0,00	2'	90,54	0,00
3	42,74	4,53	4	12,51	9,06
3'	43,29	13,59	4'	11,42	13,59
5	95,55	0,00	6	68,16	0,00
5'	94,62	0,00	6'	66,33	4,53
7	89,48	2,43	8	2,72	69,06
7'	90,55	7,34	8'	2,80	77,00
9	10,69	4,53	10	1,94	9,06
9'	11,15	13,59	10'	2,10	13,59

Выводы. 1. Перспективным направлением является разработка технологии биологической очистки жиродержащих сточных вод с помощью микроорганизмов, обладающих липолитической активностью и способных утилизировать жировые вещества различной природы.

2. Под действием микроорганизмов биопрепарата, в исследуемых пробах сточных вод была определена динамика изменения концентрации триглицеридов от 2,72 до 95,55 мг/л, липолитическая активность – от 0,00 до 77,00 Е/л, что свидетельствует о биодеградации загрязняющих веществ в сточных водах маслоэкстракционного завода г. Безенчук Самарской области.

3. Полученные результаты могут служить дополнительным инструментом для внедрения новых методов контроля сточных вод предприятий пищевой промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ласков Ю.М. Изыскания и исследования экологических и эффективных методов и сооружений для очистки сточных вод предприятий легкой промышленности: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.04 / Моск. инженер.-строит. ин-т. М., 1974. 25 с.

2. Baig N. The use of bacteria to reduce clogging of sewer lines by grease in municipal sewage /

N Baig. E Grenning // Biological Control of water Pollution: University of Pennsylvania Press/ J Tourbier, R. W. Pierson (eds.). 1976. P. 245–253.

3. Cavagnaro P.V. Pretreatment limits for fats, oil and grease in domestic wastewater/ P.V. Cavagnaro, K. E. Kaszubowski, H. Needles//Proc. 43 Industrial Waste bConference Purdue University/ West Lafayette, 1988. P. 777–789.

4. Kokusho H, Study on alkaline lipase isolation and identification of lipase producing microorganism / H Kkusho, H Machida, S Iwasaki // Arg. Bio. Chem. 1982. P. 1159–1164.

5. Suwansunthichai K. Selection of lipase producing bacteria from soil and optimization of enzyme production/ K Suwansunthichai // MS Thesis. Bangkok, 1989. P. 265–274.

6. Биотехнологический способ очистки сточных вод от масел и жиров: пат. RU 2161595 Российской Федерации: МПК С2 С 02А 3/34, С 12Т 1/20 / Б.Г. Мурзаков, А.И. Заикина, В.П. Зобнина, Е.Л. Листов, Л.В. Зорнина, Р. А. Рогачева; дата опубл. 30.04.2001.

7. Biodegradation of palmarosa oil (green oil) by *Serratia marcescens* / S. Mohanan [et al.] // Int. J. Environ. Sci. Tech. 2007. Vol. 4, №2. P. 227–181.

8. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010.

9. Проскорякова Н.В. Разработка основы биопрепарата для деструкции жиров: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23 / Ин-т биологии Уфим. науч. Центра РАН. Уфа, 2007. 24 с.

10. Jameel A.T. Aerobic biodegradation of oil and grease in palm oil mill effluent using consortium of microorganisms / A.T. Jameel, A.A. Olanrewaju//Islamic University Malaysia (IUM). Kuala Lumpur, 2011. Vol. III. P. 43–51.

11. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. М.: Медицина, 1998. 704 с.

12. Ksenofontov B. Analysis of hydraulic modes of operation of the divergent plates block of the flotation-sedimentation tank / B. Ksenofontov, E. Senik, M. Ivanov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2019. Vol. 492. № 1.

13. Jaeger K.E. Lipases for biotechnology / K. E. Jaeger, T. Eggert // Curr. Opin. Biotechnol. 2002. Vol. 13. P. 390–397.

14. Macrae A.R. Lipase catalyzed interesterification of oil and fat/ A.R. Macrae // J Amer. Oil. Chem. 1983. Vol. 60, №2. P. 243A–246A.

15. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности от поверхностно активных веществ и жиров флотационными способами / Б.С. Ксенофонтов, А.С. Козлов, Р.А., Тараканов, А.А. Балина, М.С. Виноградов, Д.В. Сазонов // Экология и промышленность. 2013. № 11. С. 4–7.

16. Hong M.C./ Purification and characterization of an alkaline lipase from a newly isolated *Acinetobacter redioresistens* СМС-1 / M.C. Hong, M.C. Chang // Biotechnol. Lett. 1998. Vol. 20. P. 1027–1029 9.

17. Stoll U. Management strategies for oil and grease residues / U Stoll, H Gupta // Was. Manage. Res. 1997. Vol. 15. P. 23–32.

REFERENCES

1. Laskov Yu.M. *Izyskaniya i issledovaniya jekologicheskikh i jeffektivnykh metodov i sooruzhenij dlja ochistki stochnyh vod predpriyatij legkoj promyshlennosti*. Avtoref. Doct. Diss. [Surveys and studies of ecological and effective methods and facilities for wastewater treatment of light industry enterprises. Doct. Diss. Ext. Abst.]. Moscow, 1974. 25 p.

2. Baig N., Grenning E. The use of bacteria to reduce clogging of sewer lines by grease in municipal sewage. Biological Control of water Pollution: University of Pennsylvania Press. J Tourbier, R. W. Pierson (eds.), 1976, pp 245-253.

3. Cavagnaro P.V., Kaszubowski K.E., Needles H. Pretreatment limits for fats, oil and grease in domestic wastewater. Proceedings of 43 Industrial Waste Conference: Purdue University, West Lafayette, 1988, pp. 777-789.

4. Kokusho H, Machida H., Iwasaki S. Study on alkaline lipase isolation and identification of lipase producing microorganism. Arg. Bio. Chem., 1982, pp. 1159-1164.

5. Suwansunthichai K. Selection of lipase producing bacteria from soil and optimization of enzyme production. MS Thesis. Bangkok, 1989, pp. 265-274.

6. Murzakov B.G., Zaikina A.I., Zobnina V.P., Listov E.L., Zornina L.V., Rogacheva R.A. *Biotehnologicheskij sposob ochistki stochnyh vod ot masel i zhirov* [Biotechnological method of wastewater treatment from oils and fats.]. Patent RF, no. RU 2161595, 2001.

7. Mohanan S. Biodegradation of palmarosa oil (green oil). International Journal of Environmental Science Technologies, 2007, vol. 4, no. 2, pp. 227-181.

8. Ksenofontov B.S. *Flotacionnaja obrabotka vody, othodov i pochvy*. [Flotation treatment of water, waste and soil]. Moscow, 2010.

9. Proskoryakova N.V. *Razrabotka osnovy biopreparata dlja destrukcii zhirov*. Avtoref. Cand. Diss. [Development of the basis of a biological product for the destruction of fats. Cand. Diss. Ext. Abst.]. Ufa, 2007. 24 p.

10. Jameel A.T., Olanrewaju A.A. Aerobic biodegradation of oil and grease in palm oil mill effluent using consortium of microorganisms Islamic University Malaysia (IUM). Kuala Lumpur, 2011, vol. III, pp. 43-51.

11. Berezov T.T., Korovkin B.F. *Biologicheskaja himija* [Biological Chemistry]. Moscow, Medicine Publ., 1998. 704 p.

12. Ksenofontov B., Senik E., Ivanov M. Analysis of hydraulic modes of operation of the divergent plates block of the flotation-sedimentation tank. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, vol. 492, article number 012024. DOI: 10.1088/1757-899X/492/1/012024

13. Jaeger K.E., Eggert T. Lipases for biotechnology. Current Opinion in Biotechnology, 2002, vol. 13, pp. 390-397.

14. Macrae A.R. Lipase catalyzed interesterification of oil and fat. Journal of American Oil Chemistry, 1983, vol. 60, no. 2, pp. 243A-246A.

15. Ksenofontov B.S., Kozlov A.S., Tarakano R.A.v, Balina A.A., Vinogradov M.S., Sazonov D.V. Wastewater treatment of food industry enterprises from surfactants and fats by flotation methods. *Jekologija i promyshlennost'* [Ecology and Industry], 2013, no. 11, pp. 4-7. (in Russian)

16. Hong M.C., Chang M.C. Purification and characterization of an alkaline lipase from a newly isolated *Acinetobacter redioresistens*. Biotechnological Letters, 1998, vol.20, pp 1027-1029.

17. Stoll U., Gupta H. Management strategies for oil and grease residues. Was. Manage. Res., 1997, vol. 15, pp. 23-32.

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

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

БАЗАРОВА Анастасия Олеговна

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

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

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

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Head of the Water Supply
and Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: a19400209@yandex.ru

BAZAROVA Anastasya O.

Postgraduate Student of the Water Supply and
Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: bystranova14@mail.ru

TEPLYKH Svetlana Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor the Water
Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Базарова А.О., Теплых С.Ю. Методика оценки эффективности применения биопрепарата на сточных водах маслоэкстракционного производства // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 28–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.4.

For citation: Strelkov A.K., Bazarova A.O., Teplykh S. Yu. Method for Assessing the Efficiency of the Use of a Biological Preparation in Wastewater of Oil Extraction Production. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 28–33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.4.

А. К. СТРЕЛКОВ
О. С. ПОНОМАРЕНКО
П. П. АВДЕЕНКОВ
Е. Р. ЗОНТОВА
Е. Ю. ТУКТАШЕВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИВОВАРЕННОГО ЗАВОДА

RESULTS OF STUDIES ON BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT OF A BREWERY

Для биологической очистки сточных вод пивоваренной промышленности применялся реактор периодического действия, который эксплуатировался в аэробных и анноксидно-аэробных условиях. В результате длительных исследований были достигнуты следующие качественные характеристики очищенных сточных вод, мг/л: ХПК – 147, БПК_{полн} – 36, взвешенные вещества – 10. Соединения азота удалось снизить до, мг/л: N-NH₄ – 0,68, N-NO₃ – 15,3, N-NO₂ – 0,01. Удельная скорость окисления органических загрязнений при 20 °С в среднем составила, мг/(г·ч): по ХПК – 12,4, по БПК_{полн} – 9.

Ключевые слова: сточные воды, канализационные очистные сооружения, пивоваренная промышленность, биологическая очистка, реактор периодического действия

Введение. Сточные воды пищевой промышленности характеризуются высокими концентрациями органических загрязнений, которые включают компоненты перерабатываемого сырья и, как правило, не являются токсичными [1]. Для очистки данной категории сточных вод применяются сложные многоступенчатые схемы с использованием механических, химических, физико-химических, биологических и комбинированных методов. Результаты по физико-химической очистке сточных вод пивоваренной промышленности, представленные в [2], показали низкую эффективность по ХПК на уровне 34,08 %. Поэтому возникла необходимость рассмотрения биологических методов очистки.

Для биологической очистки высококонцентрированных сточных вод рекомендуется использовать анаэробные методы. Это связано с тем, что в анаэробных условиях микроорганизмы расходуют гораздо большее количества органических веществ, чем в аэробных, отсутствуют затраты на аэрацию, образуется меньше избыточного активного ила. При этом очистка в аэробных условиях

For the biological treatment of wastewater from the brewing industry, a batch reactor was used, which was operated under aerobic and anoxic-aerobic conditions. As a result of long-term studies, the following qualitative characteristics of treated wastewater were achieved, mg/l: COD – 147, BOD_{tot} – 36, suspended solids – 10. Nitrogen compounds were reduced to, mg/l: N-NH₄ – 0.68, N-NO₃ – 15.3, N-NO₂ – 0.01. The specific rate of oxidation of organic pollutants at 20 °C averaged, mg/(g·h): for COD – 12.4, for BOD_{tot} – 9.

Keywords: waste water, sewage treatment facilities, brewing industry, biological treatment, sequencing batch reactor

протекает более глубоко. Оптимальное сочетание анаэробных и аэробных процессов позволяет наиболее полно использовать преимущества каждого метода и исключить их недостатки, а тем самым увеличить эффективность и производительность процесса в целом [1, 3–5].

Аэробная биологическая очистка высококонцентрированных сточных вод может осуществляться в классических аэротенках, реакторах периодического действия, мембранных биореакторах [5]. В работе [6] было установлено, что процессы в аэротенке и реакторе периодического действия идентичны. Основным отличием является то, что аэротенк представляет собой полностью смешанный непрерывный процесс, а в реакторе периодического действия процесс также полностью смешанный, но имеет прерывистую подачу. Поэтому в своём исследовании мы использовали лабораторный реактор периодического действия для моделирования процессов биологической очистки в полномасштабных условиях. Конструктивная и эксплуатационная простота данной установ-

ки позволяет получить все необходимые данные для расчёта.

Реактор периодического действия перед аэротенком имеет ряд преимуществ и недостатков. К преимуществам относятся низкие капитальные и эксплуатационные затраты [7]. К недостатком – низкая производительность, нестабильная работа, плохая переносимость залповых сбросов, сложный подбор оптимального циклического режима для проведения нитрификации и денитрификации [8]. SBR технология для очистки сточных вод пивоваренной промышленности зарекомендовала себя как высокоэффективная [9]. Эффективность очистки по ХПК составляла 78–90 % в зависимости от схемы аэрации.

Цель данного исследования заключалась в подборе оптимальных режимов работы реактора периодического действия при очистке исходных сточных вод пивоваренного завода.

Методика эксперимента. Эксперимент был проведен на реальной сточной воде одного из предприятий производства пива. Сточную воду для исследований отбирали из канализационной насосной станции действующего завода. Отбор осуществлялся с интервалом приблизительно два-три дня в течение двух месяцев при значительных колебаниях концентрации загрязнений. ХПК исходных сточных вод изменялось от 3325 до 19100 мг/л, БПК_{полн} – от 2230 до 12800 мг/л. Содержание соединений азота, изменялось в пределах, мгN/л: аммоний – 0,3–78,95, нитраты – 0–45,48, нитриты – 0–0,4, фосфор – 3,02–125,81. Значение pH колебалось от 4,5 до 9. Соотношение БПК_{полн} и ХПК в исходных сточных водах составляло 0,67, что говорит о возможности протекания процессов биологической очистки.

Для исследования процессов биологической очистки сточных вод методом непрерывного культивирования использовался лабораторный реактор периодического действия (SBR) полезным объемом 5 л, изготовленный из стеклянной трубы внутренним диаметром 110 мм, толщиной стенки 6 мм. На дне реактора установлены два распылителя для исключения оседания активного ила и создания однородных условий при работе в аэробной фазе. Воздух расходом 300 л/ч подавался двумя аэраторами. Для аноксидной фазы использовалась мешалка длиной вала 500 мм и пропеллер диаметром 60 мм, изготовленные из нержавеющей стали. Частота вращения мешалки 300 об/мин исключала оседание ила. Отбор проб осуществлялся с помощью трёх пробоотборников, расположенных по длине корпуса установки. Полное опорожнение установки осуществлялось через отверстие, расположенное на дне реактора. Последовательное включение аэробного и аноксидного режимов осуществлялось вручную. Концентра-

ция растворенного кислорода и температура производились оксиметром Oxi 3310 фирмы WTW. Регулирование pH осуществлялось только на заливаемой сточной воде. В аэробных условиях для избегания анаэробных условий концентрация растворённого кислорода (КРК) поддерживалась на уровне 7–8 мгO₂/л. Перевод установки в аноксидную фазу считался при КРК менее 0,5 мгO₂/л.

Реактор периодического действия эксплуатировался по циклу: заполнение, аэробная/аноксидная фаза, седиментация, декантация. Аэробная фаза исследовалась для окисления органических веществ и осуществления процесса нитрификации. Аноксидная фаза изучалась для окисления органических веществ и осуществления процесса денитрификации. Продолжительность заполнения и декантации – не более 1 мин, отстаивания – 60 мин. Длительность анаэробной/аноксидной фаз определялась экспериментально, методом ежечасного отбора проб объёмом 100 мл.

Химические анализы были выполнены по стандартным методикам. Определение ХПК проводили на приборе Флюорат-02-05М, БПК определяли с помощью манометрической системы OxiTop IS12, pH и температуру – на портативном приборе OHAUS ST 20, взвешенные вещества, дозу и зольность ила – с использованием мембранных фильтров (размер пор 0,22 мкм) на установке вакуумного фильтрования ПВФ-35(47). Минеральные формы азота, фосфаты определялись на спектрофотометре UNICO 2800, общий азот – на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ, органический азот получен по разности концентраций общего азота и его минеральных форм.

Экспериментальная часть. Работа реактора периодического действия начиналась с двухнедельного периода пуска наладочных работ. За это время активный ил с городских очистных сооружений Самары адаптировался к сточной воде пивоваренного завода. Для исключения дефицита биогенных элементов в сточную воду дозировался аммоний хлористый (2,62–131 мгN/л) и натрий фосфорнокислый однозамещенный двуводный (0,52–77,5 мгP/л). В ходе лабораторных исследований было установлено, что органического азота вполне достаточно для жизнедеятельности активного ила и даже требуется проведение процесса нитри-денитрификации.

На рис. 1 представлено детальное изменение органических веществ и соединений азота в аэробном (а), аноксидно-аэробном (б), двойном чередовании аноксидных и аэробных режимов (в).

Исследования начинались с 23-часового аэробного режима (рис. 1, а). После загрузки

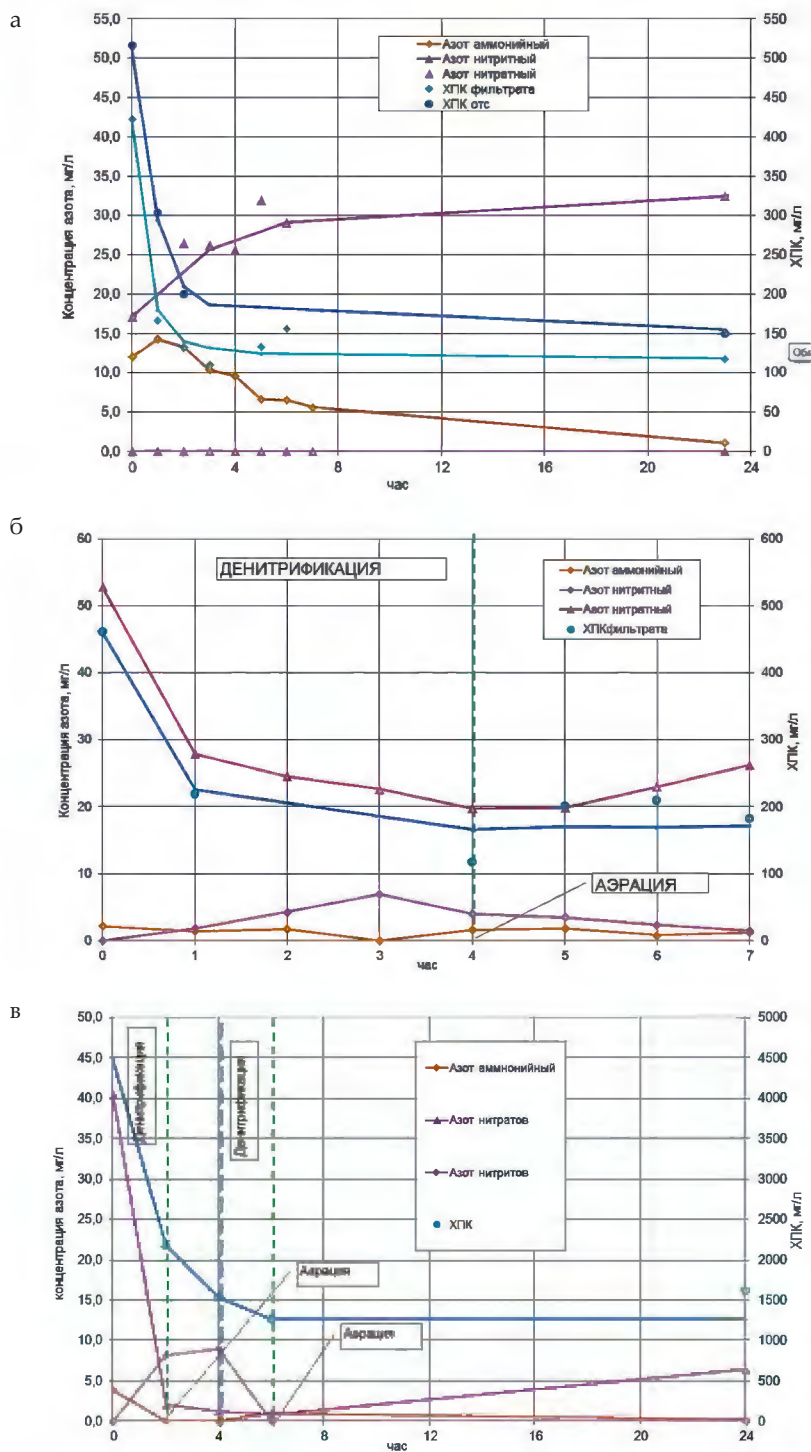


Рис. 1. Результаты работы реактора периодического действия в аэробной (а), аноксидно-аэробной (б), двойное чередование аноксидной и аэробной (в) фаз на сточной воде

0,4 л сточной воды внутри реактора установились следующие концентрации загрязнителей, мг/л: ХПК – 516,80, N-NH₄– 12, N-NO₂– 0, N-NO₃– 17,15, P-PO₄– 38,30. Значение pH сточной воды внутри реактора составляло 6,71, тем-

пература – 22,4 °С. Реактор работал при дозе ила 4,71 г/л, нагрузке по ХПК 0,07 г/г/сут. По результатам первых двух часов работы установлено, что ХПК снижалось на 63,30 %, большая часть из которого снималась в первые 30 мин

в результате сорбции активным илом. Зольность активного ила перед загрузкой составляла 27,18 %. Цикл работы реактора завершился со следующими показателями, мг/л: ХПК (после отстаивания) – 150, N-NH₄ – 1,11, N-NO₂ – 0,04, N-NO₃ – 32,41, P-PO₄ – 37,36.

Эффективность снижения в этом эксперименте по ХПК и азоту аммонийному составляла, %: 70,98 и 90,97 соответственно.

Увеличение концентрации азота нитратов с 17,15 до 32,41 мг/л потребовало проведения процесса денитрификации.

Для удаления азота нитратов в реакторе создавались **аноксидные** (бескислородные) условия (рис. 1, б). После фазы заполнения сразу включалась фаза перемешивания. Концентрация загрязнений в реакторе составляла, мг/л: ХПК – 460,40, N-NH₄ – 2,18, N-NO₂ – 0,03, N-NO₃ – 52,77, P-PO₄ – 12,84. Значение рН сточной воды внутри реактора находилось от 7,28 до 7,70. Температура внутри реактора составляла 23,5 °С. Реактор работал при дозе ила 5,02 г/л, нагрузке по ХПК – 0,05 г/г/сут.

За первый час аноксидного режима ХПК сточной воды внутри реактора снижалось на 52,43 %. Большая доля снижения концентрации органического вещества за сравнительно короткое время объясняется как деятельностью микроорганизмов, так и сорбцией активного ила. Азот нитратный – уменьшился до 27,9 мг/л. Отметим, что зольность активного ила в первоначальный момент была 20 %. Аноксидный режим закончился за 4 часа с результатами, мг/л: ХПК – 117, N-NH₄ – 1,62, N-NO₂ – 3,99, N-NO₃ – 19,69. За 4 часа аноксидного режима ХПК снизилось на 343,28 мг/л, азот нитратный – на 33,01 мг/л. Дальнейшая денитрификация была невозможна из-за недостаточного количества органических веществ. Далее установ-

ка была переведена в аэробный режим. Цикл работы реактора завершился со следующими показателями, мг/л: ХПК (после отстаивания) – 161,90, N-NH₄ – 1,19, N-NO₂ – 1,47, N-NO₃ – 26,20.

Достаточно высокий уровень азота нитратов потребовал рассмотреть возможность проведения более глубокой денитрификации в две аноксидные фазы.

Во время **двойного аноксидного** режима (рис. 1, в) концентрация загрязнений в реакторе составляла, мг/л: ХПК – 4477, N-NH₄ – 3,81, N-NO₂ – 0,04, N-NO₃ – 40,41, P-PO₄ – 4,68. Температура сточной воды внутри реактора изменялась от 24,0 до 24,5 °С, рН – 8,1. Реактор работал при дозе ила 5,58 г/л, нагрузке по ХПК – 0,15 г/г/сут.

За первую двухчасовую денитрификацию ХПК снизилось до 2175,5 мг/л, N-NH₄ – до 0 мг/л, N-NO₂ – до 8,16 мг/л, N-NO₃ – до 2 мг/л. За первую денитрификацию ХПК было снижено на 2302 мг/л, азот нитратный – на 38,41 мг/л. Имело место увеличение нитритов с 0,04 до 8,16 мг/л.

Реактор был переведен в двухчасовой аэробный режим, который закончился с концентрациями, мг/л: ХПК – 1535, N-NH₄ – 0, N-NO₂ – 9, N-NO₃ – 1,2.

Второй аноксидный режим длился два часа и был завершён с концентрациями, мг/л: ХПК – 1265, N-NH₄ – 0,94, N-NO₂ – 0,035, N-NO₃ – 0,85. Имело место значительное снижение нитритов с 9 до 0,035 мг/л. Нитраты остались практически без изменений. Значение ХПК снизилось на 270 мг/л.

Последующая аэрация в течение 18 часов привела к снижению ХПК до 1265 мг/л, азота аммонийного и нитритного – до 0,13 и 0,005 мг/л соответственно. Азот нитратный увеличился до 6,41 мг/л.

Результаты работы установки в течение двух месяцев представлены в таблице.

Результаты работы установки

Показатель, мин.-макс.(средн.)	Исходная сточная вода
рН	4,5-8,6 (6,8)
Доза ила, г/л	3,67-5,9 (4,5)
Иловый индекс, мл/г	60-145 (68)
Зольность ила, %	21,9-27,2(24,0)
ХПК исходной, мг/л	3325-19100 (6241)
ХПК очищенной воды, мг/л	147-2900 (1250)
БПК _{полн} исходной воды, мг/л	2227-12797 (4200)
БПК _{полн} очищенной воды, мг/л	36,0-919 (389)
Взвешенные вещества в исходной воде, мг/л	560-920(780)
Взвешенные вещества в очищенной воде, мг/л	10-45 (30)
Нагрузка по ХПК, г/(г·сут)	0,15-1,62 (0,47)
Окислительная мощность по ХПК, г/(м ³ ·сут)	539-8885 (1635)

Окончание таблицы

Показатель, мин.-макс.(средн.)	Исходная сточная вода
Уд. скорость окисления по ХПК при 20 °С, мг/(г·ч)	4,6-27,1 (11,7)
Окислит. мощность по БПК, г/(м ³ ·сут)	435-6262 (1239)
Уд. скорость окисления по БПК при 20 °С, мг/(г·ч)	3,1-21,1 (8,5)
Азот аммонийный в исходной воде, мгN/л	0,35-79 (17,7)
Азот аммонийный в очищенной воде, мгN/л	1,5-43,2 (10,2)
Азот нитратный в исходной воде, мгN/л	0,07-6,1 (2,4)
Азот нитратный в очищенной воде, мгN/л	2,38-99,45 (21,1)
Азот нитритный в исходной воде, мгN/л	0-0,395 (0,16)
Азот нитритный в очищенной воде, мгN/л	0,15-36,0 (12)

Выводы. 1. Соотношение БПК_{полн} и ХПК в исходных сточных водах составляло 0,67, что говорит о возможности протекания процессов биологической очистки.

2. Биологическая очистка сточных вод пивоваренных заводов позволила достичь следующих показателей, мг/л: ХПК – 147, БПК_{полн} – 36, взвешенные вещества – 10; N-NH₄ – 0,68, N-NO₂ – 0,01, N-NO₃ – 15,3.

3. Эффективность работы установки по ХПК достигает 79,97 %, БПК_{полн} – 90,74 %.

4. В режиме нитри-денитрификации концентрации N-NH₄, N-NO₂ достигали 0,68 и 0,01 мг/л. При этом добиться снижения N-NO₃ ниже 15,3 мг/л не удалось.

5. В связи с накоплением продуктов метаболизма и сложностью проведения денитрификации в реакторе периодического действия дальнейшие исследования планируются на проточной установке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения / С. В. Яковлев, И. В. Скирдов, В. Н. Швецов и др.; под ред. С. В. Яковлева. М.: Стройиздат, 1985. 208 с.

2. Тукташева Е.Ю. Исследование эффективности предварительной реагентной обработки сточных вод пивоваренных заводов // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 56–61. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.09.

3. Chan Y.J. et al. A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater // Chemical Engineering Journal. 2009. Vol. 155, № 1–2. P. 1–18.

4. Heijnen J.J. et al. Large Scale Anaerobic-Aerobic Treatment of Complex Industrial Waste Water Using Biofilm Reactors // Water Science and Technology. 1991. Vol. 23, № 7–9. P. 1427–1436.

5. Wang S.-G. et al. Aerobic granulation with brewery wastewater in a sequencing batch reactor // Bioresource Technology. 2007. Vol. 98, № 11. P. 2142–2147.

6. Sánchez J.B., Vuono M., Dionisi D. Model-based comparison of sequencing batch reactors and continuous-flow activated sludge processes for

biological wastewater treatment // Computers & Chemical Engineering. 2021. Vol. 144. P. 107127.

7. Kundu P., Debsarkar A., Mukherjee S. Treatment of Slaughter House Wastewater in a Sequencing Batch Reactor: Performance Evaluation and Biodegradation Kinetics // BioMed Research International. 2013. Vol. 2013. P. 1–11.

8. Прикладная экобиотехнология: в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников [и др.]. 4-е изд., электрон. М.: Лаборатория знаний, 2020. 672 с.

9. Bakare B.F., Shabangu K., Chetty M. Brewery wastewater treatment using laboratory scale aerobic sequencing batch reactor // South African Journal of Chemical Engineering. 2017. Vol. 24. P. 128–134.

REFERENCES

1. Yakovlev S. V., Skirdov I. V., Shvetsov V.N. and others. *Biologicheskaya ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod: Processy, apparaty i sooruzheniya* [Biological treatment of industrial wastewater: Processes, apparatuses and structures]. М., Stroyizdat, 1985. 208 p.

2. Tuktasheva E.Yu. study of efficiency of pre-reagent treatment of waste water from brewery. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol.11, no 3, pp. 56–61. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.09

3. Chan Y.J. et al. A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 2009, vol. 155, no. 1–2, pp. 1–18.

4. Heijnen J.J. et al. Large Scale Anaerobic-Aerobic Treatment of Complex Industrial Waste Water Using Biofilm Reactors. *Water Science and Technology*, 1991, vol. 23, no. 7–9, pp. 1427–1436.

5. Wang S.-G. et al. Aerobic granulation with brewery wastewater in a sequencing batch reactor. *Bioresource Technology*, 2007, vol. 98, no 11, pp. 2142–2147.

6. Sánchez J.B., Vuono M., Dionisi D. Model-based comparison of sequencing batch reactors and continuous-flow activated sludge processes for biological wastewater treatment. *Computers & Chemical Engineering*, 2021, vol. 144, article number 107127.

7. Kundu P., Debsarkar A., Mukherjee S. Treatment of Slaughter House Wastewater in a Sequencing

Batch Reactor: Performance Evaluation and Biodegradation Kinetics. BioMed Research International, 2013, pp. 1–11.

8. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 1 [Applied ecobiotechnology: textbook: in 2 volumes. V. 1] / А. Е. Кuznetsov, N. B. Gradova,

S. V. Lushnikov [and others]. 4th ed. M., Laboratory of Knowledge, 2020. 672 p.

9. Bakare B.F., Shabangu K., Chetty M. Brewery wastewater treatment using laboratory scale aerobic sequencing batch reactor. South African Journal of Chemical Engineering, 2017, vol. 24, pp. 128–134.

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

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

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Head of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: a19400209@yandex.ru

ПОНОМАРЕНКО Ольга Сергеевна

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

PONOMARENKO Olga S.

PhD in Engineering Science, Associate Professor the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: olga_solkina@mail.ru

АВДЕЕНКОВ Павел Павлович

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

AVDEENKOV Pavel P.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: avdeenkovpp@mail.ru

ЗОНТОВА Екатерина Романовна

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

ZONTOVA Ekaterina R.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: zontova.cat@yandex.ru

ТУКТАШЕВА Екатерина Юрьевна

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 директор ООО «Объединенные Системы Водоочистки» 443030, Россия, г. Самара, ул. Урицкого, 10, тел. (846)205-99-55 E-mail: osv_samara@mail.ru

TUKTASHEVA Ekaterina Yu.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 Director LLC «Ob'edinennye Sistemy Vodoochistki» 443030, Russia, Samara, Uritskogo, 10, tel. (846)205-99-55 E-mail: osv_samara@mail.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Пономаренко О.С., Авдеенков П.П., Зонтова Е.Р., Тукташева Е.Ю. Результаты исследований биологической очистки сточных вод пивоваренного завода // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 34–39. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.5.

For citation: Strelkov A.K., Ponomarenko O.S., Avdeenkov P.P., Zontova E.R., Tuktasheva E.Yu. Results of Studies of Biological Wastewater Treatment of a Brewery. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 34–39. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.5.

С. С. ТИМОФЕЕВА
О. В. ТЮКАЛОВА
Д. В. УЛЬРИХ

ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ К ТЕТРАЦИКЛИНУ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF AQUATIC PLANTS TO TETRACYCLINE IN EASTERN SIBERIA

Рассмотрено современное состояние загрязнения природной среды антибиотиками тетрациклинового ряда. Показано, что крупномасштабное, а зачастую и несанкционированное использование тетрациклинов в ветеринарной практике приводит к их накоплению в продуктах питания животного происхождения и объектах окружающей среды, к эндокринным нарушениям, хронической токсичности и развитию антибиотикоустойчивости. Именуемые очистные сооружения, как правило, не обеспечивают удаление антибиотиков из сточных вод, они транзитом проходят через систему очистки и поступают непосредственно в водные объекты (реки, озера) и создают угрозу водопользователям, расположенным ниже по течению реки. Препятствием на пути распространения антибиотиков могут стать системы доочистки в виде фито-инженерных очистных сооружений с посадками водных растений, обладающих высоким фиторемедиационным потенциалом к антибиотикам. Установлено, что водные растения способны элиминировать тетрациклин из водной среды. Предложено рассматривать фиторемедиацию как одно из недорогих решений удаления антибиотиков из водной среды.

Ключевые слова: антибиотики, тетрациклин, фиторемедиация, водные растения, очистка сточных вод

Введение

В условиях пандемии Covid 19 практически неконтролируемое на законодательном уровне использование антибиотиков в медицине в процессах самолечения населения, а также в сельском хозяйстве с целью повышения продуктивности животных и птиц в животноводстве, птицеводстве, аквакультуре создало серьезные экологические проблемы фармацевтического мусора и его нового аспекта – антибиотикоустойчивости патогенных микроорганизмов. По данным многочисленных исследований установлено, что практически все объекты окружающей среды: поверхностные воды, почвы,

The current status of the environment pollution with tetracycline antibiotics is considered. It is demonstrated that big-scale and often unauthorized use of tetracyclines in veterinary practice leads to their accumulation in foods of animal origin and in natural environments, resulting in endocrine disorders, chronic toxicity, and development of antibiotic resistance. The existing treatment facilities as a rule do not ensure the removal of antibiotics from wastewater, so these transit through the treatment system, directly enter water bodies (rivers, lakes), and pose a threat for water users located downstream. To block this path of antibiotics spread, advanced treatment systems can be used, such as phyto-engineering treatment facilities with growing of aquatic plants with high phytoremediation potential for antibiotics. It has been found that aquatic plants are capable of eliminating tetracycline from water medium. It has been proposed to consider phytoremediation as one of reasonably-priced solutions for removing antibiotics from water medium.

Keywords: antibiotics, tetracycline, phytoremediation, aquatic plants, wastewater treatment

пищевые продукты растительного и животного происхождения в той или иной степени загрязнены антибиотиками [1–13].

В настоящее время в ветеринарии и медицинской практике наиболее распространенными и часто применяемыми являются тетрациклины, пенициллины и аминогликозиды [14–16].

Эти антибиотики чаще других используются в качестве кормовых добавок и способствуют быстрому росту животных и птиц и получению товарной продукции, а следовательно, их применение экономически выгодно для сельхозпроизводителей продукции животного происхождения. Тетрациклины широко применяются не только на крупных фермах и пти-

цефабриках, но и домашних подворьях. Среди ветеринарных антибиотиков именно производство и потребление тетрациклинов занимает ведущее положение. Окситетрациклин и хлортетрациклин получили большое распространение в качестве стимуляторов роста [17], а окситетрациклин – в пчеловодстве и аквакультуре.

Передозировка данных препаратов обуславливает их накопление в продуктах питания, и необходим жесткий контроль остаточного содержания антибиотиков в товарной продукции. В настоящее время установлены нормативы Евросоюза, регламентирующие остаточное содержание в продуктах, а именно максимально допустимые уровни содержания тетрациклина, окситетрациклина и хлортетрациклина в молоке, мясе, субпродуктах и яйцах. Допустимые концентрации варьируются в диапазоне от 0,1 до 0,6 мг/кг для разных продуктов [18].

Остаточное содержание тетрациклина и его производных в молоке, мясе, птице, яйцах и мёде согласно российским нормативам должно быть менее 0,01 мг/кг (сумма исходных веществ и их 4-эпимеров) [19]. ПДК для доксициклина в мясе и субпродуктах варьируются от 0,1 до 0,6 мг/кг [20].

Законодательно нерегламентированное потребление тетрациклинов приводит к серьезным проблемам со здоровьем потребителей загрязненных продуктов питания, а именно к эндокринным нарушениям, хронической интоксикации и развитию устойчивых к антибиотикам микроорганизмов, создает сложности лечения инфекционных заболеваний у людей, экономическим потерям и требует создания новых поколений антибиотиков.

Для всех тетрациклинов характерен широкий спектр антимикробного действия. Они высокоактивны в отношении большинства грамположительных и грамотрицательных бактерий. Механизм антибактериального действия тетрациклинов связан с подавлением белкового синтеза (блокада функции рибосом). Штаммы, устойчивые к тетрациклинам, чаще обнаруживаются среди стафилококков и возбудителей желудочно-кишечных инфекций (эшерихий и сальмонелл). Большинство грамположительных микроорганизмов чувствительны к тетрациклинам в концентрации 1 мкг/мл и менее, большинство грамотрицательных – в концентрации 1–25 мкг/мл.

Общее потребление тетрациклина в Европе, в том числе в России, за 2016-2018 гг. составило четверть от всех использованных антибиотиков [21]. Потребление антибиотиков в России в 2015 г. по данным ВОЗ находилось на среднем уровне и составило 14,82 определенных суточных доз на 1000 человек. Исходя из этой оценки в течение года в стране было использовано 915,65 т противомикробных препаратов [22].

Плохо контролируемое употребление тетрациклинов приводит к их накоплению в объектах окружающей среды и созданию проблем фармацевтического мусора. В частности показано, что хлортетрациклин, накапливающийся в почве, оказывает токсичное действие на репродуктивные функции дождевых червей *Eisenia fetida*, его биохимические реакции – активности каталазы, супероксиддисмутазы и глутатион-S-трансферазы [23]. Этот антибиотик оказывает токсичное действие на рост кукурузы и образование активных форм кислорода [24], особенно опасен на ранних стадиях развития растений. Окситетрациклин влияет на ферментативную активность почвенных микроорганизмов при концентрациях более 15 мг/кг [25]. При исследовании воздействия окситетрациклина на пшеницу установлено, что он может ингибировать удлинение побегов и корней, $EC_{50} = 65,5$ мг/л и 34,7 мг/л соответственно [26].

Появились научные публикации, где исследовалась способность не только микроорганизмов, но и растений поглощать и подвергать окислительной деградации тетрациклины и осуществлять процесс фиторемедиации. В частности доказаны фиторемедиационные свойства цветковых растений *Mirabilis jalapa* и *Tagetes patula* L кумулировать кадмий и тетрациклины из загрязненных почв. Эффективность удаления тетрациклина всех обработок была выше 99 %, эти цветочные растения, по мнению авторов, являются перспективными гиперкумуляторами, которые могут быть использованы для восстановления щелочной почвы, совместно загрязненной Cd и тетрациклином [27]. Изучена способность растения *Cicer arietinum* (черный горох) снижать концентрацию тетрациклина в почве в 2,5 раза в течение 21 дня, авторы утверждают, что это растение перспективно для создания технологии фиторемедиации загрязненных почв, так как токсичный эффект не фиксировался при концентрациях тетрациклина до 0,225 мг/мл [28].

Опробована технология извлечения тетрациклина травой ветивера. Установлено, что в зависимости от начальных концентраций и времени при выращивании травы в течение 60 сут в загрязненной гидропонной установке, полное удаление тетрациклина происходит по прошествии 40 сут при всех испытанных концентрациях. При этом тетрациклин накапливается в корнях, а затем перемещается в ткани побегов [29].

Водные растения *Myriophyllum aquaticum* (перо попугая) и *Pistia stratiotes* (водяной салат) использовались для изучения фиторемедиации тетрациклина и окситетрациклина из водных сред. Установлено, что происходит модификация тетрациклина в водной среде,

так как отмечается изменение спектральных характеристик растворов. Кинетический анализ исключает прямой ферментативный катализ; скорость модификации снижалась с увеличением безрецептурных концентраций [30].

При оценке потенциала тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) удалять ветеринарные препараты (энрофлоксацин, цефтиофул, тетрациклин) их водных сред установлено, что эффективность очистки колеблется в диапазоне 75–94 %. При этом в процессе удаления не участвуют микроорганизмы. Основную функцию выполняют корни растений. Предложено осуществлять посадки *P. australis* для удаления фармацевтических препаратов из сточных вод животноводческой фермы и скотобойни [31].

Технологии фиторемедиации загрязненных вод с использованием очистительных функций водных растений исследуется учеными разных географических широт с учетом их особенностей. В настоящее время во многих странах широкое применение находят специально построенные водно-болотные угодья в качестве дополнительного этапа очистки после очистных сооружений [32].

На Тайване на построенных водно-болотных угодьях Вудуо детально исследованы процессы очистки от 13 ветеринарных антибиотиков, в том числе тетрациклинов, сульфанимидов, хлорамфениколов, фторхинолонов и красителей в концентрациях до 552 нг/л. Эффективность удаления антибиотиков варьировали в диапазоне от 43 до 87 % в зависимости от его химической структуры. Остаточное содержание тетрациклина, хлортетрациклина, сульфамеразина, сульфаметазина и красителей: малахитовый зеленый и лейкомалахитовый зеленый после очистки было ниже пределов обнаружения во всех образцах [33].

Из-за недостаточного внимания проблемам фармацевтического мусора в регионах с резко континентальным климатом, свойственным Восточной Сибири, неосведомленности общественности и постоянного неконтролируемого их поступления в окружающую среду в Байкальском регионе возникла серьезная экологическая проблема загрязнения объектов среды обитания антибиотиками. Имеющиеся очистные сооружения, как правило, не обеспечивают удаление антибиотиков из сточных вод, и они транзитом проходят через систему очистки и поступают непосредственно в водные объекты (реки, озера) и создают угрозу водопользователям, расположенным ниже по течению реки. Препятствием на пути распространения антибиотиков могут стать системы доочистки в виде фито-инженерных очистных сооружений с посадками водных растений, обладающих высо-

ким фиторемедиационным потенциалом к антибиотикам [34–36].

Целью настоящей работы являлась оценка фиторемедиационного потенциала водных растений, произрастающих в условиях Восточной Сибири, к антибиотикам на примере тетрациклинов.

Объекты и методы исследования

В работе использовали тетрациклин, полученный из аптечной сети. Антибиотики тетрациклиновой группы представляют собой полифункциональные гидронафтаценовые соединения, состоящие из четырех циклических структур:

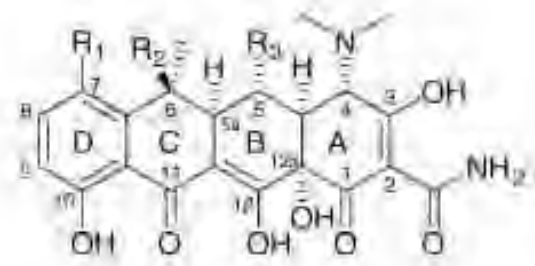


Рис. 1. Циклические структуры антибиотиков:

Тетрациклин: R1=R3=H, R2=OH;

Окситетрациклин: R1=H, R2=R3=OH

Хлортетрациклин: R1=Cl, R2=OH, R3=H;

Доксициклин: R1=R2=H, R3=OH

Фиторемедиационный потенциал водных растений оценивали в условиях лабораторного моделирования.

На первом этапе исследования выполнили фитотестирование тетрациклина по ростовым реакциям водного растения – элодея канадская, рекомендованного в качестве тест-объекта в водной токсикологии. Тестирование проводили по следующей схеме: растения отбирали в р. Ангаре, выбирали верхушечную часть побегов длиной 5 см, помещали по 10 штук в колбы с 500 мл исследуемого раствора тетрациклина заданной концентрации и выдерживали в лаборатории определенное время при комнатной температуре. Через 3–7 сут измеряли длину побегов и оценивали прирост в процентах к контролю.

Исследования по оценке фиторемедиационного потенциала водных растений, произрастающих в Ангаре, проводили по следующей схеме. Растения собирали тралом, освобождали от грунта, промывали и культивировали в лаборатории в аквариумах с деchlorированной водой при умеренном освещении и температуре 14–16 °С. Объектами исследований были: элодея канадская (*Elodea canadensis*), уруть мутовчатая (*Myriophyllum spicatum*), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*).

В колбы вместимостью 500 мл помещали навески водных растений из расчета 1–10 г/л, заполняли водой с заданными концентрациями тетрациклина и выдерживали в термостате при освещенности 2–2,5 тыс. лк при температуре от 18 до 20 °С. Через определенные промежутки времени отбирали пробы и анализировали остаточное содержание тетрациклина. Во всех исследованиях параллельно ставили контрольные эксперименты: растворы тетрациклина без растений, с растениями, предварительно термообработанными или стерилизованными 0,1 %-м раствором сулемы (с последующей промывкой дистиллированной водой).

Для контроля концентрации тетрациклина в испытуемых растворах использовали спектрофотометр Shimadzu 1800. Тетрациклин в нейтральной среде имеет УФ-полосу поглощения с максимумом в области 360 нм (1 на рис. 2, а), обусловленную электронной структурой молекулы, образованной из четырех конденсированных ароматических колец и заместителей при них. В сильнощелочной среде происходит изомеризация тетрациклина с образованием окрашенных в желтый цвет изомеров с максимумом УФ поглощения при 380 нм (2 на рис. 2, а). Эта реакция используется для идентификации и спектрофотометрического количественного определения тетрациклина.

Через 1, 2, 3, 6, 9 и 18 сут отбирали пробы, фильтровали через фильтр «синяя лента», доводили рН раствора до щелочной среды (рН=9.0) и оценивали остаточную концентрацию тетрациклина по УФ поглощению при 380 нм по градуировочному графику (рис. 2, б).

Физиологическое состояние водных растений оценивали по движению протоплазмы, хлоропластов, внешнему виду растений и содержанию хлорофилла и активности ферментов из класса оксидоредуктаз.

Результаты и их обсуждение

При оценке воздействия на ростовые реакции водного растения *Elodea Canadensis* установлено, что в области исследованных концентраций от 5 до 30 мг/л наблюдается стимулирование роста побегов элодеи по сравнению с контролем в условиях хронического эксперимента (рис. 3). Только при концентрациях 60 мг/л и более отмечается ингибиторный эффект, следовательно, водные растения способны элиминировать тетрациклин.

Экспериментально установлено, что в присутствии исследуемых водных растений происходит более интенсивное снижение содержания тетрациклина в растворе по сравнению с контролем. Как видно из данных, приведенных на рис. 4–6, все исследованные водные растения эффективно удаляют (элиминируют) тетрациклин из раствора. Через 13–18 сут водные растения удаляют до 65–80 % антибиотика от исходного. В контрольных опытах без растений или в опытах с растениями, предварительно инактивированными кипячением, наблюдается значительно менее интенсивное снижение содержания тетрациклина (на 40–50 % от исходного уровня).

Процесс элиминирования тетрациклина описывается уравнением первого порядка, константы скорости этого процесса приведены в табл. 1. В настоящем исследовании под элиминированием понимается вся совокупность процессов, приводящих к уменьшению содержания тетрациклина во внешнем растворе и включающих как поглощение растениями, так и метаболизм под действием ферментных систем растений.

Из всех исследованных растений наибольшая скорость элиминирования характерна для урути мутовчатой при всех исходных концентрациях тетрациклина.

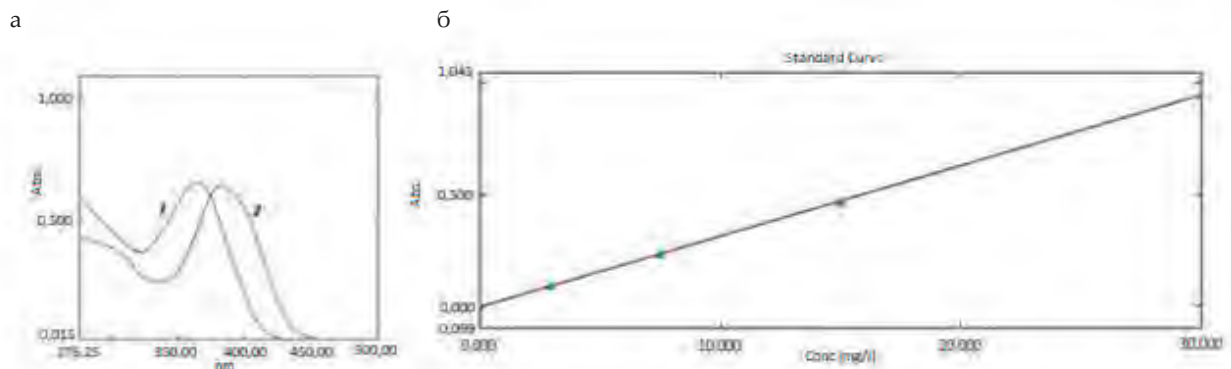


Рис. 2. Контроль концентрации тетрациклина в испытуемых растворах:
а – полосы УФ поглощения тетрациклина;
б – градуировочный график для количественного определения тетрациклина

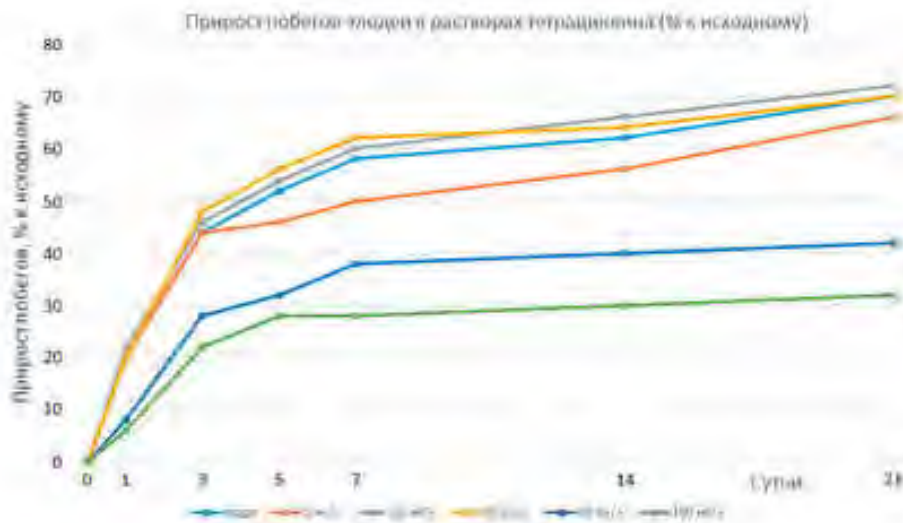


Рис. 3. Прирост побегов элодеи канадской в растворах тетрациклина



Рис. 4. Изменение концентрации тетрациклина в водных растворах в присутствии водных растений при исходной концентрации тетрациклина 5 мг/л

Таблица 1

Константы скорости элиминирования тетрациклина (K, сут-1) водными растениями для разных исходных концентраций (фитомасса растений 10 г/л; температура 18±2 °С; рН = 6,8)

Условия опыта	Исходная концентрация тетрациклина, мг/л		
	5	10	30
В природной воде без растений	0,110±0,046	0,059±0,024	0,041±0,023
В природной воде с растениями, инактивированными кипячением	0,098±0,052	0,052±0,027	0,040±0,026
С элодеей канадской	0,218±0,038	0,088±0,025	0,235±0,046
С роголистником темно-зеленым	0,320±0,064	0,061±0,031	0,242±0,061
С урутью мутовчатой	0,440±0,094	0,207±0,077	0,442±0,106

Установлено также, что с увеличением фитомассы растений при исходной концентрации 10 мг/л начальные скорости элиминирования возрастают. Эта зависимость описывается линейным уравнением $Y = 0,142 X + 0,356$ с коэффициентом корреляции $R=0,99$.

Биохимическая природа элиминации в случае элодеи канадской подтверждается линейной зависимостью начальных скоростей элиминирования в экспериментах с гомогенатами элодеи и ферментными препаратами, полученными при промывке ацетоном, в частности пероксидазой. Ранее совместно с учеными из Грузии нами были впервые выделены и изучены свойства пероксидазы из элодеи канадской [37].

При изучении методом гель-фильтрации было установлено, что в элодее имеются пероксидазы с молекулярными массами 94000, 67000, 56000 и 48900. Оптимум рН низкомолекулярной фракции пероксидазы 5,6–6,2, а высокомолекулярной – рН 4,1–5,0. Следовательно, в процессе элиминирования тетрациклина возможно участие пероксидаз в широком диапазоне рН.

На основании экспериментальных данных был рассчитан фиторемедиационный потенциал водных растений по тетрациклину для разных исходных концентраций антибиотика (табл. 2).

Согласно полученным результатам, для всех исходных концентраций антибиотика в первые 6 сут максимальную поглощающую



Рис. 5. Изменение концентрации тетрациклина в водных растворах в присутствии водных растений при исходной концентрации тетрациклина 10 мг/л



Рис. 6. Изменение концентрации тетрациклина в водных растворах в присутствии водных растений при исходной концентрации тетрациклина 30 мг/л

Таблица 2

Фиторемедиационный потенциал водных растений к тетрациклину, мг/г сырого веса

Время экспозиции, сут	Исходная концентрация тетрациклина, мг/л								
	5			10			30		
	Элодея	Уруть	Роголистник	Элодея	Уруть	Роголистник	Элодея	Уруть	Роголистник
1	0,10	0,18	0,14	0,08	0,19	0,06	0,32	0,57	0,34
3	0,15	0,26	0,20	0,20	0,36	0,21	0,74	1,12	0,84
6	0,22	0,32	0,26	0,40	0,55	0,31	1,49	1,68	1,54
18	0,34	0,32	0,38	0,63	0,64	0,73	2,19	2,16	2,39

активность проявляет уруть мутовчатая, а через 18 сут возрастает фиторемедиационный потенциал роголистника.

Заключение

Сравнив результаты собственных исследований с литературными данными [38] по извлечению противомикробных препаратов растениями *Scirpus validus* и *Typha angustifolia*, можно сделать вывод, что эффективность извлечения тетрациклина элодеей канадской, урутью мутовчатой и роголистником темно-зеленым соизмерима с этими растениями и достигает 11–85 %. Максимальная скорость элиминирования тетрациклина из воды установлена для урути мутовчатой. Рассмотренные растения демонстрируют адаптивные свойства в условиях тетрациклинового загрязнения. Очевидно, в них формируются реакции, направленные на усвоение или обезвреживание антибиотика. Полученные результаты позволяют рассматривать фиторемедиацию погруженными водными растениями как одно из недорогих решений удаления антибиотиков из водной среды. Необходимо продолжить исследования по созданию гибких фитоинженерных систем для очистки объектов окружающей среды от ветеринарных антибиотиков. В условиях Восточной Сибири работа фиторемедиационных сооружений может обеспечиваться в полном объеме только при длительных температурах. Предполагаемая длительность работы сооружений в году приравняется к длительности формирования поверхностных стоков и составляет примерно 58 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Терехова В.А., Руднева И.И., Поромов А.А., Парамонова А.И., Кыдралиева К.А. Распространение и биологические эффекты антибиотиков в водных экосистемах (обзор) // Вода: химия и экология. 2019. № 3–6(119). С. 92–112.
2. Тимофеева С.С., Шуплецова И.Д. Прогнозирование экологических рисков микро-поллютантов в Байкальском регионе // XXI век. Техносферная безопасность. 2020. №5(3). С. 269–283 [Электронный ресурс] <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-269-283> (дата обращения: 05.04.2022).
3. Батаева Д.С., Зайко Е.В. Риски, связанные с наличием в мясе и в продуктах убоя животных остаточных количеств антимикробных препаратов // Теория и практика переработки мяса. 2016. №1(3). С. 4–13.
4. Зайко Е.В., Батаева Д.С. Идентификация рисков, связанных с сырьем животного происхождения // Теория и практика переработки мяса. 2018. № 3(4). С. 23–31. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-23-31.
5. Прожерина Ю. Фармацевтические отходы как новая экологическая проблема // Ремедиум. 2017. № 11. С. 14–19.
6. Иванова Н.В., Белов А.И., Самаркин А.И. Биоэкологические последствия загрязнения окружающей среды и пути их уменьшения // Военная медицина. 2020. №1. С. 79–89 [Электронный ресурс] <http://rep.bsmu.by:8080/handle/BSMU/26453> (дата обращения: 05.04.2022).
7. Wang H., Ren L., Yu X., Chen Y, He G., Jiang Q. Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. Food control. 2017. 80. P. 217–255.
8. Fang B., J. Guo F. Li J.P. Giesy, L. Wang, and W. Shi. Bioassay directed identification of toxicants in

sludge and related reused materials from industrial wastewater treatment plants in the Yangtze River Delta. *Chemosphere*. 2017. 168. P. 191–198.

9. *Fang J., Shen Y., Qu D., Han J.* Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang China. *Food control*. 2019. 95. P. 215–222.

10. Monitoring global progress on antimicrobial resistance. 2018 [Electronic resource]: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA0486EN/>. Date of access: 05.04.2022.

11. Antoine Gosset, Philippe Polomé, Yves Perrodin. Ecotoxicological risk assessment of micropollutants from treated urban wastewater effluents for watercourses at a territorial scale: Application and comparison of two approaches. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2020 – 224-113437. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113437> date of access 05.04.2022.

12. Muhammad Arslan, Inaam Ullah, Jochen A. Müller, Naem Shahid, Muhammad Afzal. Organic Micropollutants in the Environment: Ecotoxicity Potential and Methods for Remediation In book: Enhancing Cleanup of Environmental Pollutants – Biological Approaches Edition: 1 Chapter: Chapter 5 Publisher: Springer International Publishing Editors: Naser Anjum, Saravjeet Gill, Narendra Tuteja Projects: Effect of Selected Organic Micro-Pollutants (OMPs) on Plant Ecology Organic Micropollutants (OMPs) in the Environment: Phytotoxic Potential and Risks for Plant Microflora May 2017 DOI: 10.1007/978-3-319-55426-6.

13. *Hui Gao, Linxiao Zhang, Zihao Lu, Chunming He, Qianwei Li,* Guangshui Na Complex migration of antibiotic resistance in natural aquatic environments. *Environmental Pollution*. 2018. 232. P. 1-9.

14. *Sarmah AK, Meyer MT, Boxall AB.* A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (Vas) in the environment. *Chemosphere*. 2006. 65. P.725-759

15. *Ding C., and He J.* Effect of antibiotics in the environment on microbial populations. *Appl. Microbiol. Biot.* 2010. 87. P. 925-941.

16. *Kummerer, K* (2009) Antibiotics in the aquatic environment-A review-Part I. *Chemosphere*. 2009. 75. P. 417-434.

17. *Chopra I., Roberts M.* Tetracycline Antibiotics: Mode of Action, Applications, Molecular Biology, and Epidemiology of Bacterial Resistance. *Mol. Biol. Rev.* 2001. V. 65. №. 2. P. 232-260.

18. *Barroso J.M.* Commission regulation (EU) № 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin. *Off. J. Eur. Union*. 2010. V. 1. № 15. P. 1–72.

19. Совет ЕЭК. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. 2019. С. 263.

20. Коллегия ЕЭК. Решение коллегии ЕЭК от 13 февраля 2018 года № 28 «О максимально допустимых уровнях остатков ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ), которые могут содержаться в переработанной пищевой продукции животного происхождения, в том числе в сырье, и методиках их определения». 2018. 66 с.

21. World Health Organization et al. WHO report on surveillance of antibiotic consumption: 2016–2018 early implementation. 2018. Available at: <https://www.aiddatahub.org/sites/default/files/resource/who-report-surveillance>, date of access 05.04.2022

22. ВОЗ опубликовала рейтинг потребления антибиотиков в мире/ [Электронный ресурс] <https://www.med-practic.com/rus/812/51005/ВОЗ%20опубликовала%20рейтинг%20потребления%20антибиотиков%20в%20мире/article.more.html> (дата обращения: 05.04.2022).

23. *Angel J Baguer, John Jensen, Paul Henning Krogh.* Effects of the antibiotics oxytetracycline and tylosin on soil fauna//*Chemosphere*. 2000. 40. 7. P.751-757. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00449-X](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00449-X) (date of access 05.04.2022).

24. *Wen B, Liu Y, Wang P, Wu T, Zhang S, Shan X, Lu J.* Toxic effects of chlortetracycline on maize growth, reactive oxygen species generation and the antioxidant response. *J Environ Sci (China)*. 2012. 24(6). P.1099-1105. doi: 10.1016/s1001-0742(11)60901-7. PMID: 23505878

25. *An, J., Zhou, Q.X. and Liu, W.T.* Ecotoxicological Effects of Oxytetracycline on Wheat (*Triticum aestivum*) Based on Seed Germination and Seedling Development. *Environmental Science*. 2009. 30. P. 3022-3027.

26. *Chen W., Liu W., Pan N., Jiao W. and Wang M.* Oxytetracycline on Functions and Structure of Soil Microbial Community. *Journal of Soil Science and Plant Nutritio*. 2013. 13. P. 967-975. Available at: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-95162013005000076>, date of access 05.04.2022.

27. *Li, X., Zhu, W., Meng, G. et al.* Phytoremediation of alkaline soils co-contaminated with cadmium and tetracycline antibiotics using the ornamental hyperaccumulators *Mirabilis jalapa* L. and *Tagetes patula* L. *Environ Sci Pollut Res*. 2020. 27. P. 14175–14183/ Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07975-2>, date of access 05.04.2022.

28. *Manvi Makhijani, Sonal Gahlawat, Kirti Chauhan* Phytoremediation potential of *Cicer arietinum* for tetracycline Available at: https://www.researchgate.net/publication/280520490_Phytoremediation_potential_of_Cicer_arietinum_for_tetracycline, date of access 05.04.2022.

29. *Rupali Datta , Padmini Das, Stephanie Smith, Pravin Punamiya, Dil M Ramanathan, Ramana Reddy, Dibyendu Sarkar* Phytoremediation potential of vetiver grass [*Chrysopogon zizanioides* (L.)] for tetracycline. *Int J Phytoremediation* 2013;15(4):343-51 doi: 10.1080/15226514.2012.702803.

30. *Ninad P. Gujarathi, Bryan J. Haney, and James C. Linden.* Phytoremediation Potential of *Myriophyllum*

Aquaticum and Pistia Stratiotes to Modify Antibiotic Growth Promoters, Tetracycline, and Oxytetracycline, in Aqueous Waste. *International Journal of Phytoremediation*. 2005. 7. P. 99–112

31. Carvalho PN, Basto MC, Almeida CM. Potential of Phragmites australis for the removal of veterinary pharmaceuticals from aquatic media. *Bioresour Technol*. 2012. Jul;116:497-501. Doi: 10.1016/j.biortech.2012.03.066. Epub 2012 Mar 29. PMID: 22522014.

32. Сивкова Е.Е., Семенов С.Ю. Использование технологии «Constructed wetlands» для очистки сточных вод малых населенных пунктов и предприятий // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 4 (12). С. 123-129.

33. Björn Berglund, Ghazanfar AliKhan, Stefan E.B.Weisner, Per Magnus Ehde, Jerker Fick, Per-Eric Lindgren. Efficient removal of antibiotics in surface-flow constructed wetlands, with no observed impact on antibiotic resistance genes. *Science of the Total Environment*. 2014. 476-477. P. 29-37.

34. Chi Y. Hsieh, Ean T. Liaw & Kang M. Fan (2015) Removal of veterinary antibiotics, alkylphenolic compounds, and estrogens from the Wuluo constructed wetland in southern Taiwan, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50:2, 151-160, DOI: 10.1080/10934529.2015.975062

35. Timofeeva S.S., Shupletsova I.D. 2020 Prediction of environmental risks of micro-pollutants in the Baikal region. XXI century. *Technosphere Safety* 5(3).269–283. Available at: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-269-283>, date of access 05.04.2022.

36. Тимофеева С. С., Гудилова О. С. 2021 Антибиотики в окружающей среде: состояние и проблемы // XXI век. Техносферная безопасность. Т. 6. № 3. 251–265. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-3-251-265>

37. Приудзе Г.Н., Чацха Л.Ш. Тимофеева С.С. Свойства пероксидазы элодеи// Сообщения АН ГССР. 1988. Т.131. №3. С. 609–612.

38. Jonathan Fletcher, Nigel Willby, David M. Oliver and Richard S. Quilliam. 2020. Chapter 7 Phytoremediation Using Aquatic Plants. Available at: https://www.researchgate.net/publication/340047038_Phytoremediation_Using_Aquatic_Plants, date of access 05.04.2022.

REFERENCES

1. Terehova V.A., Rudneva I.I., Poromov A.A., Paramonova A.I., Kyidralieva K.A. Distribution and biological effects of antibiotics in aquatic ecosystems (review). *Voda: himiya i ekologiya* [Water: Chemistry and Ecology], 2019, no. 3-6(119), pp. 92–112. (in Russian)

2. Timofeeva S.S., Shupletsova I.D. Forecasting environmental risks of micro-pollutants in the Baikal region. *XXI vek. Tehnosfernaya bezopasnost* [XXI Century. Technosphere Safety], 2020, no. 5(3), pp. 269–283. (in Russian)

3. Bataeva D.S., Zayko E.V. Risks associated with the presence of antimicrobial residues in meat and slaughter products. *Teoriya i praktika pererabotki myasa*

[Theory and Practice of Meat Processing], 2016, no.1(3), pp. 4–13. (in Russian)

4. Zayko E.V., Bataeva D.S. Identifikatsiya riskov, svyazannyh s syirem zhivotnogo proishozhdeniya. *Teoriya i praktika pererabotki myasa* [Theory and Practice of Meat Processing], 2018, no. 3(4), pp. 23–31. DOI 10.21323/2414–438X (in Russian)

5. Prozherina Yu. Pharmaceutical waste as a new environmental problem. *Remedium*, 2017, no. 11, pp. 14–19. (in Russian)

6. Ivanova N.V., Belov A.I., Samarkin A.I. Bioecological consequences of environmental pollution and ways to reduce them. *Voennaya meditsina* [Military medicine], 2020, no 1, pp. 79-89 (in Russian)

7. Wang, H., Ren, L., Yu, X., Chen, Y, He, G., Jiang, Q. Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. *Food control*, 2017, vol. 80, pp. 217–255.

8. Fang, B., J. Guo, F. Li, J.P. Giesy, L. Wang, and W. Shi. Bioassay directed identification of toxicants in sludge and related reused materials from industrial wastewater treatment plants in the Yangtze River Delta. *Chemosphere*, 2017, vol. 168, pp. 191–198.

9. Fang, J., Shen, Y., Qu, D., Han, J. Antimicrobial resistance profiles and characteristics of integrons in *Escherichia coli* strains isolated from a large-scale centralized swine slaughterhouse and its downstream markets in Zhejiang China. *Food control*, 2019, vol. 95, pp. 215–222.

10. Monitoring global progress on antimicrobial resistance (2018). Available at: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA0486EN/>. (accessed 5 April 2022).

11. Antoine Gosset, Philippe Polomé, Yves Perrodin. Ecotoxicological risk assessment of micropollutants from treated urban wastewater effluents for watercourses at a territorial scale: Application and comparison of two approaches. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2020 -224-113437. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113437> (accessed 5 April 2022).

12. Muhammad Arslan, Inaam Ullah, Jochen A. Müller, Naeem Shahid, Muhammad Afzal. Organic Micropollutants in the Environment: Ecotoxicity Potential and Methods for Remediation In book: Enhancing Cleanup of Environmental Pollutants – Biological Approaches Edition: 1 Chapter: Chapter 5 Publisher: Springer International Publishing Editors: Naser Anjum, Saravjeet Gill, Narendra Tuteja Projects: Effect of Selected Organic Micro-Pollutants (OMPs) on Plant Ecology Organic Micropollutants (OMPs) in the Environment: Phytotoxic Potential and Risks for Plant Microflora May 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-55426-6.

13. Hui Gao, Linxiao Zhang, Zihao Lu, Chunming He, Qianwei Li, Guangshui Na Complex migration of antibiotic resistance in natural aquatic environments. *Environmental Pollution*, 2018, vol. 232, pp. 1-9.

14. Sarmah AK, Meyer MT, Boxall AB. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (Vas) in the environment. *Chemosphere*, 2006, vol. 65, pp. 725-759.

15. Ding C., and He J. Effect of antibiotics in the environment on microbial populations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2010, vol. 87, pp. 925-941.
16. Kummerer K Antibiotics in the aquatic environment-A review-Part I. *Chemosphere*, 2009, vol. 75, pp. 417-434.
17. Chopra I., Roberts M. Tetracycline Antibiotics: Mode of Action, Applications, Molecular Biology, and Epidemiology of Bacterial Resistance. *Microbiology and molecular biology reviews*, 2001, vol. 65, no. 2, pp. 232-260.
18. Barroso J.M. Commission regulation (EU) № 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin. *Official Journal of the European Union*, 2010, vol. 1, no. 15, pp. 1-72.
19. Sovet EEK. Tehnicheskiy reglament Tamozhenogo soyuza TR TS 021/2011 [Technical regulation of the Customs Union TR CU 021/2011], 2019, p. 263.
20. Kollegiya EEK. *Reshenie kollegii EEK ot 13 fevralya 2018 goda # 28 «O maksimalno dopustimiyh urovnyah ostatkov veterinarnykh lekarstvennykh sredstv (farmakologicheski aktivnykh veshchestv), kotorye mogut sodержatsya v neperelabotannoy pischevoy produktsii zhivotnogo proishozhdeniya, v tom chisle v syire, i metodikah ih opredeleniya»* [Board of the EEC. Decision of the EEC Board dated February 13, 2018 No. 28 "On the maximum permissible levels of residues of veterinary medicinal products (pharmacologically active substances) that may be contained in unprocessed food products of animal origin, including raw materials, and methods for their determination"], 2018. 66 p.
21. World Health Organization et al. WHO report on surveillance of antibiotic consumption: 2016-2018 early implementation (2018). Available at: <https://www.aiddatahub.org/sites/default/files/resource/who-report-surveillance> (accessed 5 April 2022).
22. VOZ opublikovala reyting potrebleniya antibiotikov v mire [WHO has published a rating of consumption of antibiotics in the world]. Available at: <https://www.med-practic.com/rus/812/51005/> VOZ opublikovala reyting% 20potrebleniya antibiotikov v mire/article.more.html (accessed 5 April 2022).
23. Bager Angel J, Jensen John, Krogh Paul Henning. Effects of the antibiotics oxytetracycline and tylosin on soil fauna. *Chemosphere*, 2000, vol 40, no. 7, pp. 751-757.
24. Wen B, Liu Y, Wang P, Wu T, Zhang S, Shan X, Lu J. Toxic effects of chlortetracycline on maize growth, reactive oxygen species generation and the antioxidant response. *J Environ Sci (China)*, 2012, vol. 24, no. 6, pp.1099-1105. DOI: 10.1016/s1001-0742(11)60901-7. PMID: 23505878
25. An J., Zhou Q.X., Liu W.T. Ecotoxicological Effects of Oxytetracycline on Wheat (*Triticum aestivum*) Based on Seed Germination and Seedling Development. *Environmental Science*, 2009, vol. 30, pp. 3022-3027.
26. Chen W., Liu W., Pan N., Jiao W. and Wang M. Oxytetracycline on Functions and Structure of Soil Microbial Community. *Journal of Soil Science and Plant Nutritio*, 2013, vol. 13, pp. 967-975. Available at: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-95162013005000076> (accessed 5 April 2022).
27. Li X., Zhu W., Meng G. et al. Phytoremediation of alkaline soils co-contaminated with cadmium and tetracycline antibiotics using the ornamental hyperaccumulators *Mirabilis jalapa* L. and *Tagetes patula* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, vol. 27, pp. 14175-14183.
28. Manvi Makhijani, Sonal Gahlawat, Kirti Chauhan Phytoremediation potential of *Cicer arietinum* for tetracycline. Available at: https://www.researchgate.net/publication/280520490_Phytoremediation_potential_of_Cicer_arietinum_for_tetracycline (accessed 5 April 2022).
29. Rupali Datta, Padmini Das, Stephanie Smith, Pravin Punamiya, Dil M Ramanathan, Ramana Reddy, Dibyendu Sarkar *Phytoremediation potential of vetiver grass [Chrysopogon zizanioides (L.)] for tetracycline*. *International Journal of Phytoremediation*, 2013, vol. 15, no. 4, pp. 343-351. DOI: 10.1080/15226514.2012.702803.
30. Ninad P. Gujarathi, Bryan J. Haney, and James C. Linden. Phytoremediation Potential of *Myriophyllum Aquaticum* and *Pistia Stratiotes* to Modify Antibiotic Growth Promoters, Tetracycline, and Oxytetracycline, in Aqueous Waste. *International Journal of Phytoremediation*, 2005, vol. 7, pp. 99-112
31. Carvalho PN, Basto MC, Almeida CM. Potential of *Phragmites australis* for the removal of veterinary pharmaceuticals from aquatic media. *Bioresource Technology*, 2012, vol.116, pp. 497-501. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.03.066.
32. Sivkova E.E., Semenov S.Yu. Using the "Constructed wetlands" technology for wastewater treatment of small settlements and enterprises. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of the Tomsk State University. Biology], 2010, no. 4 (12), pp. 123-129. (in Russian)
33. Björn Berglund, Ghazanfar AliKhan, Stefan E.B. Weisner, Per Magnus Ehde, Jerker Fick, Per-Eric Lindgren. Efficient removal of antibiotics in surface-flow constructed wetlands, with no observed impact on antibiotic resistance genes. *Science of the Total Environment*, 2014, 476-477, pp. 29-37.
34. Chi Y. Hsieh, Ean T. Liaw & Kang M. Fan. Removal of veterinary antibiotics, alkylphenolic compounds, and estrogens from the Wuluo constructed wetland in southern Taiwan, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2015, vol. 50, no. 2, pp. 151-160. DOI: 10.1080/10934529.2015.975062
35. Timofeeva S.S., Shupletsova I.D. 2020 Prediction of environmental risks of micro-pollutants in the Baikal region. XXI century. *Technosphere Safety* 5(3).269-283. Available at: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-269-283>, date of access 05.04.2022. (in Russian)
36. Timofeeva S. S., Gudilova O. S.2021 Antibiotiki v okruzhayushey srede: sostoyanie i problemy. XXI vek. XXI vek. *Tehnosfernaya bezopasnost [XXI Century. Technosphere Safety]*, vol. 6, no. 3, pp. 251-265. DOI: 10.21285/2500-1582-2021-3-251-265 (in Russian)

37. Pruidze G.N., Chachua L.Sh. Timofeeva S.S. *Elodea peroxidase properties. Soobsch. AN GSSR* [Communications of the Academy of Sciences of the GSSR], 1988, vol.131, no. 3, pp. 609-612. (in Russian)

38. Fletcher Jonathan, Willby Nigel, Oliver David M., Quilliam Richard S. (2020). Chapter 7 Phytoremediation Using Aquatic Plants. Available at: https://www.researchgate.net/publication/340047038_Phytoremediation_Using_Aquatic_Plants (accessed 5 April 2022).

Об авторах:

ТИМОФЕЕВА Светлана Семеновна

доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
E-mail: sstimofeeva@mail.ru

TIMOFEEVA Svetlana S.

Doctor of Engineering Science, Head of the Industrial Ecology and Life Safety Chair
Irkutsk National Research Technical University
664074, Russia, Irkutsk, Lermontova str., 83
E-mail: sstimofeeva@mail.ru

ТЮКАЛОВА Ольга Васильевна

кандидат химических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
E-mail: olgaburlak1@yandex.ru

TYUKALOVA Olga V.

PhD in Chemistry, Associate Professor of the Industrial Ecology and Life Safety Chair
Irkutsk National Research Technical University
664074, Russia, Irkutsk, Lermontova str., 83
Russia, E-mail: olgaburlak1@yandex.ru

УЛЬРИХ Дмитрий Владимирович

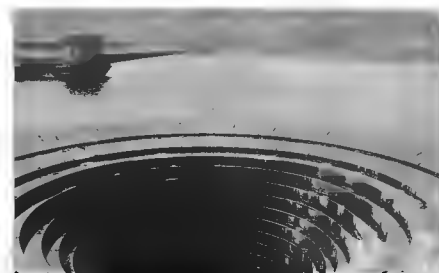
доктор технических наук, доцент, директор архитектурно-строительного института
Южно-Уральский государственный университет
454080, Россия, г. Челябинск, просп. В.И. Ленина, 76
E-mail: ulrikhdv@susu.ru

ULRIKH Dmitrii V.

Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Director of the Institute of Architecture and Construction
South Ural State University
454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin av., 76
E-mail: ulrikhdv@susu.ru

Для цитирования: Тимофеева С.С., Тюкалова О.В., Ульрих Д.В. Фиторемедиационный потенциал водных растений к тетрациклину в условиях Восточной Сибири // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 40–50. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.6.

For citation: Timofeeva S.S., Tyukalova O.V., Ulrikh D.V. Phytoremediation Potential of Aquatic Plants to Tetracycline in Eastern Siberia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 40–50. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.6.



С. В. ЕВДОКИМОВ
А. А. ОРЛОВА

АНАЛИЗ РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ГЭС

**ANALYSIS OF THE OPERATION OF MECHANICAL EQUIPMENT DURING
THE OPERATION OF HYDRO ENGINEERING FACILITIES OF HPP**

По своему технологическому назначению и расположению механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС делится на три группы: оборудование щитового отделения верхнего бьефа, машинного зала и щитового отделения нижнего бьефа. В статье подробно рассмотрены основные особенности и проблемы, возникающие в период эксплуатации механического оборудования щитового отделения верхнего бьефа. Данное механическое оборудование служит для защиты агрегатов от разгона; перекрытия входных отверстий водосбросов при авариях с основными затворами; для ограждения со стороны верхнего бьефа при необходимости доступа к подводным частям сооружения и оборудованию. Отмечено, что особенностью эксплуатации механического оборудования является большое количество металлоконструкций, которые находятся под водой или смачиваются водой и тем самым подвергаются биохимической коррозии, вызывающей интенсивное разрушение металла. Показаны пути предотвращения развития коррозии и методы, обеспечивающие долговечность и эффективность защиты от биологического обрастания металлических конструкций на ГЭС.

Ключевые слова: механическое оборудование, гидротехнические сооружения, металлические конструкции, биохимическая коррозия, затвор, турбина, период эксплуатации

Как известно, к механическому оборудованию гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС относятся: основные, аварийные и ремонтные затворы и заграждения; сороудерживающие решетки; подъемные устройства для

According to its technological purpose and location, the mechanical equipment of the hydrotechnical structures of the hydroelectric power station is divided into three groups: the equipment of the upstream shield room, the turbine room and the downstream shield room. The article discusses in detail the main features and problems that arise during the operation of the mechanical equipment of the upstream shield compartment. This mechanical equipment serves to protect the units from overlocking; overlapping of inlet openings of spillways in case of accidents with main gates; for fencing from the headwater side when access to the underwater parts of the structure and equipment is required. It is noted that a feature of the operation of mechanical equipment is a large number of metal structures that are under water or are wetted with water and thereby undergo biochemical corrosion, which causes intensive destruction of the metal. The ways of preventing the development of corrosion and methods that ensure the durability and effectiveness of protection against biological fouling, metal structures at hydroelectric power plants are presented.

Keywords: mechanical equipment, hydraulic structures, metal structures, biochemical corrosion, valve, turbine, period of operation

маневрирования затворами, решетками и для ремонта оборудования. Отличительной особенностью механического оборудования, установленного на гидроэлектростанции и водосливной плотине, являются большие размеры

перекрываемых отверстий и воспринимаемые этим оборудованием нагрузки, обусловленные большими расходами воды и значительными напорами, достигающими на некоторых затворах 30 м [1].

Общий вес механического оборудования гидроузла вместе с механизмами судоходных шлюзов составляет около 80 тыс. т. При проектировании механического оборудования гидроузла были приняты прогрессивные решения, обеспечивающие значительное снижение веса оборудования. К числу этих мероприятий относят: применение методов расчета пролетных строений затворов как пространственных систем на этапе проектирования механического оборудования; широкое применение низколегированной стали, позволившее снизить вес металлоконструкций примерно на 10 %; отказ от индивидуальных подъемных механизмов на основных затворах донных водосбросов; замена весьма сложных и дорогих лебедочных подъемных механизмов на быстропадающих затворах спиральных камер турбин – гидроподъемниками, снизившими вес оборудования на 1000 т.

Это последнее мероприятие явилось весьма эффективным, позволившим наряду со снижением веса оборудования решить основную проблему передачи бетона больших нагрузок (более 200 т на 1 п. м паза затвора), воспринимаемых затворами, и значительно снизить объем бетона.

На этапе проектирования, при выборе типов затворов, был учтен опыт эксплуатации ранее построенных сооружений. Однако ввиду уникальности Жигулевской ГЭС для решения многих, возникших впервые вопросов, связанных с эксплуатацией механического оборудования, имеющихся практических данных оказалось недостаточно. Разнообразие и весьма значительные размеры перекрываемых отверстий, большая глубина на порогах усложнили задачу выбора типов и конструкций затворов [2].

В основу выбора затворов были положены следующие требования: надежность работы и удобство эксплуатации; экономичность оборудования; компоновка оборудования, обеспечивающая предельное снижение размеров гидроэлектростанции и объемов бетонных работ. Этим условиям в наилучшей степени удовлетворяли плоские скользящие затворы, чем и объясняется их широкое применение на ГЭС. Успешному внедрению таких затворов способствовало отмеченное выше положительное разрешение вопроса об опорах скольжения.

Вследствие больших высот перекрываемых отверстий все затворы, кроме основных затворов водосбросов, были многосекционными. Размеры секций приняты в пределах нормаль-

ных железнодорожных габаритов. Этим было обеспечено изготовление затворов полностью в заводских условиях. Маневрирование затворами в щитовых отделениях производилось мостовым и козловыми кранами с системой подхватов и штанг, а в машинном зале – мостовыми кранами, работающими спаренно с помощью специальной траверсы. Исключением явились аварийно-ремонтные затворы спиральных камер, где для осуществления автоматического управления были введены индивидуальные гидроподъемники.

Для маневрирования основными затворами водосбросов использовались дожимные траверсы по одной на каждом кране. Равномерность подъема и опускания затворов по фронту гидроэлектростанции, диктуемая гидравлическим режимом в нижнем бьефе, обеспечивалась специальными штангами и подхватами.

Изготовление основных затворов водосбросов из стального литья вызвано стремлением к снижению рабочего сечения затворов в целях сокращения обтекаемого контура и устранения, таким образом, причин, вызывающих вибрацию.

По своему технологическому назначению и расположению механическое оборудование ГЭС разбивается на три группы: оборудование щитового отделения верхнего бьефа, машинного зала и щитового отделения нижнего бьефа [3].

Более подробно рассмотрим механическое оборудование щитового отделения верхнего бьефа, которое служит для защиты агрегатов от разгона, перекрытия входных отверстий водосбросов при авариях с основными затворами, а также для ограждения со стороны верхнего бьефа при необходимости доступа к подводным частям сооружения и оборудованию.

Первая из этих задач решалась установкой на входных отверстиях спиральных камер аварийно-ремонтных затворов с индивидуальными механизмами. Для перекрытия в потоке входных отверстий донных водосбросов одного или последовательно двух агрегатов служат переносные комплекты аварийно-ремонтных затворов. Доступ к подводным элементам сооружения обеспечивался установкой ремонтных ограждений. Маневрирование аварийно-ремонтными затворами водосбросов и ремонтными заграждениями производилось кранами.

Для установки затворов в щитовом отделении было предусмотрено три ряда пазов. В первом ряду, ближайшем к агрегату, расположены аварийно-ремонтные затворы спиральных камер; второй ряд пазов служит для установки аварийно-ремонтных затворов водосбросов и ремонтных заграждений; третий ряд, обращенный в сторону верхнего бьефа, являлся резервным, в котором, при надобно-

сти, могут устанавливаться ремонтные заграждения [4].

В состав вспомогательного оборудования щитового отделения верхнего бьефа входят затворы байпасов с механизмами, подъемные штанги основных затворов и решеток, а также опорные балки, подхваты и другое оборудование [5].

Особенностью эксплуатации механического оборудования гидротехнических сооружений является то, что большое количество металлоконструкций – затворы и сороудерживающие решетки, их закладные части – пазы и пороги, металлические облицовки бетона в проточной части турбин и водосбросов и т. п., находящиеся под водой или смачиваемые водой, подвергаются биохимической коррозии, вызывающей интенсивное разрушение металла.

В отдельных случаях, несмотря на относительно небольшой срок пребывания металлоконструкций в воде, коррозия приняла размеры, влияющие на прочность напряженных элементов конструкций [6, 7]. Особенно значительной коррозии подвергались аварийно-ремонтные затворы донных водосбросов и быстропадающие затворы перед спиральными камерами турбин. Так, например, при осмотре аварийно-ремонтных затворов донных водосбросов, поднятых из водоводов турбины, где они находились в течение двух лет, было установлено, что обшивка затворов, выполненная из низколегированной стали, подверглась сильной биохимической коррозии. На напорной стороне обшивка была покрыта большим количеством наростов колоний железобактерий, размеры которых в отдельных случаях достигали 85×75×25 мм. При удалении наростов под ними в металле обшивки были обнаружены язвы глубиной до 7 мм и диаметром 15 мм. Металл обшивки с безнапорной стороны, а также узлы затвора, выполненные из углеродистой стали, и створные швы подверглись коррозии в меньшей степени. Одновременно были освидетельствованы быстропадающие затворы турбины, находившиеся в воде, и секции ремонтных заграждений щитового отделения верхнего бьефа, на которых также была выявлена биохимическая коррозия. Глубина язв в металле обшивки под наростами колоний железобактерий на быстропадающих затворах составляет около 1 мм, а на секциях ремонтных заграждений – около 2 мм.

Учитывая, что аварийно-ремонтные затворы донных водосбросов, как и ремонтное заграждение щитового отделения верхнего бьефа, имеют весьма ответственное назначение [8] и работают под большой нагрузкой при напоре 45 м, степень их коррозии с язвами глубиной до 7 мм следует считать по условиям прочности недопустимой.

Необходимо отметить, что часть подводных металлоконструкций при монтаже не была окрашена либо была покрыта лаками на основе нефтебитумов или каменноугольных смол, оказавшимися в условиях волжской воды неустойчивыми [9].

В целях предотвращения дальнейшего развития коррозии ответственных подводных металлоконструкций ГЭС была произведена окраска металлоконструкций по специальной технологии с применением синтетических красок и лаков, отличающихся большой устойчивостью. При выполнении этих работ при покраске подводных металлоконструкций применялись лакокрасочные материалы по типу и рецептуре как для окраски подводной части судов морского флота. В дальнейшем также выполнялись опытные работы по защите металлоконструкций от коррозии с помощью металлизации (использование цинкового и алюминиевого покрытий).

Металлизация способна обеспечить более долговременную (более 20 лет) [10] защиту и может оказаться более экономичной, чем покрытия лакокрасками. Эти преимущества использования металлизации особенно важны в тех случаях, когда выполнение защитных покрытий связано с трудоемкими работами по демонтажу металлоконструкций и длительным простоем агрегатов, как, например, в случае быстропадающих затворов турбин и т. п. К сожалению, такой метод не нашел широкого применения из-за экологических проблем.

Необходимо также иметь в виду, что в отношении долговечности и эффективности защиты от коррозии и биологического обрастания – перспективным является метод нанесения на поверхность металлоконструкций тонкой пленки пластмасс [11].

Впервые, в марте 1958 г. на Жигулевской ГЭС была обнаружена в системе технологического водоснабжения турбины в массовом количестве ракушка моллюска дрейссены (*Dreissena Polymorpha*), закупорившая смазочные канавки резиновых вкладышей подшипника турбины и вызвавшая тогда повреждение подшипника вследствие прекращения смазки. В дальнейшем в массовом количестве ракушка дрейссены была обнаружена во всей системе технического водоснабжения ГЭС (охлаждение генераторов, трансформаторов, ртутных выпрямителей и т. д.), а также на подводных металлических конструкциях – затворах, сороудерживающих решетках и т. п.

Как известно, интенсивное обрастание ракушкой стержней и ригелей сороудерживающих решеток уменьшает живое сечение, увеличивает шероховатость их поверхностей и увеличивает потери напора на них.

Весьма серьезны затруднения, связанные с проникновением дрейссены в систему технического водоснабжения основного оборудования станции. Согласно представленным данным биологических и эксплуатационных наблюдений, личинки моллюсков дрейссены, проникая вместе с водой в систему технического водоснабжения, прикрепляются в зонах малых скоростей (до 1,5 м/с) к стенкам трубопроводов, к сетке фильтров, к корпусам подшипников турбин и т. п., где быстро разрастаются до размеров 2–3 см, образуя целые колонии. При ремонтах агрегатов, когда система технического водоснабжения опорожняется от воды, моллюски, не имея питания, погибают. По окончании ремонтных работ, когда система технического водоснабжения вновь заполняется водой и включается в работу, погибшие моллюски отрываются потоком воды от стенок, забивают систему, тем самым нарушая смазку и охлаждение оборудования.

По данным эксплуатационных наблюдений массовое размножение дрейссены имеет место в весенне-летний период, с мая по сентябрь, когда температура воды в водохранилище не превышает 15–16 °С.

Принимаемые до настоящего времени меры предотвращения вредного действия дрейссены в системе технического водоснабжения сводятся к разработке и промывке оборудования в местах возможного скопления отмершей дрейссены (корпуса турбинных подшипников, фильтры и трубопроводы системы и др.) непосредственно перед включением оборудования в работу после ремонта.

В настоящее время одновременно с этими мероприятиями ведутся изыскания по окраске оборудования антидрейссенными, не обрабатываемыми красками. Принимаются меры предотвращения проникновения живых моллюсков в систему технического водоснабжения с помощью электрических фильтров.

В заключение следует отметить, что механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС, в частности установленное на сороудерживающем сооружении, в целом соответствует своему назначению, кроме этого оно оказалось удобным в эксплуатации и количественно обеспечивает нормальную эксплуатацию всего комплекса сооружений Жигулевской ГЭС. Примененная новая конструкция токосъемника козловых кранов в виде «лыж», подвешенных на портале крана, также полностью себя оправдала. Незначительные неполадки в работе этой конструкции отмечались только во время сильного гололеда. За все годы эксплуатации Жигулевской ГЭС один раз произошло образование шуги на решетках, когда величины

перепада на решетках оказались равными 20–25 см, пропуск шуги, в том случае, был произведен путем подъема сороудерживающих решеток.

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. Савин Д.М. Компоновка механического оборудования гидроэлектростанций. М.: Энергия, 1981. 74 с.
5. Типовая инструкция по эксплуатации механического оборудования гидротехнических сооружений (затворы водопропускных отверстий). М.: Госэнергоиздат, 1989. 19 с.
6. Использование водной энергии / под ред. Ю.С. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1995. 74 с.
7. Михайлов Л.П., Золотов Л.А. Современные проблемы технологии проектирования гидроэлектростанций. М.: МЭИ, 1991. 80 с.
8. 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.
9. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Оценка надежности гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2012. № 1. С. 64–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.12.
10. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Критерии оценки надежности и технического состояния гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2011. № 2. С. 105–108. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.23.
11. Bal'zannikov M.I., Zubkov V.A., Kondrat'eva N.V., Khurtin V.A. Complex Inspection of the Technical Condition of Components of Structures at the Zhigulevsk HPP // Power Technology and Engineering (Springer New York Consultants Bureau). 2013. Т. 47. № 4. Pp. 267–272.

REFERENCES

1. Romanov A.A. Zhigulevskaya GES. Eksploatatsiya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Zhigulevskaya hydroelectric station. Operation of hydraulic structures]. Samara, Publishing House "Agni", 2010. 360 p. book 1.
2. Romanov A.A. Kuybyshevskiy gidrouzel. Istoriya i zhizn' [Kuibyshevsky hydroelectric complex. History and life]. Samara, Art-Layt, 2018. 272 p.
3. Tekhnicheskii otchet o proektirovanii i stroitel'stve Volzhskoy GES imeni V.I. Lenina [Technical Report on Design and Construction of Volzhskaya HPP named after V.I. Lenin], T.2. 1950–1958.

4. Savin D.M. *Komponovka mekhanicheskogo oborudovaniya gidroelektrostantsiy* [Layout of mechanical equipment of hydroelectric power plants]. Moscow, Energy, 1981. 74 p.
5. *Tipovaya instruktsiya po ekspluatatsii mekhanicheskogo oborudovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy (zatvory vodopropusknykh otverstiy)* [Typical Manual for Operation of Mechanical Equipment of Hydraulic Structures (Culverts Gates)]. Moscow, Gosenergoizdat, 1989. 19 p.
6. Vasil'ev Yu.S. *Ispol'zovanie vodnoy energii* [Use of water energy]. Moscow, Energoatomizdat, 1995. 74 p.
7. Mikhaylov L.P., Zolotov L.A. *Sovremennye problemy tekhnologii proektirovaniya gidroelektrostantsiy* [Modern problems of hydroelectric power plant design technology]. Moscow, MEI, 1991. 80 p.
8. 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. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical construction], 2013, no. 6, pp. 21–27. (in Russian)
9. Evdokimov S.V., Dormidontova T.V. Assessment of reliability of hydraulic structures. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2012, no. 1, pp. 64–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.12.
10. Evdokimov S.V., Dormidontova T.V. Criteria for assessing the reliability and technical condition of hydraulic structures. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2011, no. 2, pp. 105–108. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.23.
11. Bal'zannikov M.I., Zubkov V.A., Kondrat'eva N.V., Khurtin V.A. Complex Inspection of the Technical Condition of Components of Structures at the Zhigulevsk HPP. *Power Technology and Engineering* (Springer New York Consultants Bureau), 2013, V. 47, no. 4, pp. 267–272. (in Russian)

Об авторах:

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

ОРЛОВА Алла Алексеевна

старший преподаватель кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: allaorlova5@mail.ru

ORLOVA Alla A.

Senior Lecturer of the Nature Protection and Hydrotechnical Construction Chair Samara State Technical University Architecture and Civil Engineering Academy 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: allaorlova5@mail.ru

Для цитирования: Евдокимов С.В., Орлова А.А. Анализ работы механического оборудования в период эксплуатации гидротехнических сооружений ГЭС // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 51–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.7.

For citation: Evdokimov S.V., Orlova A.A. Analysis of the Operation of Mechanical Equipment during the Operation of Hydro Engineering Facilities of HPP. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 51–55. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.7.

А. А. МИХАСЕК
М. В. РОДИОНОВ
С. К. ГОРБУНОВ

ВЛИЯНИЕ ТИПА КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА

INFLUENCE OF THE TYPE OF FASTENING OF THE SLOPE OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES ON THE REDUCTION OF THE COST OF THEIR CONSTRUCTION

В области крепления откосов гидротехнических сооружений в условиях волновых воздействий мировая строительная отрасль накопила значительный опыт. В статье рассмотрено четыре типа плит крепления откосов: железобетонные плиты, габионы, бетононаполняемые маты и предлагаемые авторами решения из крупнопористого бетона на щебне и переработанном бое бетона. Статья посвящена технико-экономическому обоснованию наиболее распространённых типов крепления откосов гидротехнических сооружений. При выполнении обоснования учитывались следующие характеристики крепления: толщина крепления из условия обеспечения их устойчивости, границ крепления, затраты ресурсов на устройство одного квадратного метра крепления. Наиболее значимыми результатами исследования является получение технико-экономических показателей нового типа плит крепления и их сравнение с другими вариантами.

Ключевые слова: гидротехническое строительство, крепление откоса, крупнопористый бетон, битум

Отечественная и зарубежная строительные отрасли накопили значительный опыт в области крепления откосов гидротехнических сооружений в условиях волновых воздействий [1, 2]. Современные типы креплений откосов гидротехнических сооружений могут изготавливаться как серийно, так и на строительной площадке. Наиболее распространёнными типами креплений являются железобетонные плиты, габионные конструкции, а в последние десять лет широкое распространение получили бетононаполняемые маты типа Incomat Flex (рис. 1).

На основе анализа современных решений предложена новая конструкция крепления [3] – плита из крупнопористого бетона (КПБ), проливаемая битумом (рис. 1 и 2).

Любой вид строительства, в том числе и гидротехническое, ограничен финансовыми и временными ресурсами. В связи с этим выбор надежной, но в то же время экономичной

In the field of fixing the slopes of hydraulic structures in the conditions of wave impacts, the world construction industry has accumulated considerable experience. The article considers four types of slope mounting plates: reinforced concrete slabs, gabions, concrete-filled mats and fasteners made of coarse-pored concrete (crushed stone and recycled broken concrete). The article is devoted to the feasibility study of the most common types of fastening of slopes of hydraulic structures. When performing the justification, the following fastening characteristics were taken into account: the thickness of the fastening from the condition of ensuring their stability, the boundaries of the fastening, the cost of resources for the device of one square meter of fastening. The most significant results of the study are the obtaining of technical and economic indicators of a new type of fastening plates and their comparison with other options.

Keywords: hydrotechnical construction, fixing the slope, coarse-pored concrete, bitumen

конструкции крепления является актуальной задачей. Настоящая работа посвящена оценке влияния различных типов крепления откоса гидротехнических сооружений на стоимость их строительства. При выполнении технико-экономического обоснования предложено учитывать не только удельные показатели стоимости строительства, но и влияние изменений границ крепления откоса.

Работа выполнена на основании как теоретических методов исследования с использованием эмпирических данных [4–6], так и с учетом экспериментальных данных, полученных авторами в лаборатории кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарского государственного технического университета [7].

В основе экономического сравнения типов креплений грунтовых откосов лежит критерий обеспечения минимума затрат на возведение сооружения:

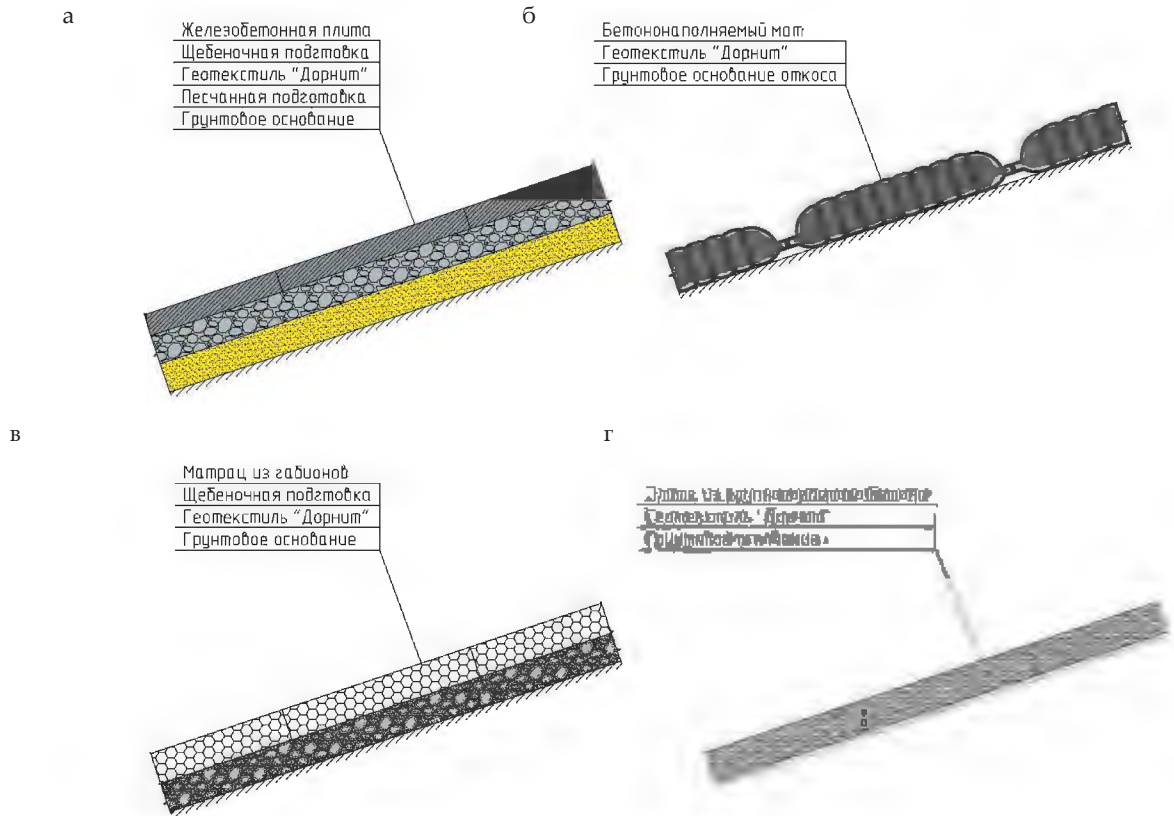


Рис. 1. Схемы конструктивных решений крепления откоса, принятых к рассмотрению:
 а – плита из железобетона; б – бетононаполняемый мат типа Incomat Flex;
 в – матрац габионной системы; г – плита из крупнопористого бетона

$$\Xi_{\phi} = 3 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Ξ – затраты на устройство крепления, которые в свою очередь определяются следующим образом:

$$\Xi = \Xi_v + \Xi_m, \quad (2)$$

где Ξ_v – затраты от объемов выполняемых работ, руб.;

Ξ_m – затраты на строительные материалы, руб.



Рис. 2. Экспериментальный образец плиты из крупнопористого бетона, пролитого битумом

На величину затрат в первую очередь значительно влияют границы крепления. Так, изменение типа крепления влияет в основном на отметку верха крепления, потому что отметка низа от него не зависит. Согласно СП 38.13330.2018 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)», данная отметка определяется суммой значений максимального уровня воды и превышения (возвышения) над ним, исключаящих перелив через верх крепления. Превышение верха крепления определяется суммой значений ветрового нагона, высоты наката волн на откос и конструктивного запаса.

Проанализировав расчеты, выполненные авторами по объектам берегоукрепления, установлено, что наиболее значимым параметром является высота наката волн на откос, которая определяется по СП 38.13330.2018:

$$h_{\text{run}} = k_r \times k_p \times k_{sp} \times k_{\text{run}} \times k_i \times k_{\alpha} \times h_{1\%}. \quad (3)$$

Ключевыми параметрами в данном расчете, помимо высоты волны, являются коэффициенты шероховатости k_r и проницаемости

k_r крепления откоса. Необходимо обратить внимание, что коэффициенты шероховатости и проницаемости зависят от типа крепления и определяются в зависимости от значений относительной шероховатости поверхности крепления. В свою очередь относительная шероховатость поверхности принимается в соответствии со значением отношения характерного размера шероховатости крепления к высоте волны 1 %-й обеспеченности (СП 38.13330.2018).

Кроме того, затраты определяются толщиной крепления, которая зависит от выбранного типа крепления. Для определения толщины железобетонных плит и крупнопористого бетона использовалась формула СН 288-64 (СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов» ROCK fill dams. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84*), для габионных конструкций – рекомендации ВСН-АПК 2.30.05.001-2003 [8], а бетононаполняемых матов типа Incomat Flex согласно [9].

На основании анализа теоретической части было выявлено, что затраты на материалы и виды работ зависят, с одной стороны, от геометрических параметров крепления, а с другой – от типа материала крепления, его объема и технологии укладки.

Для сравнения типов креплений в качестве натурального объекта был выбран напорный откос грунтовой плотины Кутулукского водохранилища Богатовского района Самарской области [10]. Данный объект уже рассматривался ранее [7] для обоснования крепления с использованием бетононаполняемых матов, где была предложена методика исследования влияния геометрической формы бетононаполняемых матов типа Incomat Flex на коэффициент шероховатости k_r . Проведенные

аналогичные исследования по определению величины k_r для крупнопористого бетона на заполнителе фр. 5-20 мм показали, что он составляет 0,73.

Кутулукское водохранилище имеет следующие параметры: ФПУ – 68,77 мБС, НПУ – 67,50 мБС; глубина воды – 15,3 м; скорость ветра – 20 м/с; длина разгона – 8270 м; угол между продольной осью водоема и направлением ветра – 85°; заложение откоса – 1:2,5 (22°); длина волны – 12,7 м.

В результате расчета отметки верха крепления по методикам, изложенным в СП 38.13330.2018 и СП 39.13330.2012, для разных видов крепления откоса были получены следующие значения:

- железобетонные плиты – 70,200 мБС;
- бетононаполняемые маты – 69,95 мБС;
- плиты из крупнопористого бетона и габионные конструкции – 68,70 мБС.

В соответствии с методиками, изложенными в теоретической части работы, были определены толщины крепления при высоте волны 1,05 м:

- железобетонные плиты – 0,17 м;
- крупнопористый бетон – 0,32 м;
- бетононаполняемые маты – 0,17 м;
- габионные крепления – 0,17 м.

Результаты определения объемов работ и расчет их стоимостей [11-16] для рассматриваемых типов креплений произведены на один квадратный метр и представлены в табл. 1-4.

Таким образом, при средней высоте рассматриваемой плотины в 9,0 м [10] снижение стоимости крепления в сравнении с железобетонными плитами для бетононаполняемых матов с учетом длины крепления составит 0,37 %, по объему грунта – 11,1 %, для плит крепления из крупнопористого бетона и габионных конструкций значения равны и соответствуют 16,6 и 27,44 %.

Таблица 1

Затраты на устройство крепления из железобетона (в ценах 2001 г.)

Материал	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, руб.	
				материалов	работ
Геотекстиль	[16] 27-04-016-05	м ²	1	12.48	1.47
Щебень	[16] 42-01-001-01	м ³	0.15	0.07	0.52
Бетон	[16] 06-01-001-01, калькуляция	м ³	0.17	124.61	99.59
Арматура	[16] 37-01-030-02	т	0.007	40.28	2.30
Опалубка	[16] 37-01-022-03	м ²	0.034	34.35	30.99
Устройство деформационных швов	[16] 42-01-015-03	п.м	1	49.49	61.10
Транспортные расходы					261.29
Итого				718.57	

Таблица 2

Затраты на устройство крепления с применением бетононаполняемых матов (в ценах 2001 г.)

Материал	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, руб.	
				материалов	работ
Геотекстиль	[16] 27-04-016-05	м ²	1	12.48	1.47
Бетон	[16] 06-01-001-01, калькуляция	м ³	0.17	130.84	99.59
Бетононаполняемый мат	Прайс	м ²	1.15	162.95	1.7
Транспортные расходы					306.27
Итого				715.30	

Таблица 3

Затраты на устройство крепления с применением габионных конструкций (в ценах 2001 г.)

Материал	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, руб.	
				материалов	работ
Геотекстиль	[16] 27-04-016-05	м ²	1	12.48	1.47
Щебень	[16] 42-01-001-01	м ³	0.1	0.05	0.35
Устройство габионов	[16] 30-08-048-01	м ²	1	266.53	168.69
Транспортные расходы					279.06
Итого				728.63	

Таблица 4

Затраты на устройство крепления из крупнопористого бетона (в ценах 2001 г.)

Материал	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, руб.	
				материалов	работ
Геотекстиль	[16] 27-04-016-05	м ²	1	12.48	1.47
Бетон	[16] 06-01-001-01, калькуляция	м ³	0.32	199.39	123.20
Бетон из отходов	[16] 06-01-001-01, калькуляция	м ³	0.32	74.14	123.20
Укладка битума	[16] 27-06-026-01	кг	82.56	122.58	3.13
Опалубка	[16] 37-01-022-03	м ²	0.064	64.67	58.34
Транспортные расходы					260
Итого КПБ без битума				896.17	
Итого КПБ с битумом				957.95	
Итого КПБ из отходов с битумом				707.45	

Выводы. 1. Выбор надежной, но в то же время экономичной конструкции крепления является актуальной задачей. В настоящее время этим требованиям соответствуют следующие строительные системы: железобетонные плиты, габионные конструкции, а в последние десять лет широкое распространение получили бетононаполняемые маты типа Incomat Flex.

2. В качестве конкурентоспособного варианта предложена конструкция с использованием плит из крупнопористого бетона.

3. Толщины крепления зависят от типа материала крепления и при высоте волны 1,05 м могут быть рекомендованы в пределах: для же-

лезобетонных плит – 0,17 м, крупнопористого бетона – 0,32 м, бетононаполняемых матов – 0,17 м; габионных креплений – 0,17 м.

4. Затраты на материалы и виды работ зависят, с одной стороны, от геометрических параметров крепления, а с другой – типа материала крепления, его объема и технологии укладки.

5. Для бетононаполняемых матов экономия по длине крепления по сравнению с гладкими бетонными плитами составит 0,37 %, по объему грунта – 11,1 %, для плит крепления из крупнопористого бетона или габионных конструкций значения равны и соответствуют 16,6 и 27,44 %.

6. По затратам на материалы стоимость крепления из крупнопористого бетона, выполненного из отходов, является наименее затратной – 707,45 руб. на 1 м² в ценах 2001 г. Использование бетононаполняемых матов обладает существенным преимуществом, а именно такая технология предусматривает их укладку непосредственно в воду, что при сравнении вариантов не учитывалось.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шайтан В. С. Рекомендации по проектированию железобетонных и каменнотрапных креплений откосов земляных сооружений и берегов внутренних водоемов. М.: ВНИИ «ВОДГЕО», 1979. 184 с.
2. Engineering in the Water Environment Good Practice Guide. Bank Protection: Rivers and Lochs [Electronic resource]. – URL: https://www.sepa.org.uk/media/150971/wat_sg_23.pdf (date of treatment: 03.12.2021).
3. Andrey Mikhasek, Boris Ivanov. Modified composite material developed on the basis of no-fines asphalt concrete // MATEC Web of Conferences. 2017, V.106, article number 03022 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603022> The possibility of using materials based on secondary gravel in civil construction / _MATEC Web of Conferences 106,04018.
4. Дышко Е. И., Красножон Г. Ф. Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям. СН 288-64. М.: Стройиздат, 1965. 133 с.
5. Шабанов А. Д., Шабанов В. А., Шабанов Л. А., Кичигина Н. Я. Расчет железобетонных плит крепления напорных откосов земляных сооружений. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1987. 139 с.
6. Крепление железобетонными плитами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://svaika.ru>. (дата обращения: 31.10.2021).
7. Рызов С. А., Родионов М. В. Модельные исследования наката волн на новые типы берегозащитных конструкций/ SCIENCE NEWS OF EASTERN TECHNICAL UNIVERSITIES. Польша, Люблин. 2016. №2. С. 15–22.
8. ВСН-АПК 2.30.05.001-2003. Мелиорация. Руководство по защите земель, нарушенных водной эрозией. Габрионные конструкции противозерозионных сооружений / Минсельхоз России. М., 2003. 100 с.
9. Отчет НИР инв. № 13-1963 от 01.10.2015. Исследование матов Incomat® Flex на устойчивость к ледовым нагрузкам/ СГАСУ. Самара, 2015. 127 с.
10. Разработка проекта правил использования Кутулукского водохранилища (И-12-113). Пермь, 2013. 86 с.
11. Индексы Минстроя РФ на 3 квартал 2021 года к ФЕР/ТЕР [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.i-tat.ru>. (дата обращения: 31.10.2021).
12. Цена на щебень в Самаре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rudadar.ru>. (дата обращения: 31.10.2021).

13. Цемент. Строительные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.stroymatnn.ru>. (дата обращения: 31.10.2021).

14. Тарифы на воду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tarif-zkh.ru>. (дата обращения: 31.10.2021).

15. Стоимость вторичного щебня. Нерудные строительные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://granitstroj.ru>. (дата обращения: 31.10.2021).

16. Список сборников расценок ФЕР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.defsmeta.com>. (дата обращения: 31.10.2021).

REFERENCES

1. Shaytan V. S. *Rekomendatsii po proyektirovaniyu zhelezobetonnykh i kamenonabrosnykh kreplenyi otkosov zemlyanykh sooruzheniy i beregov vnutrennikh vodoyemov* [Recommendations for the design of reinforced concrete and rockfill fastenings for slopes of earthworks and banks of inland waters]. Moscow, 1979. 184 p.
2. Engineering in the Water Environment Good Practice Guide. Bank Protection: Rivers and Lochs (2021). Available at: https://www.sepa.org.uk/media/150971/wat_sg_23.pdf (accessed 3 December 2021).
3. Mikhasek A., Ivanov B. Modified composite material developed on the basis of no-fines asphalt concrete. MATEC Web of Conferences, 2017, Vol.106, article number 03022. Available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603022> The possibility of using materials based on secondary gravel in civil construction / _MATEC Web of Conferences 106, 04018.
4. Dyshko E. I., Krasnozhen G. F. *Ukazaniya po proektirovaniyu gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, podverzhennykh volnovym vozdeystviyam. SN 288-64* [Building codes SN 288-64 Guidelines for the design of hydraulic structures affected by wave effects]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1965. 133 p.
5. Shabanov A. D., Shabanov V. A., Shabanov L. A., Kichigina N. YA. *Raschet zhelezobetonnykh plit krepleniya napornykh otkosov zemlyanykh sooruzheniy* [Calculation of reinforced concrete slabs for fastening pressure slopes of earthworks]. Saratov, Saratovskiy Univ., 1987. 139 p.
6. *Krepleniye zhelezobetonnyimi plitami* [Fastening with reinforced concrete slabs]. Available at: <http://svaika.ru/krepleniye-zhelezobetonnyimi-plitami> (accessed 31 October 2021).
7. Ryzhov S. A., Rodionov M. V. Simulation studies of wave setup on new types of bank protection structures. *Gidrotekhnicheskoye stroitelstvo* [Hydrotechnical construction], 2016 no. 2, pp. 15-22. (in Russian).
8. VSN-APK 2.30.05.001-2003. *Melioraciya. Rukovodstvo po zashchite zemel', narushennykh vodnoy eroziej. Gabionnye konstrukcii protiverozionnykh so-oruzhenij / Minsel'hoz Rossii* [Departmental building codes in the agro-industrial complex VSN-APK 2.30.05.001-2003. Reclamation. Guidelines for the protection of lands disturbed by water erosion. Gabion structures of anti-ero-

sion structures]. Moscow, Ministry of Agriculture of Russia Publ., 2003. 100 p.

9. Otchet NIR inv. № 13-1963 ot 01.10.2015. *Issledovanie matov Incomat® Flex na ustojchivost' k ledovym nagruzkam/ SGASU* [Study of Incomat® Flex mats for resistance to ice loads. Research work]. Samara, 2015. 127 p.

10. *Kutulukskoye vodokhranilishche* [Kutulukskoye reservoir]. Available at: <https://www.sites.google.com/site/enciklopediasamarskojoblastit2/home/gidrographia/kutulukskoe-vdhr> (accessed 31 October 2021).

11. *Indeksy Ministroya RF na 3 kvartal 2021 goda k FER/TER* [Indices of the Ministry of Construction of the Russian Federation for the 3rd quarter of 2021 to FER/TER]. Available at: <https://www.i-tat.ru/base/355.html> (accessed 31 October 2021).

12. *Tsena na shcheben v Samare* [The price of crushed stone in Samar]. Available at: <https://rudadar.ru/sam/sheben-samara> (accessed 31 October 2021).

13. *Tsement. Stroitelnyye materialy* [Cement. Building materials]. Available at: <https://www.stroymatnn.ru/index.php> (accessed 31 October 2021).

14. *Tarifny na vodu* [Water rates]. Available at: <https://tarif-zkh.ru/samara/voda-v-samare/> (accessed 31 October 2021).

15. *Stoimost vtorichnogo shchebnya. Nerudnyye stroitelnyye materialy* [The cost of secondary gravel. Non-metallic building materials]. Available at: <https://granit-stroi.ru/shheben/shheben-vtorichnyj/> (accessed 31 October 2021).

16. *Spisok sbornikov rastsenok FER* [List of FER price books]. Available at: https://www.defsmeta.com/rfer14/fer_06/fer-06-01-001-01.php (accessed 31 October 2021).

Об авторах:

МИХАСЕК Андрей Александрович

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

MIKHASEK Andrey A.

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

РОДИОНОВ Максим Владимирович

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

RODIONOV Maksim V.

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

ГОРБУНОВ Сергей Константинович

магистрант 2 курса по направлению «Гидротехническое строительство» Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: sergey-gorbunov-1998@mail.ru

GORBUNOV Sergey K.

Master's Degree Student in the field of the Hydraulic Engineering Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: sergey-gorbunov-1998@mail.ru

Для цитирования: Михасек А.А., Родионов М.В., Горбунов С.К. Влияние типа крепления откоса гидротехнических сооружений на снижение стоимости их строительства // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 56–61. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.8.

For citation: Mikhasek A.A., Rodionov M.V., Gorbunov S.K. Influence of the Type of Fastening of the Slope of Hydrotechnical Structures on the Reduction of the Cost of Their Construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 56–61. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.8.

Г. В. ОРЕХОВ**ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ АЭРАЦИИ ОТКРЫТЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ****HYDROMECHANICAL METHOD OF AERATION OF OPEN WATER BODIES UNDER CONDITIONS OF URBAN DEVELOPMENT**

Открытые водные объекты на территориях с плотной городской застройкой испытывают повышенное антропогенное воздействие и в связи с этим нуждаются в восстановительных работах, реконструкции и поддержании нормативного санитарного состояния воды. Многие из них являются замкнутыми, не имеющими проточности. В статье рассматриваются технические подходы для поддержания кислородного режима водных массивов городских водоёмов, являющегося важнейшим показателем, определяющим нормализацию биологических процессов, происходящих в водной среде. В настоящее время единственным способом поддержания необходимых гидробиологических характеристик водоёмов на урбанизированных территориях является создание специальных гидротехнических систем искусственной струйной аэрации водных массивов и циркуляционных течений в таких объектах.

Ключевые слова: городские водные объекты, контр-вихревые течения, гидравлические расчёты, математические модели течений

Многочисленные природные открытые водные объекты являются сложными многоуровневыми экосистемами [1–3]. Это прямым образом относится и к городским водным объектам, которые являются неотъемлемыми элементами геосистемных образований, то есть ландшафтов. Однако водные объекты, расположенные на территориях, с плотной городской застройкой, испытывают дополнительные, по отношению к природным, воздействия негативного характера. Наблюдаемый сейчас интенсивный процесс урбанизации территорий создаёт сложную совокупность взаимосвязанных между собой проблем городской среды. Это в первую очередь загрязнение среды обитания: воздуха, почвы, воды. При этом на первое место можно поставить городские водные объекты, которые страдают от загрязнения в большей степени [4]. Реки, озёра, пруды на городских территориях постоянно испытывают воздействие процессов урбанизации как фактора техногенеза. Перечисленные водные объекты по существу превращаются в приёмники

Open water bodies in areas with dense urban development experience an increased anthropogenic impact and, therefore, need restoration work, reconstruction and maintenance of the normative sanitary state of water. Many of them are closed, without flow. The article discusses technical approaches for maintaining the oxygen regime of urban water bodies, which is the most important indicator that determines the normalization of biological processes occurring in the aquatic environment. At present the only way to maintain the necessary hydrobiological characteristics of water bodies in urbanized areas is to create special hydraulic systems for artificial jet aeration of water bodies and circulation currents in such objects.

Keywords: urban water bodies, counter-eddy currents, hydraulic calculations, mathematical models of flows

загрязняющих веществ, поступающих со сточными и поверхностными водами [5–7].

Можно утверждать, что состояние подавляющего большинства водоёмов, расположенных на урбанизированных территориях, экологически неполноценны и не могут самостоятельно поддерживать естественную эволюцию, сформировавшуюся в результате длительного срока и создающую биологическое разнообразие и равновесие.

Многие городские водные объекты (число их постоянно увеличивается) находятся в таком состоянии, что одни только природоохранные меры не могут существенно изменить ситуацию к лучшему. В настоящее время ведётся большая работа по восстановлению и реконструкции городских водных объектов, часть из которых имеет историческое значение. Эта работа заключается в основном в одноразовом оздоровлении водоёма [8]. В этот комплекс работ, как правило, входят: очистка донных отложений, укрепление береговых откосов, проведение ландшафтных работ. Но через достаточно

короткий промежуток времени водоём вновь снижает свои санитарно-экологические показатели. Следовательно, возникает необходимость создания новых подходов системного характера, позволяющих при планировании работ по восстановлению водных объектов в условиях плотной городской застройки осуществлять комплексное решение экологических и инженерно-мелиоративных задач.

Устойчивое улучшение экологического состояния городских водных объектов может быть достигнуто только за счет совершенствования технологий очистки и разработки принципов и эффективных способов экологического регулирования. Одним из таких подходов является создание инженерных систем по поддержанию в водоёме растворённого кислородного баланса, который уже сам по себе является одним из главных показателей нормального санитарного состояния воды, позволяющего поддерживать на должном уровне биоразнообразие водного массива [9].

Приводятся материалы по созданию гидромеханической системы насыщения водных масс кислородом воздуха и одновременному созданию циркуляционного движения этих масс. В основу положен контрвихревой струйный аэратор, позволяющий создать условия максимального возможного насыщения кислородом воздуха струи воды, которая за счёт своей кинетической энергии формирует циркуляционное течение в водоёме [10]. Приводится алгоритм гидравлического расчёта контрвихревого аэратора, который позволяет определить его основные геометрические характеристики и параметры аэрированной струи.

Далее, зная кинетическую энергию падающей струи аэратора, необходимо определить:

- количество струйных аэраторов для установки в конкретном водоёме;
- координаты установки устройств в акватории;
- ориентацию падающих аэрированных струй по сторонам света для организации направленного движения водных масс (создания циркуляции).

Указанные выше параметры необходимо связать с батиграфической характеристикой водоёма и геометрией акватории. В результате оптимального соотношения вышеуказанных параметров должно быть найдено минимальное энергопотребление всей инженерной системы аэрации, состоящей из насосной системы, подающих трубопроводов, контрвихревых аэраторов. Важную роль в решении этой оптимизационной задачи играет математическое моделирование движения водных масс в водоёме в результате работы аэраторов, с помощью

которого при проектировании инженерной системы аэрации водоёма, определяется наилучший эксплуатационный вариант [11].

Задача разбивается на две основные части. Первая часть – способ доставки кислорода воздуха в прорабатываемый водный массив. Для контрвихревых струйных систем кислород воздуха в воду транспортируется точечно, струей. Вторая часть – распределить растворённый в воде кислород в массиве таким образом, чтобы его концентрация (количество растворённого кислорода в единице объёма) была примерно одинаковой и соответствовала нормативным требованиям. Она решается путём массопереноса искусственно созданным течением за счёт кинетической энергии струи аэратора.

Таким образом, помимо аэраторов, которые доставляют кислород воздуха и создают течение в водоёме, необходимо бы количество аэраторов применительно к конкретному водоёму с его батиграфическими и топографическими характеристиками, координаты установки аэраторов в акватории водного объекта и вектор направления (ориентация по сторонам света) действия струй, формирующих течение. Течение в замкнутом водоёме при наличии нескольких струй будет представлять собой циркуляцию водных масс в границах водоёма.

Для решения поставленной задачи необходимо знать основные гидравлические характеристики контрвихревого аэратора, которые определяются расчётом, основанным на экспериментальных исследованиях (физическое моделирование) контрвихревых систем [12]. Инструментом, с помощью которого можно расчётным путём определить оптимальную кинематику течения воды, концентрацию растворённого кислорода, является математическое моделирование, с помощью которого, задаваясь начальными и граничными условиями, подбирается наиболее оптимальная для конкретного водоёма инженерная система струйной аэрации, обеспечивающая минимальное потребление электроэнергии из городской сети.

Принцип работы контрвихревого струйного аэратора основан на эффектах взаимодействия двух (или более) противоположно вращающихся и коаксиально расположенных закрученных потоков воды [13]. Один эффект связан с образованием полости разрыва сплошности потока с пониженным давлением (ниже атмосферного). Область разрыва сплошности потока формируется в зоне оси устройства. Другой эффект генерирует чрезвычайно высокую степень турбулентности в круглоцилиндрической камере взаимодействия двух

потоков – в камере смешения воды и воздуха. В камере происходит интенсивная аэрация водного потока. Эжектирующая способность контрвихревого аэратора прямым образом связана с величиной вакуума. Уровень турбулизации потока отвечает за степень диспергирования воздушной фазы аэрированной струи, выходящей из устройства.

Течение внутреннего и внешнего закрученных потоков воды в контрвихревом аэраторе происходит в виде двух обособленных кольцевых течений, показанных на рис. 1. Их геометрические параметры следующие: r_1 и r_2 – наружные радиусы соответственно внутреннего и внешнего закрученных потоков, $r_{я1}$ и $r_{я2}$ – радиусы паровоздушного ядра этих потоков. Кольцевые течения состоят из воды, а в приосевых зонах этих течений находятся паровоздушные массы. В концевой точке разделительного пагубок (точка А на рис. 1) внутренний и внешний противоположно закрученные потоки встречаются и начинают взаимодействовать в цилиндрической камере смешивания с радиусом $r_1 = R_{кв}$. В камере смешивания за счёт сил вязкости генерируется повышенная турбулентность, которая приводит к интенсивной аэрации водного потока мелкодисперсными пузырьками воздуха. При этом многократно ускоряется процесс растворения кислорода воздуха в воде за счёт резкого увеличения площади контакта газовой и жидкостной фаз.

Площади проточной части внутреннего и внешнего закрученных потоков, занятых водой, соответственно составляют:

$$W_1 = W'_1 \pi r_1^2 \text{ и } W_2 = W'_2 \pi r_2^2, \quad (1)(1')$$

где W' – коэффициент площади, занятой водой,

$$W'_1 = \frac{\pi(r_1^2 - r_{я1}^2)}{\pi r_1^2} = 1 - \frac{r_{я1}^2}{r_1^2} \quad (2)(2')$$

и

$$W'_2 = \frac{\pi(r_2^2 - r_{я2}^2)}{\pi r_2^2} = 1 - \frac{r_{я2}^2}{r_2^2}.$$

Расход одного завихрителя, формирующего внутренний и внешний закрученные потоки 1 или 2 равен

$$Q = m \pi r^2 \sqrt{2gH}. \quad (3)$$

В (3) m – коэффициент расхода, H – действующий напор, g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Коэффициент расхода для внутреннего закрученного потока обозначим как m_1 , а внешнего – m_2 . Коэффициент расхода всего потока на выходе из аэратора – m .

Момент количества движения каждого из двух закрученных потоков, создаваемых завихрителем, при радиусе центра тяжести выходного сечения этого завихрителя относительно продольной оси (оси симметрии) аэратора

$$M = \rho Q u_r r_i. \quad (4)$$

Здесь

$$u_r = m A \sqrt{2gH}, \quad (5)$$

где A – геометрическая характеристика завихрителя, которая, например, для тангенциального типа выражается зависимостью

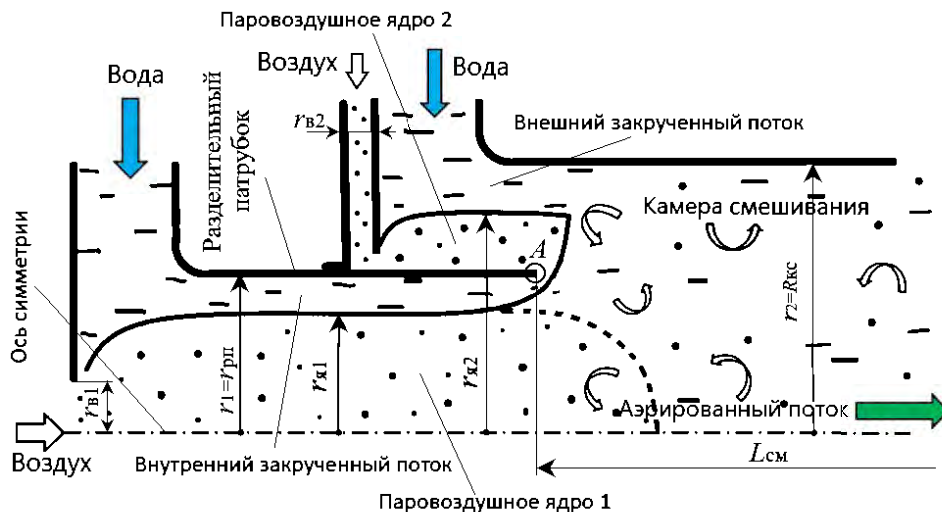


Рис. 1. Схема течения в контрвихревом аэраторе

$$A = \frac{\pi r \left(r + \frac{a}{2} \right)}{ab}. \quad (6)$$

В формуле (6) a и b – размеры входного поперечного сечения завихрителя [10].

Используя основные соотношения (1–6), выполняют расчет проточной части аэратора методом последовательных приближений с использованием графиков, построенных предварительно на основании методических расчетов.

В основу расчёта закладываются условия, связанные с различными видами течений, присутствующих на различных участках проточной части аэратора: продольно-осевое (течение Пуазеля), продольно-циркуляционное (закрученное), спутное и на выходе из камеры смешивания вновь продольно-осевое. Это следующие условия:

– соблюдение закона неразрывности для общего потока воды, формируемого внутренним и внешним закрученными потоками

$$Q = Q_1 + Q_2; \quad (7)$$

– обеспечение достаточно полного гашения энергии циркуляции воды на выходе из аэратора, которое достигается при отношении моментов количества движения (4) внутреннего и внешнего противоположно закрученных потоков воды

$$k = \frac{M_1}{M_2} = 0,8 - 1,2; \quad (8)$$

– обеспечение требуемого коэффициента эжекции в диапазоне

$$k_{эж} = \frac{Q_в}{Q} = 0,5 - 2,0, \quad (9)$$

где $Q_в$ – объёмный расход воздуха, поступающего в аэратор.

Обозначим

$$k = \frac{r_2}{r_1}, \quad (10)$$

при этом k назначается в пределах 0,7-0,8.

Для выполнения гидравлического расчета вихревого аэратора (определения гидравлических и геометрических характеристик завихрителей и камеры смешивания) требуются следующие исходные данные:

– давление воды $P_{вх}/\rho g$ на входе в аэратор, которое создаёт насосная система. В случае истечения струи воды из аэратора не в атмосферу, а под уровень воды в прорабатываемом

водоёме, необходимо учитывать глубину погружения выходного устройства – H_s ;

– расход воды Q , проходящий через аэратор;

– средняя по сечению скорость водовоздушного потока $V_{вв}$ на выходе из камеры смешивания;

– коэффициент эжекции воздуха $k_{эж}$, определяющий требуемую среднюю плотность водовоздушного потока $\rho_{вв}$ на выходе из камеры смешивания.

В ходе гидравлического расчета определяются:

– диаметр камеры смешивания $D_{кв} = 2r_2$;

– размеры входного сечения каждого из завихрителей, a и b ;

– расход воды, пропускаемой каждым завихрителем, Q_1 и Q_2 ;

– диаметр воздушного ядра каждого из закрученных потоков, $r_{я1}$ и $r_{я2}$;

– диаметры разделительного патрубка,

$r_{рп} = r_1$ и воздуховодов, $r_{в1}$ и $r_{в2}$.

Согласно [13], для решения задачи используются соотношения:

$$m_1^2 A_1 r_1^3 = k m_2^2 A_2 r_2^3; \quad (11)$$

$$m_1 = \frac{W'_1 \sqrt{W'_1}}{\sqrt{2 - W'_1}}; \quad m_2 = \frac{W'_2 \sqrt{W'_2}}{\sqrt{2 - W'_2}}; \quad (12)(12')$$

$$A_1 = \frac{1 - W'_1}{W'_1} \sqrt{\frac{2}{W'_1}}; \quad A_2 = \frac{1 - W'_2}{W'_2} \sqrt{\frac{2}{W'_2}}. \quad (13)(13')$$

Составляется замкнутая система нелинейных уравнений:

$$\frac{W'_1 \sqrt{W'_1}}{\sqrt{2 - W'_1}} + \frac{k W'_2 \sqrt{W'_2}}{\sqrt{2 - W'_2}} - m = 0; \quad (14)$$

$$\frac{W'_1 \sqrt{W'_1} (1 - W'_1)}{2 - W'_1} - \frac{k^3 W'_2 \sqrt{W'_2} (1 - W'_2)}{2 - W'_2} = 0.$$

$$K_{эж} = \frac{k^2 W'_2 \sqrt{W'_2} (2 - W'_1)}{W'_1 \sqrt{W'_1} (2 - W'_1) + k^2 W'_2 \sqrt{W'_2} (2 - W'_1)} \left(\frac{1}{W'_2} - 1 \right). \quad (15)$$

Скорость водовоздушного потока на выходе из камеры смешения будет равна:

$$V_{см} = (1 + k_{эж}) m \sqrt{2gH}. \quad (16)$$

При решении задачи определения геометрической формы и размеров аэратора имеется в виду, что при заданной комбинации параметров m , $k_{эж}$, k система (15) имеет однозначное

решение при условии, что W'_1 и W'_2 являются действительными положительными числами, меньшими единицы.

По результатам методических расчетов построены графики на рис. 2, по которым производятся графоаналитические расчеты параметров контрвихревых аэраторов.

В результате определяются значения: относительных площадей живых сечений двух закрученных потоков – W'_1 и W'_2 , коэффициентов расхода завихрителей – m_1 и m_2 , геометрических характеристик завихрителей – A_1 и A_2 , расходов воды, проходящих через каждый завихритель – Q_1 и Q_2 , а также относительных радиусов паровоздушного ядра внутри потока и на торцевой стенке завихрителя – $\bar{r}_{я1}$, $\bar{r}_{я2}$, $\bar{r}_{я ст 1}$, $\bar{r}_{я ст 2}$.

Относительный радиус ядра закрученного потока внутри потока определяется по формуле

$$\bar{r}_{яi} = \frac{r_{яi}}{R_i} = \sqrt{1 - W'_i}. \quad (17)$$

Относительный радиус паровоздушного ядра закрученного потока на торцевой стенке внутреннего завихрителя составляет

$$\bar{r}_{я ст 2} = \frac{r_{я ст 2}}{R_2} = (1 - W'_2) \sqrt{\frac{2}{2 - W'_2}}. \quad (18)$$

При этом W'_2 определяется по формуле

$$W'_2 = \left(\sqrt[3]{\frac{A_2}{2\sqrt{2}} + \sqrt{\frac{A_2^2}{8} - \frac{1}{27}}} + \sqrt[3]{\frac{A_2}{2\sqrt{2}} - \sqrt{\frac{A_2^2}{8} - \frac{1}{27}}} \right)^{-2}. \quad (19)$$

Относительный радиус воздуховода для подачи атмосферного воздуха в центр внутреннего закрученного потока должен отвечать условию

$$\frac{r_{я1}}{r_1} \leq \bar{r}_{я ст 2}. \quad (20)$$

Изложенная последовательность расчета позволяет определить основные геометрические размеры устройства и гидравлические параметры. Однако следует учесть, что в инженерных системах водооборота и аэрации городских водных объектов давление воды на входе в завихрители контрвихревых аэраторов должно приниматься примерно одинаковым и минимальным, определяемым требованиями устойчивой и эффективной работы аэраторов. По результатам многочисленных экспериментов, на входе в аэратор вполне достаточно иметь давление воды, не превышающее 8-10 м вод. ст. [10]. В дополнение к этому надо отметить, что многие городские водоёмы достаточно близки по своим батиграфическим характеристикам, и насосные системы для создания искусственной аэрации развивают примерно одинаковый напор. Аэраторы, рассчитанные на это давление, будут иметь геометрически подобную форму проточной полости, независимо от их производительности, а последняя будет определять лишь абсолютные размеры аэратора.

Принцип подобия аэраторов, аналогичный принципу подобия гидравлических турбин [14], позволяет существенно упростить процесс их проектирования, заменяя сложный гидравлический расчет подбором аэратора, геометрически подобного рассчитанному ранее на такое же входное давление.

Формула подобия аэраторов имеет вид

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2, \quad (21)$$

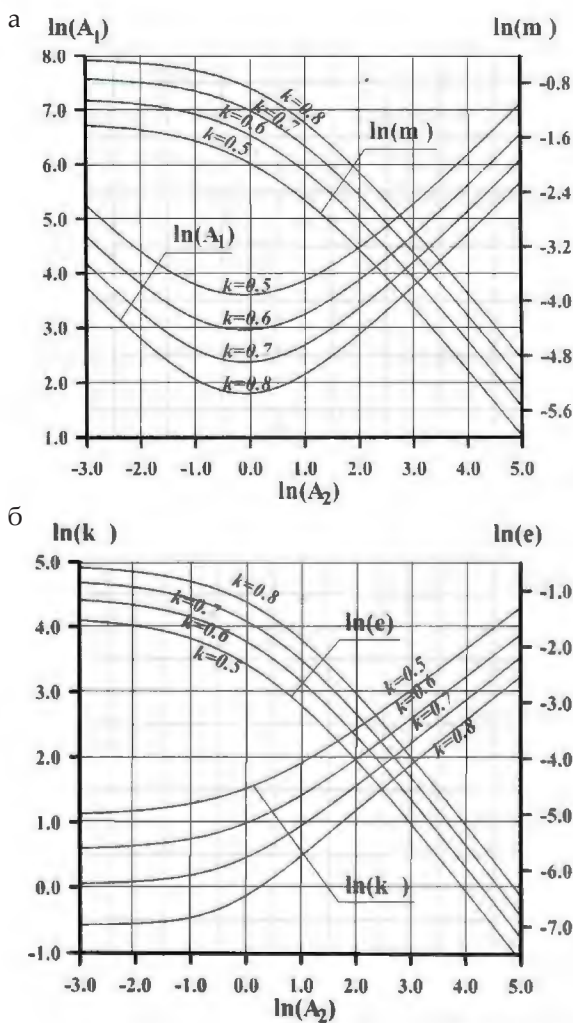


Рис. 2. Номограммы для графоаналитического определения параметров аэратора:
 а – параметры $\ln(A_1)$ и $\ln(m)$ в функции $\ln(A_2)$;
 б – параметры $\ln(k)$ и $\ln(e)$ в функции $\ln(A_2)$

где Q – производительность аэратора по воде; H – действующий напор на входе в аэратор; D – характерный размер вихревого аэратора, за который целесообразно принимать диаметр камеры смещения $D_{\text{кв}} = 2r_2$ (см. рис. 1). Индекс 1 в (21) относится к известному (ранее рассчитанному) аэратору, индекс 2 – к новому проектируемому, размеры которого отличны от известного.

Учитывая сказанное выше, можно принять без особых погрешностей в расчёте $H_1 = H_2$. Тогда (21) приобретает более простой вид:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2. \quad (22)$$

Далее приведем краткое описание математической модели для расчета движения аэрированных струй в мелководных замкнутых городских водоемах в результате работы струйных контрвихревых аэраторов. Данная модель относится к классу моделей мелкой воды, предполагающая малые значения вертикального масштаба по отношению к горизонтальному. Водные объекты, о которых идёт речь в настоящей статье, отвечают именно таким характеристикам. Городские водные объекты, пруды, небольшие озёра, водохранилища небольшого объёма, образованные подпорными сооружениями на водотоках в пределах городской застройки, имеют, как правило, глубину водного массива несколько метров при длине водоёма от сотни до нескольких сотен метров, реже километров. Кроме того, течение (циркуляция) низкоскоростного потока в мелких замкнутых (не проточных) водоёмах городской инфраструктуры можно рассматривать без учёта явления стратификации по глубине. Это означает, что толща воды в таких водоёмах полностью перемешивается за счёт низкопотенциального потока в результате конвективного переноса, искусственно созданного аэратором (или аэраторами) движения. Такой подход позволяет существенно упростить сложные решения полных уравнений Навье-Стокса и перейти к двумерным (в плане) уравнениям Сен-Венана, что вполне удовлетворяет запросам практики [15].

Запишем их в интегральной форме:

$$\int_{\Omega} \frac{\partial \vec{q}}{\partial t} d\Omega + \int_{\sigma} \frac{1}{2} g h^2 \vec{n} d\sigma + \int_{\sigma} q_n \vec{v} d\sigma + = - \int_{\Omega} (a \vec{q}) d\Omega - \int_{\Omega} g h \nabla z d, \quad (23)$$

$$\int_{\Omega} \frac{dh}{\partial t} d\Omega + \int_{\sigma} q_n d\sigma = 0,$$

$$\frac{\vec{q}_l^{r+1} - \vec{q}_l^0}{\tau} + g h_l^r \nabla \zeta^{r+1} + a_l^r \vec{q}_l^{r+1} + \frac{\vec{K}_l^r}{\omega_l} = 0, \quad h_l^r = \frac{1}{3} (h_i^r + h_j^r + h_k^r), \quad (25)$$

$$a = 0.5 \lambda |\vec{q}| h^{-2}, \quad \lambda = 2 g n^2 h^{-1/3}, \quad \beta = 0.0000027. \quad (24)$$

В (23) Ω – область интегрирования в координаты x, y ; σ – граница области Ω ; \vec{n} – вектор внешней нормали к σ ; \vec{q} – вектор удельных расходов воды; q_n – проекция \vec{q} на нормаль; ζ – отметка поверхности воды; z – отметка дна; $h = \zeta - z$ – глубина; $\vec{v} = \vec{q} / h$ – вектор средней по глубине скорости потока; λ – коэффициент гидравлического трения; n – коэффициент шероховатости в формуле Маннинга; ∇ – дифференциальный оператор Гамильтона; t – время; n – коэффициент шероховатости.

Граничное условие на твердых границах (поверхность дна водоёма) – равенство нулю нормальной компоненты расхода (вода не проходит через дно за пределы водоёма, фильтрационный расход из водоёма в грунт равен нулю) $q_n = 0$. На жидких границах может быть задан либо удельный расход $\vec{q}(t)$, либо уровень $\zeta(t)$ или определена связь между расходами и уровнями воды $\vec{q}(\zeta)$. Последнее условие не используется, так как уровень воды в водоёме принимается установившимся.

Расчетная область Ω разбивается на треугольную сетку (рис. 3). В узлах сетки задаются отметки дна z и вычисляются значения ζ, h, \vec{v} . В центрах тяжести треугольников ijk вычисляется вектор \vec{q} .

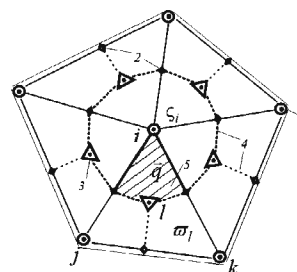


Рис. 3. Элемент расчетной области:
1 – узлы; 2 – середины сторон треугольников;
3 – центры тяжести треугольников;
4 – граница шаблона для ζ ;
5 – пересечение шаблонов для ζ и \vec{q}

Величины ζ, \vec{q}, z, h рассматриваются в виде кусочно-постоянных функций. Тогда выбирается в качестве области интегрирования произвольный треугольник с вершинами ijk и площадью ω_l . Выражения (25) представляют собой дискретный аналог (23) в виде:

где τ – шаг по времени, r – число итераций; $\nabla\zeta^{r+1}$ – определяется через ζ_l^{r+1} , ζ_j^{r+1} , ζ_k^{r+1} и координаты вершин треугольника l .

С помощью (25) удельный расход \vec{q}_l^{r+1} можно выразить в виде:

$$\vec{q}_l^{r+1} = \vec{F}_l^r - D_l^r \nabla \zeta_l^{r+1}, \quad \vec{F}_l^r = \frac{1}{1 + a_l^r \tau} \left(\vec{q}_l^r + \frac{r}{\omega_l} \vec{K}_l^r \right), \quad D_l^r = \frac{\tau g h_l^r}{1 + a_l^r \tau}. \quad (26)$$

Выбирая шаблон для ζ_r , получаем

$$\frac{\zeta_i^{r+1} - \zeta_i^0}{\tau} \Omega_i + \sum_{l=1}^{m_i} (q_n^{r+1} L)_l = 0, \quad \Omega_i = \frac{1}{3} \sum_{l=1}^{m_i} \omega_l, \quad (27)$$

где m_i – число треугольников, сходящихся в вершине i ; L – длина части границы шаблона, лежащей внутри треугольника l .

Делая преобразования, получаем:

$$\zeta_i^{r+1} = \zeta_i^0 - \frac{\tau}{\Omega_i} \sum_{l=1}^{m_i} \left[\left(F_n^r - D^r \frac{\partial \zeta^{r+1}}{\partial n} \right) L \right]_l. \quad (28)$$

Далее, записывая выражение (28) для всех узлов сетки, получаем систему линейных алгебраических уравнений для ζ_i^{r+1} . Здесь $i = 1 \dots N$, где N число узлов расчётной области. Уравнение (28) связывает значения ζ^{r+1} в узле i с соседними с ним узлами. Определив ζ_i^{r+1} во всех узлах и подставив их значения в (26), найдем согласованные с уравнением неразрывности векторы удельных расходов на всех элементах (треугольниках) сетки.

Уравнение неразрывности потока, проходящего через замкнутую расчётную область течения

$$\frac{\omega_l}{3} \frac{\partial \zeta_i}{\partial t} + Q_h + \tilde{Q}_h = 0, \quad (29)$$

где $Q_h = (gL)$ – расход жидкости через часть границы (длиной L) шаблона для ζ_i , лежащей внутри треугольника l ; \tilde{Q}_h – полный расход через часть границы треугольника l , образованной половинами сторон треугольника с вершинами в узле l . Сумма этих расходов представляет собой расход воды через границу четырёхугольника, заштрихованного на рис. 3.

С использованием (28) получаем:

$$\tilde{Q}_{li} = -Q_{li} + \frac{\omega_l}{3\Omega_i} \sum_{i=1}^m Q_{li}. \quad (30)$$

Согласно (30):

$$\sum_{i=1}^m \tilde{Q}_{li} = 0, \quad (31)$$

следует, что сумма расходов, втекающих в узел i , равна сумме вытекающих расходов.

Скорость воды в узле i можно определить по формуле:

$$\vec{v}_i = \frac{\left(\sum_{\tilde{Q}_{li} > 0} \vec{v}_l \tilde{Q}_{li} \right)}{\left(\sum_{\tilde{Q}_{li} > 0} \tilde{Q}_{li} \right)}, \quad (32)$$

где $\vec{v}_l = \vec{q}_l / h_l$ и суммирование проводится только по втекающим (положительным) расходам. Приведённые выше зависимости позволяют определить расходные и кинематические параметры в объёме всего водоёма в зависимости от координат расположения аэраторов.

Для определения осредненных по глубине водоёма значений концентраций растворённого кислорода используется уравнение конвективного переноса тепла в плане (33), допуская, что

естественная диффузия кислорода в воде очень мала по сравнению с созданным аэраторами конвективным течением:

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial U hC}{\partial x} + \frac{\partial V hC}{\partial y} = -\alpha(C-C_e), \quad (33)$$

где h – глубина; V , U – осредненные по глубине скорости течения по осям X и Y соответственно; C – осредненная по глубине объемная концентрация кислорода; C_e – имеющаяся концентрация кислорода в водоеме; α – коэффициент, который в общем случае может зависеть от времени, пространственных координат, текущей локальной концентрации C .

Начальными условиями для (33) являются: поверхность дна водоёма $Z(x,y,0)$ и соответствующие ей мгновенные поля $V(x,y,0)$, $h(x,y,0)$, $C(x,y,0)$.

Граничные условия на входе потока в водоём задаются объёмной концентрацией растворённого кислорода и зависит от параметров контрвихревого аэратора (одного или нескольких) и условий перемешивания падающей в водоём струи на начальном участке.

Уравнение (33) относительно концентрации кислорода решается методом конечных элементов на треугольных сетках и согласовано со схемой для уравнения неразрывности жидкой фазы.

Далее необходимо в численной модели и её расчётной области сформировать участки для работы аэратора и насоса. Схемы этих участков на треугольной сетке показаны на рис. 4. Фрагмент участка, где расположен аэратор, можно представить в виде восьмигранника, со сторонами jk , который моделирует начальный участок взаимодействия струи аэратора с водоёмом. Участок привязан на расчётной области водоёма координатами X_a , Y_a . В пределах восьмигранника (заштрихован на

схеме рис. 4, а) расположена грань B_a , имитирующая струйный аэратор с производительностью Q_a направлением истечения струи, ориентированной по сторонам света и глубиной водоёма h в месте установки аэратора. На границе A_a (граница на противоположной стороне восьмигранника) задаётся производительность струи аэратора с обратным знаком по отношению к Q_a . Заштрихованная область вырезает из расчетной области на треугольной сетке участок взаимодействия струи аэратора с массой жидкости в водоеме, который не моделируется в рамках рассмотренной модели.

Такая же картина наблюдается на участке установки насосного оборудования (рис. 4, б). Заштрихованный восьмиугольник содержит жидкую грань B_n , имитирующую работу насоса с подачей Q_n . Этот участок имеет координаты X_n , Y_n .

Исходными данными для расчёта являются:

- батиграфическая характеристика водоёма, устанавливающая связь площади водного зеркала и объёма от отметки уровня воды или глубины воды. Эти данные можно получить прямыми промерами по намеченным створам или с помощью ультразвуковых приборов по определению контура дна водоёма;
- начальная, природная концентрация растворённого кислорода в нескольких точках водоёма;
- количество аэраторов и расход струи каждого аэратора, координаты установки аэраторов;
- подача насоса, координаты установки заборного устройства насосного оборудования;
- концентрация растворённого кислорода в струе аэратора.

Таким образом, рассмотренная модель на основании исходных данных позволяет рассмотреть кинематическую картину движения водных масс при работе инженерной системы аэрирования,

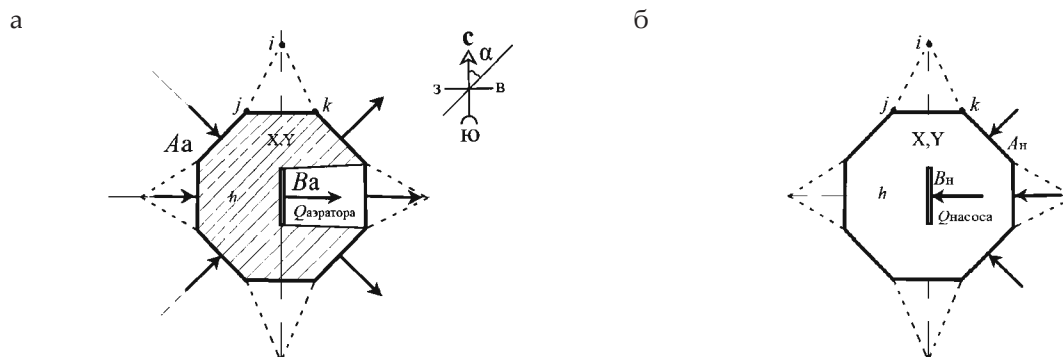


Рис. 4. Схемы участков, не входящих в область моделирования:

- а – участок установки аэратора с гранью взаимодействия струи с водным массивом; б – участок установки насосного оборудования с гранью забора воды из водоёма; A_a – граница поступления воды; B_a – граница, через которую задаётся расход аэрированной струи; B_n – граница, через которую задаётся подача насоса; A_n – граница поступления воды

включающая струйные контрвихревые аэраторы, насосное оборудование и трубопроводы, соединяющие насос с одним или несколькими установленными аэраторами. Она позволяет определить расчётные значения концентрации растворённого кислорода в воде в различных точках водного массива. Кроме этого, данная модель является мощным инструментом для решения задачи оптимизации работы системы искусственной аэрации, сводя до необходимого минимума энергозатраты на её эксплуатацию.

На рис. 5 показана схема поля линий тока с векторами скорости для замкнутого водоёма.

Использование рассмотренных расчётных схем и моделей необходимо на этапе проектирования систем искусственной аэрации городских водных объектов при создании новых водоёмов и при реставрации существующих.

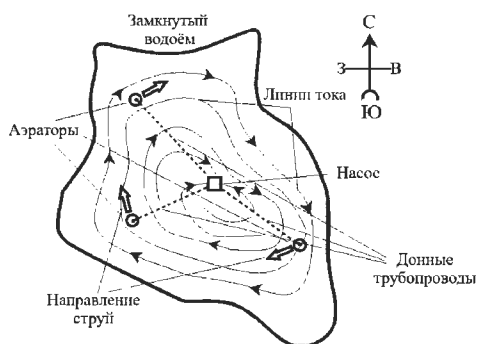


Рис. 5. Пример организации искусственных циркуляционных течений в замкнутом водоёме

Выводы

1. Открытые водоёмы на урбанизированных территориях довольно быстро деградируют из-за сильного антропогенного воздействия в результате хозяйственной деятельности человека.

2. Единственным способом поддержания качества воды в таких водоёмах является принудительное транспортирование кислорода воздуха в водные массы, что возможно реализовать с помощью инженерных систем струйной аэрации и искусственной циркуляции.

3. В качестве струйных аэраторов могут быть использованы различные системы. Наиболее эффективным для решения поставленных задач является контрвихревой струйный аэратор, который в результате эффектов такого течения позволяет эффективно захватывать и транспортировать растворённый в водных массах кислород воздуха в водоём. Аэрированная струя, выходящая из аэратора, дополнительно насыщается кислородом при её вхо-

де в водный массив водоёма. Падающая струя передаёт свою кинетическую энергию водным массам, приводя их в движение, создавая направленные циркуляционные движения.

4. С помощью модели мелкой воды на этапе проектирования или реконструкции инженерных систем аэрации водного объекта достигается оптимальное расположение аэрационных установок в акватории и создаётся требуемая кинематика потока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Викулина В. Б. Мониторинг состояния водных объектов. М.: Изд-во Московский государственный строительный университет, 2010. 130 с.
2. Соболев С. В., Февралёв А. В., Грачёва О. А. Рекреационное использование малых водохранилищ. Н. Новгород: ННГАСУ, 2010. 247 с.
3. Волшаник В.В., Суздалева А.А. Классификация городских водных объектов. М.: АСВ, 2008. 112 с.
4. Орехов Г. В., Мамин Р. Г., Евдокимов П. В. Водохозяйственные и экологические проблемы освоения территории Новой Москвы // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Вып. №2. 158TVN2155.
5. Hou L., Zhang L., Li F., Huang S., Yang J., Ma C., Z. C.-P. Yu A. Hu. Urban ponds as hotspots of antibiotic resistance in the urban environment. J. of Hazardous Materials. V. 403, 2021. 124008.
6. Berglund B., Fick J., Lindgren P.E. Urban wastewater effluent increases antibiotic resistance gene concentrations in a receiving northern European river. Environ. Toxicol. 2015. Chem. 34, pp.192-196. <https://doi.org/10.1002/etc.2784>
7. Cacace D., Fatta-Kassinos D., Manaia C.M., Cytryn E., Kreuzinger N., Rizzo L., Karaolia P., Schwartz T., Alexander J., Merlin C., 2019. Antibiotic resistance genes in treated wastewater and in the receiving water bodies: a pan-European survey of urban settings. Water Res. 2019. pp. 320-330. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.039>.
8. Мамин Р. Г., Орехов Г.В., Байрашева А.А. Урбанизация и экологическая безопасность территории новой Москвы. М.: АСВ, 2015, 112 с.
9. Амирова Н.Н., Боровков В.С., Волшаник В.В., Доркина И.В. Состав и объёмы работ по восстановлению малых рек и водоёмов на селитебных территориях // Материалы Десятой Всероссийской научной конференции «Экологические проблемы развития музеев-заповедников». М.: Институт наследия, 2008. С. 395-403.
10. Ахметов В. К., Волшаник В. В., Зуйков А. Л., Орехов Г. В. Физическое моделирование контрвихревых сооружений и оборудования / под ред. Г. В. Орехова. М.: НИУ МГСУ, 2017. 399 с.
11. Орехов Г. В., Баяраа У. Беликов В. В. Методы увеличения эффективности аэрации открытых водных объектов на урбанизированных территориях // Вестник МГСУ. 2009. №2. С.278-291.
12. Орехов Г. В. Струйная контрвихревая аэрация в инженерных системах городских водных

объектов // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. № 76SAVN319.

13. Ахметов В. К., Волишаник В. В., Зуйков А. Л., Орехов Г. В. Моделирование и расчёт контрвихревых течений / под ред. А. Л. Зуйкова. М.: МГСУ, 2012. 252 с.

14. Волишаник В. В., Орехов Г. В. Низконапорные гидравлические двигатели / МГСУ. М.: АСВ, 2009. 392 с.

15. Беликов В. В., Алексюк А. И. Модели мелкой воды в задачах речной гидродинамики. М.: Российская академия наук, 2020. 346 с.

REFERENCES

1. Vikulina V.B. *Monitoring sostoyaniya vodnykh ob`ektov* [Monitoring of the state of water bodies]. Moscow, MGSU Publ., 2010. 130 p.

2. Sobol S.V., Fevralev A.V., Gracheva O.A. *Rekreacionnoe ispol'zovanie malyykh vodokhranilishh* [Recreational use of small reservoirs]. NNGASU Publ., 2010. 247 p.

3. Volshanic V.V., Suzdaleva A.A. *Classification of urban water bodies* [Classification of urban water bodies]. Moscow, ASV Publ., 2008. 112 p.

4. Orekhov G.V., Mamin R.G., Evdokimov P.V. Water management and ecological problems of development of the territory of New Moscow, *Science of Science*, 2015, vol. 2, no.158TVN2155.

5. Hou L., Zhang L., Li F., Huang S., Yang J., Ma C., Yu Z.C.-P. Hu A. Urban ponds as hotspots of antibiotic resistome in the urban environment. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 403, 124008.

6. Berglund B., Fick J., Lindgren P.E. Urban wastewater effluent increases antibiotic resistance gene concentrations in a receiving northern European river. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2015, vol. 34, no. 1, pp.192-196. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.2784>

7. Cacace D., Fatta-Kassinos D., Manaia C.M., Cytryn E., Kreuzinger N., Rizzo L., Karaolia P., Schwartz T., Alexander J., Merlin C. Antibiotic resistance genes in treated wastewater and in the receiving water bodies: a pan-European survey of urban settings. *Water Research*, 2019, vol. 162, pp. 320-330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.039>.

8. Mamin R.G., Orekhov G.V., Bairasheva A.A. *Urbanization and ecological security of the territory of the new Moscow* [Urbanization and ecological security of the territory of the new Moscow]. Moscow, ASV Publ., 2015. 112 p.

9. Amirova N.N., Borovkov V.S., Volshanic V.V., Dorkina I.V. Composition and volumes of work on the restoration of small rivers and reservoirs in residential areas. Materials of the Tenth All-Russian Scientific Conference "Environmental problems of development of museum-reserves". Moscow, Heritage Institute, 2008, pp. 395-403

10. Akhmetov V.K., Volshanic V.V., A. Zuikov A.L., Orekhov G.V. *Fizicheskoe modelirovanie kontrvikhrevykh sooruzhenij i oborudovaniya* [Physical Modeling of Counter-rotating Structures and Equipment]. Moscow, MGSU Publ., 2018. 399 p.

11. Orekhov G.V., Baiaraa U., Belikov V.V. Methods for increasing efficiency of aeration of open water bodies in urban areas. *Vestnik MGSU*, 2009, no.2, pp.278-291. (in Russian)

12. Orekhov G.V. Jet counter-vortex aeration in engineering systems of urban water bodies. *The Eurasian Scientific Journal*, 2019, vol. 11, 76SAVN319.

13. Akhmetov V.K., Volshanic V.V., A. Zuikov A.L., Orekhov G.V., *Modelirovanie i raschet kontrvikhrevykh techeniy* [Simulation and Calculation of Counter-Rotating Flows]. Moscow, MGSU Publ., 2012. 252 p.

14. Volshanic V.V., Orekhov G.V. *Nizkonapornye gidraulicheskie dvigateli* [Low-head hydraulic motors]. Moscow, ASV Publ., 2009. 392 p.

15. Belikov V.V., Alekseyuk. A.I. *Modeli melkoj vody v zadachakh rechnoy gidrodinamiki* [Shallow water models in the problems of river hydrodynamics]. Moscow, Russian Academy of Sciences Publ., 2020. 346 p.

Об авторе:

ОРЕХОВ Генрих Васильевич

доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики и гидротехнического строительства Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26 E-mail: orehov_genrih@mail.ru

OREKHOV Genrikh V.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Hydraulics and Hydraulic Engineering Chair Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye hw, 26 E-mail: orehov_genrih@mail.ru

Для цитирования: Орехов Г.В. Гидромеханический способ аэрации открытых водных объектов в условиях городской застройки // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 62–71. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.9.

For citation: Orekhov G.V. Hydromechanical Method of Aeration of Open Water Bodies under Conditions of Urban Development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 62–71. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.9.

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



УДК 72.03(09) (086.6)

DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.10

Ф. В. КАРАСЕВ

РЕСТАВРАЦИЯ ЦЕРКВИ КОСМЫ И ДАМИАНА В С. МУСОРКА СТАВРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

RESTORATION OF THE CHURCH OF COSMAS AND DAMIAN
IN THE VILLAGE OF MUSORKA, STAVROPOL DISTRICT, SAMARA REGION

Рассмотрены архивные материалы, дано описание объемно-планировочного решения объекта культурного наследия регионального значения «Церковь Космы и Дамиана», расположенного в с. Мусорка Ставропольского района Самарской области. Сделан акцент на необходимости проведения историко-архивных и инженерных исследований перед проведением строительно-монтажных работ. Исходя из анализа современного состояния памятника, обозначены основные дефекты конструкций здания. Произведено описание выполненных видов работ по реставрации и приспособлению Храма для современного использования: усиление фундаментов колокольни и семиосевой части в осях 6-9; усиление и восстановление стен колокольни и семиосевой части в осях 6-9; установка отливов на выступающих декоративных элементах фасадов, установка водосточной системы; замена стропильной системы кровли и кровельного покрытия.

Ключевые слова: церковь, объект культурного наследия, противоаварийные работы, фундамент, историко-архивные и инженерные исследования

Церковь Космы и Дамиана является объектом культурного наследия регионального значения согласно Постановлению Правительства Самарской области от 8.08.2013 г. №376. Расположена на возвышенности в географическом центре с. Мусорка Ставропольского района Самарской области, главным фасадом выходит на красную линию застройки по ул. Почтовой, в окружении находится жилая застройка усадебного типа (рис. 1).

Строительство здания началось в 1896 г. и завершилось в 1907 г. Автором проекта счита-

This article examines archival materials, describes the spatial planning solution of the cultural heritage object of regional significance "The Church of Cosmas and Damian", located in the village of Musorka, Stavropol district, Samara region. The emphasis is placed on the need to conduct historical, archival and engineering research before carrying out construction and installation works. Based on the analysis of the current state of the monument, the main defects of the building structures are identified. A description of the types of work performed on the restoration and adaptation of the Temple for modern use: strengthening of the foundations of the bell tower and the seven-axis part in axes 6-9; strengthening and restoration of the walls of the bell tower and the seven-axis part in axes 6-9; installation of tides on the protruding decorative elements of facades, installation of a drainage system; replacement of the roof truss system and roofing.

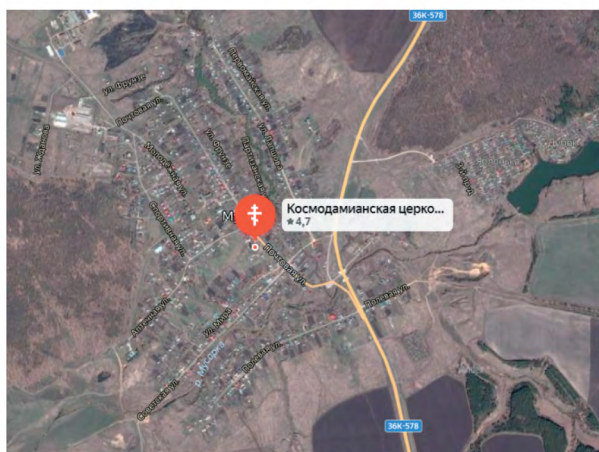
Keywords: church, object of cultural heritage, emergency work, foundation, historical-archival and engineering

ется архитектор Хилинский Тадеуш Северинович, работавший в Самаре с 1883 по 1905 гг. на посту губернского архитектора [1, 2].

Каменная однопрестольная церковь во имя святых чудотворцев Космы и Дамиана была рассчитана на 1000 человек. Храм в плане имеет крестообразную форму, объемно-пространственная композиция здания вытянута по оси запад-восток и состоит из четырех объемов. Стены храма выполнены из красного кирпича и декорированы множеством деталей. В западной части храма расположена



а



б



Рис. 1. Ситуационная схема и общий вид на здание церкви со стороны северного фасада

колокольня, состоящая из нескольких ярусов, нижний из которых – четверик, верхние – восьмерики. Главный вход расположен со стороны колокольни, к которой примыкает широкий объем трапезной, прямоугольный в плане. Трапезная перекрыта двускатной крышей. На северном и южном фасадах трапезной окна с полуциркульным завершением, обрамленные наличниками с узкими полукруглыми пилястрами. В объем трапезной врезан более высокий и почти кубический объем моельного зала, раскрытый полуциркульными дверными проемами с фигурными наличниками. Над моельным залом – пять двухуровневых восьмериков, массивных по центру, с окнами во втором уровне, и более легкие по углам объема. Восьмерики украшены пилястрами, в каждой из сторон расположена ниша с циркульным наличником, венчающий карниз широкий, многоуровневый. Восьмерики перекрыты гранеными завершениями, с луковичными главками. Алтарь прямоугольный, с полукруглым перекрытием, повторяет форму боковых входов. Его углы акцентируются пилястрами, по центру размещена ниша, украшенная наличником и полукруглыми пилястрами. Над нишей алтарной части, а также над полуциркульными дверями входов расположены характерные круглые окна с фигурным обрамлением [3, 4].

В 1918 г. после установления советской власти в уезде на 2-м уездном съезде Советов в Мусорке избирается сельский Совет и создается волисполком. В 1921 г. издан Декрет ВЦИК «Об изъятии церковных ценностей» из Космодамианской церкви в Мусорке. На Соловки в 1932 г. выслали священнослужителей и их семьи. По решению райисполкома в 1931 г. в селе сняли со звонницы колокола. В 1937 г. церковь

в селе Мусорка закрыли, а ее здание было переоборудовано под ремонтные мастерские, обслуживающие сельскохозяйственные артели Ново-Буянского района [4].

В 90-е гг. XX в. предпринимаются попытки восстановить храм (рис. 2). Однако только в 2005 г. по благословлению архиепископа Самарского и Сызранского Сергия начинается активное возрождение святыни. Автором проекта реконструкции становится архитектор А. Н. Колоярский. Стараниями настоятеля храма протоиерея О. И. Анучина, настоятеля Троицкого храма с. Ташла О.Н. Винокурова, прихожан и спонсоров ведутся работы по реставрации и реконструкции храма.

Прежде чем перейти к обозначенной теме, необходимо понять, что представляет собой процесс воссоздания объекта культурного наследия [5–8]. Во избежание ошибок при производстве работ важно провести историко-архивные исследования, которые включают в себя анализ объектов аналогов, чертежей, гравюр и прочих материалов. Параллельно выполняются комплексные инженерные исследования, включающие обследование несущих конструкций, геологические изыскания. Эти работы являются основополагающими для дальнейшей разработки научно-проектной документации.

Проблематика реставрации Церкви Космы и Дамиана заключается в том, что обозначенные исследования провели в недостаточном объеме. Церковь была практически полностью восстановлена, так как до наших дней сохранился только объем моельного зала и алтарная часть. Колокольня, трапезная и завершение основного объема церкви были полностью утрачены, отсутствовала кровля, отмостка, благоустройство территории (рис. 3). На исто-

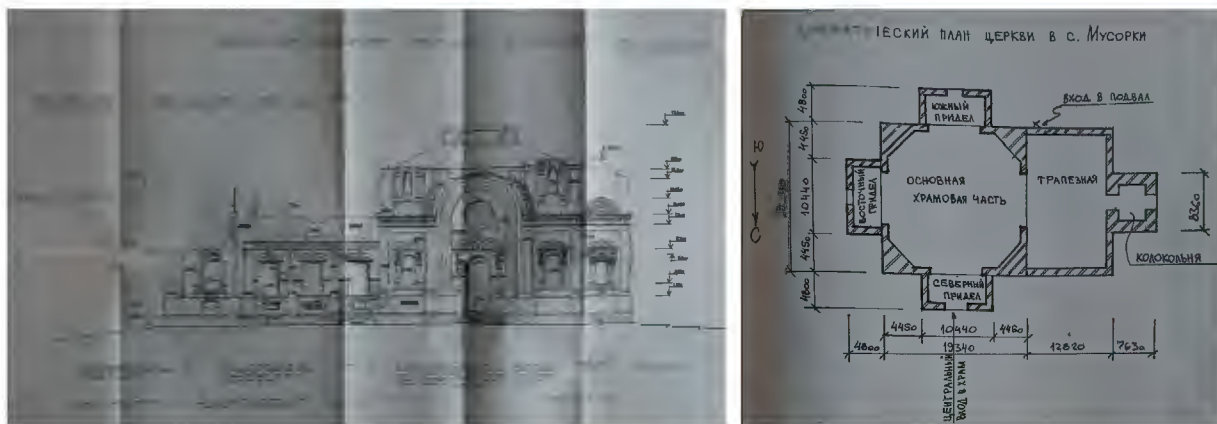


Рис. 2. Обмерные чертежи: южный фасад, схема плана первого этажа, выполненные в 1995 г. АО АВТОВАЗ, Управление Главного Архитектора, г. Тольятти

рически сохранившихся фундаментах, представляющих собой полуразрушенную кладку с прочностью красного глиняного кирпича менее М10 на известково-песчаном растворе, восстановили утраченные части храма. В процессе производства работ применялся керамический кирпич на цементно-песчаном растворе. Также была значительно превышена толщина несущих стен колокольни на втором и третьем ярусах. Визуальным доказательством этому стало отсутствие просвета в проемах верхних ярусов колокольни, если смотреть под углом по отношению к проему с высоты человеческого роста. Вместо этого видна толщина кладки стен. Таким образом, создается дополнительное ощущение тектоничности колокольни, что не свойственно этому типу сооружений [9, 10].

Тем не менее в 2019 г. здание восстановили, однако через полгода появились наклонные конструктивные трещины от фундамента

до карниза трапезной ширины раскрытия до 150 мм, в результате объем колокольни начал отделяться и дал крен в противоположную сторону от храма. Отсутствие осадочного шва между храмом и колокольней способствовало образованию вертикальных и наклонных трещин в кирпичной кладке храма. Величина раскрытия трещин в стенах достигала 2,0–2,5 см, и в большинстве случаев трещины являются сквозными. Кроме отсутствия осадочного шва, на появление трещин в кладке наружных и внутренних стен храма, примыкающих к колокольне, повлияло возникновение значительных неравномерных осадок по наружным стенам. Наличие трещин в кирпичной кладке фундамента свидетельствовало о существенном физическом износе составляющих – раствора и кирпича, кладки в целом (более 72–75 %), а также о значительных осадках грунтов оснований в процессе длительной эксплуатации.



Рис. 3. Восстановление храма, фотофиксация: а – 2006 г.; б – 2019 г.

Просадочные свойства несущего слоя грунта основания, расположенного непосредственно под подошвой фундаментов, представлены мощностью 3,5–6,2 м. Данные грунты имеют высокое начальное просадочное давление ($P_{sl} = 2,5 \text{ кг/см}^2$), и в случае превышения реактивного давления под подошвой значения P_{sl} возможно возникновение дополнительных осадок и неравномерных деформаций. Кладка фундаментов в качестве несущего элемента была признана непригодной, требующей ее замены или усиления с помощью буроинъекционных свай, устраиваемых снаружи и во внутреннем пространстве колокольни. Необходимо было срочно разработать проект по усилению системы «основание – фундамент», учитывая значительные отклонения по вертикали, и приступить к противоаварийным мероприятиям.

Помимо выявленных дефектов несущих конструкций, в ходе натурных обследований на фасадах выявлены незначительные выбоины в новой кирпичной кладке колокольни, многочисленные биологические поражения исторической кирпичной кладки, белокаменного цоколя основно-

го объема церкви, локальные высолы из раствора и кирпича, выветривание раствора из швов кладки. Отсутствовало: организованный водосток, металлическое покрытие кровли основного объема храма, алтарной части, выступающие декоративные элементы фасадов не были закрыты отливами, происходило замачивание поверхности кирпичных стен фасадов по углам (рис. 4).

Для обеспечения надежности дальнейшей эксплуатации здания с учетом сохранности его исторического облика, согласно разработанной научно-проектной и рабочей документации, на объекте выполнены следующие виды работ по реставрации объекта культурного наследия, приспособления объекта культурного наследия для современного использования.

1. Усиление фундаментов колокольни и семиосевой части в осях 6-9 (рис. 5).

2. Усиление и восстановление стен колокольни и семиосевой части в осях 6-9 (рис. 6).

При производстве работ была демонтирована кирпичная кладка фундамента на глубину 250–300 мм до вертикальной оси по наружным сторонам фундамента шириной 0,8–1,0 м. Затем

а



в



б



г



Рис. 4. Фотофиксация до производства работ:
а, б – конструктивные трещины по фасаду и вскрытому фундаменту;
в – отсутствие отливов; г – биопоражения исторической кладки

в образовавшемся проеме максимально близко к фундаментной стене установлены буронабортные сваи диаметром 150 мм и длиной 7–8 м так, чтобы нижний конец свай находился в слое песчаного грунта не менее 1,5–2,0 м. После этого произведено армирование свай и её бетонирование до уровня подошвы существующего ленточного фундамента с выпусками арматурных стержней на 30–40 см выше глубины заложения подошвы. Уложены горизонтальные и вертикальные сетки диаметром стержней 12–14 мм и зафиксированы с помощью анкеров для обеспечения защитного слоя толщиной не менее

50 мм, произведено бетонирование свайного ростверка из тяжелого бетона класса В20.

По всему периметру церкви была выполнена железобетонная отмостка шириной 1,2 м и завязана с ростверком и крыльцами со стороны северного и южного фасадов.

3. Реставрация фасадов

В ходе выполнения научно-проектной работы выявлено, что историческая кладка стен храма представлена фламандским видом кладки (чередование ложка и тычка по каждому ряду

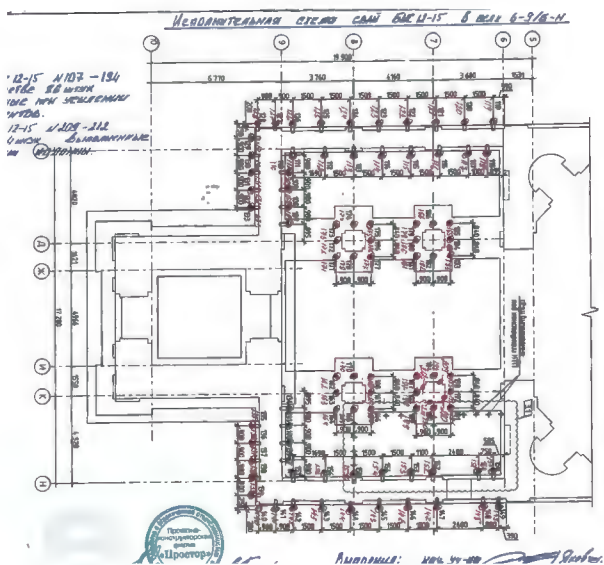
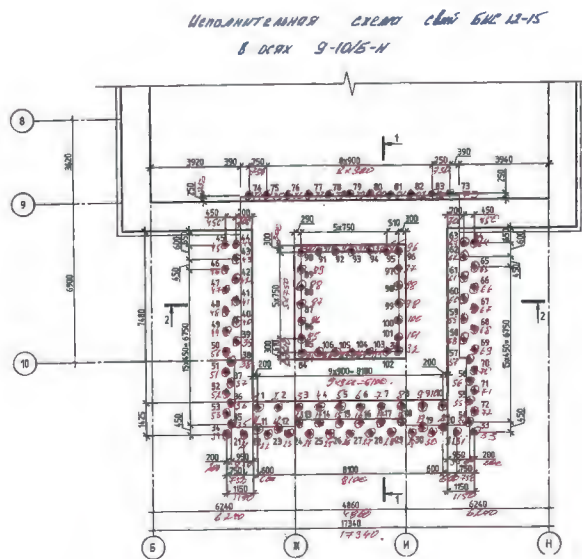


Рис. 5. Усиление фундаментов путем устройства буронабортных свай (исполнительные схемы)



Рис. 6. Усиление фундаментов путем устройства монолитного железобетонного ростверка по периметру колокольни и объема трапезной

кладки), выполненной по баварской технологии, принцип которой заключается в случайном смешивании кирпичей разных цветов. Отличается отсутствием точной закономерности в чередовании камней различных оттенков. Эта технология кладки характерна в основном для исторических зданий Германии и Европы в целом. В России данная технология применялась крайне редко ввиду своей дороговизны [11].

Восстановление первоначального облика фасадов проводилось в соответствии с разработанными картограммами утрат.

В ходе работ была проведена очистка тела кирпичной кладки фасада от биопоражений, высолов на всех фасадах:

1) Участки увлажненной кладки просушены и проведена нейтрализация водорастворимых солей 10 %-м раствором хлорида бария

(водным), для обессоливания стен применялись компрессы из известковой пасты (слой 3–5 см), произведена биоцидная обработка поврежденных поверхностей стен [12].

2) Проведена расшивка кирпичной кладки в объеме трапезной и колокольни (рис. 7, 8). Осуществлена обработка всех фасадов составом Caparol REMMERS KSE 100, KSE 300 (укрепляющий комплекс для любого типа камня).

3) По результатам зондажей определен основной цвет кирпичной кладки, подобрана краска Caparol HISTOLITH Siena gebrannt 0 (Seite 55 L41 C28 H46).

4) Фасадная краска нанесена только на участки новой кирпичной кладки на цементно-песчаном растворе. Все фасады (более 2750 м²) обработаны гидрофобизирующей пропиткой Caparol Funcosil SNL.



Рис. 7. Расшивка швов лицевого ряда современной кладки; заделка швов кладки



Рис. 8. Демонтаж лицевого ряда кладки; восстановление лицевого ряда кладки в местах прохождения конструктивных трещин

4. Установка отливов на выступающих декоративных элементах фасадов, установка водосточной системы.

5. Замена стропильной системы кровли и кровельного покрытия.

В процессе производства работ к стене здания в местах перелома кровель к стенам прикреплены держатели труб из расчета: один держатель на один метр трубы и на стыке двух труб. Максимальный шаг креплений – 1200 мм. Трубы отрезаны до необходимой длины, вставлены в держатели и зафиксированы с помощью замков держателя. К нижнему звену закреплены отметы.

Водосточные воронки установлены в верхней колене трубы и дополнительно закреплены

в верхней части к карнизу хомутом из металлической полосы и саморезом.

Смонтировано покрытие фальцевой кровли коричневого цвета основного объема храма и трапезной, устроены желоба для направления воды в воронки (рис. 9).

Детали системы изготовлены из оцинкованной стали толщиной 1,2 мм по архитектурным чертежам.

Установлены отливы на выступающие декоративные элементы всех фасадов (рис. 10).

Заполнения всех оконных проемов заменены на деревянные с двухкамерным стеклопакетом. Установлены створчатые деревянные двери с коваными металлическими декоративными элементами.



Рис. 9. Монтаж стропильных конструкций и утепление кровли; монтаж металлического фальцевого покрытия кровли



Рис. 10. Промазка выступающих декоративных элементов фасада гидроизолирующей мастикой; установка металлических отливов по декоративным элементам фасадов здания

Выводы. Автором статьи была выполнена научно-проектная, рабочая и отчетная документация по реставрации объекта культурного наследия, приспособления объекта культурного наследия для современного использования. Процесс производства работ и авторского надзора на объекте длился три года и был завершен в январе 2022 г. Удалось обеспечить устойчивость несущих конструкций, остановить крен колокольни церкви Космы и Дамиана путем проведения срочных противоаварийных работ: усиление фундаментов, устройство подпорных стен. Были сохранены исторические фасады, новая кладка при этом четко идентифицируется фактурой и цветом. Произведена частичная замена стропильной системы конструкций кровли, выполнено покрытие оцинкованной сталью выступающих декоративных элементов фасадов. Таким образом, здание приведено в надлежащий внешний вид и, тем самым, сохранено для потомков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зобова М.Г. Творческий метод гражданского инженера, епархиального архитектора Т.С. Хилинского // Приволжский научный журнал. 2020. № 2 (54). С. 117–122.
2. Центральный государственный архив Самарской области, Ф.32, оп. 16. д. 189. Ф.Р-2558.
3. Центральный государственный архив Самарской области, Ф.1, оп. 12. д. 3473.
4. Центральный государственный архив Самарской области, Приложение к сборнику постановлений и распоряжений по Самарской епархии о монастырях и церквях Самарской епархии. Самара, 1899.
5. Культурное наследие Самарской области. Т.1. Объекты архитектурного наследия. Самара, 2020. 704 с.
6. Литвинов Д.В., Иванова Л.И., Тузов А.В. Реставрация православного храма Архангела Михаила в селе Дергачи (Кольвань) Красноармейского района Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2015. №4 (21). С. 30–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.4.
7. Пономаренко Е.В. Проектирование, строительство и современная реставрация православных церквей первой половины XIX в. на Южном Урале // Градостроительство и архитектура. 2013. №1. С. 19–24. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.4.
8. Пономаренко Е.В. Архитектура сельских церквей XVIII века в Среднем Поволжье // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, №3. С. 80–85. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.11.
9. Пылявский В.И., Тиц А.А., Ушаков Ю.С. История русской архитектуры. М.: Архитектура-С, 2003. 511 с.
10. Шошин А.В., Карасев Ф.В. Проблемы реставрации Воскресенской церкви в селе Воскресенка Волжского района Самарской области // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой / СГАСУ. Самара, 2016. С. 314–317.
11. Вавилонская Т.В., Иванов А.А. Классификация православного краснокирпичного храмостроения второй половины XIX в. // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 78-й Всероссийской научно-технической конференции. Самара, 2021. С. 631–640.
12. Литвинов Д.В., Рязанов С.С. Реставрация православного храма Архангела Михаила в пос. Шмидта (г. Самара) // Современное строительство и архитектура. 2020. № 3 (19). С. 4–10.

REFERENCES

1. Zobova M.G. Creative method of civil engineer, diocesan architect T.S. Khilinsky. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2020, no. 2 (54), pp. 117-122. (in Russian)
2. *Central'nyj gosudarstvennyj arhiv Samarskoj oblasti* [Central State Archive of the Samara region], F.1, op. 12. d. 3473.
3. *Central'nyj gosudarstvennyj arhiv Samarskoj oblasti* [Central State Archive of the Samara region], F.32, op. 16. d. 189. F.R-2558
4. *Central'nyj gosudarstvennyj arhiv Samarskoj oblasti, Prilozhenie k sborniku postanovlenij i rasporyazhenij po Samarskoj eparhii o monastyryah i cerkvyah Samarskoj eparhii* [Central State Archive of the Samara region, Appendix to the collection of resolutions and orders for the Samara Diocese on monasteries and churches of the Samara diocese]. Samara, 1899.
5. *Kul'turnoe nasledie Samarskoj oblasti. T.1. Ob'ekty arhitekturnogo naslediya* [Cultural heritage of the Samara region. Vol.1. Objects of architectural heritage]. Samara, 2020. 704 p.
6. Litvinov D.V., Ivanova L.I., Tuzov A.V. Restoration of Michael the Archangel orthodox cathedral in Dergatchi village (Kolyvan), Krasnoarmeysk district of Samara Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2015, vol. 5, no. 4 (21), pp. 30–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.4. (in Russian)
7. Ponomarenko E.V. Design, construction and modern restoration of orthodox churches in the first half of the 19th century in the Southern Urals. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, vol. 3, no. 1, pp. 19–24. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.4. (in Russian)
8. Ponomarenko E.V. Architecture of rural churches of the XVIII century in the Middle Volga Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol.10, no. 3, pp. 80–85. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.11. (in Russian)
9. Pilyavsky V.I., Tic A.A., Ushakov Y.S. *Istoriya russkoj arhitektury* [History of Russian architecture]. Moscow, Architecture-S Publ., 2003. 511 p.
10. Shoshin A.V., Karasev F.V. Problems of restoration of the Resurrection Church in the village of

Voskresenka, Volzhsky district, Samara region. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Gradostroitel'stvo: sbornik statej / pod red. M.I. Bal'zannikova, K.S. Galickova, E.A. Ahmedovoj / SGASU* [Traditions and innovations in construction and architecture. Urban planning. collection of articles. edited by Balzannikov M.I., Galitskova K.S., Akhmedova E.A.; Samara State University of Architecture and Civil Engineering]. Samara, 2016, pp. 314-317. (in Russian)

11. Vabylyonskaya T.V., Ivanov A.A. Classification of Orthodox red-brick church building in the second half of the XIX century. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo: sbornik statej 78-j Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii* [In the collection: Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning. collection of articles of the 78th All-Russian Scientific and Technical Conference]. Samara, 2021, pp. 631-640. (in Russian)

12. Litvinov D.V., Ryazanov S.S. Restoration of the Orthodox Church of Archangel Michael in the village. Schmidt (Samara). *Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura* [Modern construction and architecture], 2020, no. 3 (19), pp. 4-10. (in Russian)

Об авторе:

КАРАСЕВ Федор Вадимович

ассистент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: fedor_karasev@mail.ru

KARASEV Fedor V.

Assistant of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. +7-961-389-68-38
E-mail: fedor_karasev@mail.ru

Для цитирования: Карасев Ф.В. Реставрация церкви Космы и Дамиана в с. Мусорка Ставропольского района Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 72–80. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.10.

For citation: Karasev F.V. Restoration of the Church of Cosmas and Damian in the Village of Musorka, Stavropol District, Samara Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 72–80. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.10.

С. В. НОРЕНКОВ
В. П. СИЛИН
Е. С. КРАШЕНИННИКОВА

ГРАДАРИННЫЕ ЗАСЕЛЕНИЯ ВОСТОЧНЫХ МЕГАПОЛИСОВ РОССИИ: СИНАРХИОТЕКТОНИКА НОВЕЙШИХ ВЕКТОРНО-СЕТЕВЫХ «АРКАИМОВ»

**PROGRESSIVE SETTLEMENTS OF THE EASTERN MEGACITIES OF RUSSIA:
SYNARCHIOTECTONICS OF THE LATEST VECTOR-NETWORK “ARKAIMS”**

По мере упрочения России как державы растёт необходимость в разработке новой, интегрально-синархитектонической концепции расселения и освоения перспективных восточных территорий, крайне слабо задействованных в эффективном функционировании государства. Сокращение численности населения и продолжительности жизни людей, рост заболеваемости, значительное ухудшение экологической обстановки предстоит преодолеть национальной идеей возрождения, движения к Солнцу на Восток, где Русь, Российская империя, Россия была и есть страной городов – ГРАДариной, где «РА» – это Солнце, а поселения типа «Аркаим» могут и должны развиваться по новейшим векторно-сетевым траекториям.

Ключевые слова: синархитектоника, дезурбанизация, мегаполис, поселение, новейший «Аркаим», векторная сеть, заселения, градариноведение

Постановка и актуальность вопроса. В настоящее время всё более явными становятся глобальные проблемы тотально-повсеместной урбанизации большинства сфер жизни людей, идёт утрата мелких поселений, ослабевают многие исторические города. Тем не менее эти всеобщие тенденции в своеобразном порядке проходят на фоне появления новых поселений вокруг укрупняющихся и уплотняющихся столиц-«миллионников», крупнейших и крупных городов. Более того, проявляется нарастающая популярность слободских, загородных «садоводческих» товариществ как «второго жилища». Пандемия, разделяющая людей по их жилищам, нарастающая степень дистанционного обучения и трудовой деятельности также активизируют роль служебных сфер жилья. Внешние угрозы гибридного типа дополняют необходимость освоения новых территорий, а не утрату их, в частности из-за преобладающего перетекания молодёжи в города с повышенной комфортностью, столичным или «миллионным» статусом. В нашей стране идёт активизация

As Russia consolidates as a power, there is a growing need to develop a new, integral synarchitectonic concept of settlement and development of promising eastern territories, which are extremely poorly involved in the effective functioning of the state. The reduction in the population and life expectancy of people, the increase in morbidity, a significant deterioration in the environmental situation will have to be overcome by the national idea of revival, movement towards the Sun to the East, where Russia, the Russian Empire, Russia was and is a country of cities – GRADarina, where “RA” is the Sun, and settlements like “Arkaim” can and should develop along the latest vector-network trajectories.

Keywords: synarchitectonics, deurbanization, metropolis, settlement, newest Arkaim, vector network, settlements, urban science

всплесков негативных природных колебаний, сдвиг на север линии потепления, перемещение магнитного полюса – и это дополнительно определяет необходимость государственного подхода к Национальной жилищной программе с учетом особенностей Сибири и Дальнего Востока [1, 2].

Цель статьи. Сформулировать исторически применяемые как целостные («син») критерии типической обусловленности малых поселений в освоении Сибири и Дальневосточных территорий как версий тиражирования новейших «Аркаимов», по примеру ускоренного строительства типа военных больниц, специализированных для борьбы от «ковидных инфекций».

Основные идеи и положения. Важной идеей является аргументация необходимости сокращения создания и поощрения гиперурбанизированных населённых пунктов на территории России в сторону высших приоритетов («архи»), и не только в силу обострения воен-

ной опасности извне, но и в связи с необходимостью повышения производительности труда развитием роботомашинной и телематической обеспеченности в освоении восточных территорий России.

При движении экспансивных сил Запада на Восток исторически выявляется самая главная внутренняя роль самодвижения, самоутверждения и саморазвития России. Именно поэтому так трудна и циклически повторяется по времени трагически-оптимистическая миссия нашего Отечества. Эта миссия подталкивалась снаружи России и катастрофически бросалась поляками (1612 г.), шведами (1710 г.), французами (1812 г.), немцами (1917, 1945 гг.). Распад СССР усугубляется превращением в противников из ряда союзников членов стран СЭВ (Совета Экономического Взаимодействия) и особенно бывших западных республик.

Россия и ныне справляется с вызовами времени, но уже в свою пользу как Великой Евразийской Державы. Сила России, благодаря её Гениям и Высшим Покровителям, не только «... Сибирью прирастать будет» (М. В. Ломоносов), но и Дальним Востоком. Это будет осуществляться не только в нашу пользу, но и общую для мироподдержания активных связей Азии с Европой. Южные Азиатско-Восточные Неприсоединившиеся страны (АСЕАН), которым в этом году исполняется 30 лет, также выигрывают от мирного, а не военного развития современной России. Огромные территории России заселены крайне неравномерно. В силу неблагоприятных климатических условий примерно на одной трети территорий есть более-менее нормально проявленная заселённость. Причем 85 % населения проживают на 22 % площади всей территории страны, что явно говорит о сомнительности тенденции тотальной необходимости в создании свехурбанизированных городских скоплений с большой плотностью населения. Напротив, России необходимо преимущественно осваивать новые территории, создавая множество небольших поселений, образующих некую векторную сетку, с освоением Сибири и Востока государства.

В связи с монополигранным программированием национальных проектов важно заложить основы синархитектонических подходов формирования системы расселения людей по протяжённым параллелям с монополицентрическими схемами при преобладающей векторно-сетевой структуре архитектурно-ландшафтной самой миротворческой духовно-созидательной миссии России в мире (см. таблицу).

В связи с реальными факторами современных проявлений «гибридной мировой войны» нашим чиновникам и элитам полезно

вспомнить опыт, полученный во время Великой Отечественной войны, передислокаций и переброски заводов и масс людей на Восток, а также Юго-Восток и Северо-Восток. В тотальной плановой системе СССР десятилетиями поступательно обозначенный массивированный градостроительно-урбанистический приоритет реализовывался на территории всей страны. По замыслу министра обороны С. К. Шойгу необходимо двигаться в сторону освоения Сибири и Дальнего Востока, быстрого возведения 5 городов «миллионников», и тем самым сдвинуть мощные «суда» градостроения с европейского берега на безбрежные просторы Востока вплоть до Тихого океана. Трассы и долины расселения в плановых перспективах Советского Союза были практически реализованы на БАМе (Байкало-Амурской магистрали), строительстве крупнейших гидроэлектростанций (ныне «зелёная энергетика»), разработках полезных ископаемых, в том числе нефтяной и газовой «иглы»; освоения целины и запуска космодрома Байконура. Важно удерживать в поле внимания и теорию НЭР (Нового элемента расселения), СибНЭР и др.

Привычная для России моноцентричная концентрация поселений, особенно вокруг столичной Москвы, столиц округов начинает давать сбои, особенно в связи с тенденцией кластеризации деятельности, а тем более при освоении просторов восточных направлений, заселения их людьми, не равнодушными к перспективам становления своего Отечества. Укрупненная радиально-кольцевая схема планирования городских пространств, по ходу своего развития, становится не всегда выгодной с точки зрения размеров России и множества топологических и эколого-производственных аспектов градостроительства, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке. Иная идеологическая парадигма освоения новых территорий имеет и другую целесообразность, например по типу освоения новых планет. В иных просторах не должно руководствоваться примером, которым является нынешняя радиально-концентрическая Москва, имеющая на это полное право («Москва – третий Рим, и четвёртому не бывать»). В данном случае речь преимущественно идёт об ограниченном тиражировании радиально-кольцевых (мандалных) сеток по векторным транспортно-коридорным инфраструктурам коммуницирования.

Характерная для России концентрация кольцевых структур в европейской части страны и утончающаяся или прерывистая линейная структура на восточных территориях – хорошо видны на космических снимках. Расползание границ территории «срастающихся» поселений

Матрица универсума основ синархиотектонического подхода
для развертывания системы экоурбоградостроения и градариноведения

Целое = Син	Арх = Верх	Тектоника = Организация	
УНИВЕРСУМ = СинАРХиоТектоника			
Уникум неповторимый, своеобразный		Универсал общечеловеческий, повсеместный	
Кооперация Социоантропология Партнерство			
СОЦИО=общество знание	СОЦИОАНТРОПОЗНАНИЕ принципы		АнтропоНОМИЯ= человек законы
Социология	ОБЩЕЕ ДЕЛО		Антропология
МАТРИЧНЫЕ (планетарно-табличные) АЛГОРИТМЫ			
ЭКОУРБОГРАДОСТРОЕНИЕ – законодательно-нормативное обеспечение			
Модель Макет	Компоновка Организация	Проект План	Планировка Правила
Моделирование МАРКЕТИНГ	УПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЕ		Планирование МЕНЕДЖМЕНТ
Прогноз Предвидение	«Живая Этика» «Русский Космизм»		Программа Программирование
(Дез) Урбанизм Градоустроительство		Архитектурный и Городской Дизайн	
Поселение, Град, Город, Столица, Агломерация, Векторные сети, Деловые Центры		Область, Округ Трудовые, рекреационные, культурные	
ГРАДАРИНОВЕДЕНИЕ как альтернатива МЕГАполисологии			
Наука	ПРОЕКТИРОВАНИЕ		Искусство
«Философский камень» России как Градарины			
Универсум «Первой природы»		Всеобщее «Второй природы»	
Созидательное Творение		Цивилизация Устойчивое развитие	
Экономика	СИНЭРГЕТИКА		Культура

увеличивает протяжённость коммуникаций, усложняет транспортную схему, не затрудняя перемещение населения от границ городов и поселений к их центрам, но игнорируя другие ресурсные ценности и приоритеты протяженности. Также традиционный вид развития самодостаточности моногородов, удаленных населённых пунктов провоцирует в них появление неблагополучных районов и трущоб, что пагубно сказывается на уровне жизни людей, влияет на «пульсирующую» наркоманию и преступность [3].

В основание идеи векторно-сетевое заселения «свободных» территорий России закладывается несколько основных принципов, сходных с древним «Аркаиом» [4].

1. Принцип постепенного развития предполагает, что сначала организуется Разведывательный пункт и Производственная база по какому-либо направлению: Рабочий посёлок или Устойчивый «Аркаим».

2. Принцип монозадачности отдельного поселения означает строго просчитанные выгоды от освоения новых ресурсных векторов территорий.

3. Принцип автономности отдельной группы поселений отражает компактную иерархию взаимосвязей некоего узла, при условии его самодостаточности.

4. Принцип инфраструктурности, в приоритет которого закладываются скоростные транспортные сообщения в освоении новых территорий.

5. Принцип разумности предполагает, что в начале нового большого пути эффективно освоения огромных восточных территорий должен быть понятен сквозной принцип распространения заселенности на основе целеобразных установок. Вероятны разные траектории освоения градариновых пространств как «мегаполисов» по мере того, что должно быть

инициативным: от национальных проектов, частного бизнеса, государственно-частного партнерства.

Раскроем главные проблемные вопросы, определяющие Стратегию и Тактику преобразований в заселении огромных пространств России.

1. Проблемы и решение вопросов территорий начинаются со статуса поселений и их трудоресурсного потенциала [5] и с серии изначальных вопросов: Зачем и что есть сетевое/промежуточное поселение? В какой мере нужны или не нужны вахтовые посёлки? Иными словами: существует ли сетка, образуются ли в её узлах скопления монозадачных поселений, которые и образуют «устойчивый Аркаим», но при этом уже где-то есть и промежуточные поселения, но пока непонятно, чем они являются в долгосрочных перспективах?

2. Проблемы и решения вопросов, планов, программ, проектов будут зависеть от того, какой интервал планирования следует принять за основу и как финансировать их переходы: 3–5 лет первостепенные, включенные в трехлетние бюджеты и дополняемые из резервов Национальных накоплений; далее 5-10-летние; более долгосрочные 12–25 лет; потенциально перспективные 50–100 лет. Необходимо продумать этапы развития заселения мегаполисов с постепенным возрастом степени реальности проектных идеологов от рабочих посёлков – до реального вектора поселений типа Аркаимов [6–10].

3. Проблемы городских гиперскоплений и решение вопросов выявления ведущих векторов развития связаны с тем, какие Новые Китайские и Азиатские пути (Япония, АСЕАН – 10 «тигров», Индия) в Европу и Африку, со связями Евразии и России. Северный морской путь и связи с заполярными территориями и с вопросами о том, что в Сибири мало трасс, путей, мало существующих поселений, как и куда направлять векторы развития, начиная с приоритетов, может быть решаем параллельно с иными и более южными трассами [11].

Прогноз по логике градариноведения, проверяемый практикой многих лет, так или иначе будет переведён в результат с двойным эффектом – положительным результатом и с приемлемым для инвесторов отрицательным отходом. Утопия или попытка выйти на реальность – зависит от продуманности и профессионализма управленцев, проектировщиков, создателей. Если выходить на ближайшую реальность, то следует по мере сил избегать в перспективе мало кому нужные вахтовые поселения из примитивной типологии модульных зданий и сооружений.

Предварительный план осуществления проекта в соответствии с поэтапным решением

поставленных выше вопросов программирования и проектирования может быть осуществлен путём намечания траекторий трасс, по которым будут распространяться и устойчиво формироваться поселения. Следующим шагом станет устройство опорных практико-исследовательских пунктов в узловых точках разрабатываемых траекторий, трасс и долин заселения и расселения. Они должны способствовать ускорению разведки территорий и поиску участков, выгодных для развёртывания производственных баз, а затем и оседлой жизнедеятельности. После определения мест, благоприятных для начала устройства поселений, должны возводиться здания, сооружения, комплексы, ансамбли, необходимые для начала производственной деятельности: участки с плодородными землями – сельскохозяйственная деятельность, месторождения ценных ресурсов – устройство шахт, рудников, нефтяных вышек и т. д., важные логистические узлы – возведение складов и логистических комплексов, также возможны и иные варианты, связанные с историей, культурой, археологией, туризмом.

При нормализации производственного процесса начинается и проводится устройство дополнительных зданий, образующих производственный модуль будущего устойчивого «Аркаима». Далее по проектам начинается активное устройство иных модулей «Аркаима», задачей которых является создание среды максимально экономичной, экологичной, благоприятной для проживания в ней человека. Основу структуры функций типового Аркаима образуют: Общественно-коммуникационный и Досугово-развлекательный модули, Общественно-деловой модуль, Жилые модули различных типов, дополнительные Производственные модули, промежуточные модули, являющиеся парками и иными местами отдыха и иными функциями. Под модулями понимаются отдельные небольшие сегменты, блоки поселений, входящие в состав Устойчивого «Аркаима». В итоге получается сеть из множества небольших поселений со скоростным транспортным сообщением. Таким образом, можно уйти от гиперурбанизации, при этом не ухудшая уровень жизни людей, также подобный вариант организации поселений изначально гораздо более экологичен в сравнении с большими городами-миллионниками [12–14].

Обратимся к истории и выявим успешные траектории освоения больших просторов нашими предками. Прежде всего это монастыри, концентрические и звездообразные векторные очаги поселений вокруг них. Реальным образом освоения берегов Волги в период раскола

стал Макарьевский монастырь и северные леса (рис. 1). Огромная его роль проявилась в организации ярмарочной деятельности, которая потом перешла в Нижний Новгород, как «карман» России. На рис. 2 показаны примеры города в городе «Город Мастеров» в Городец, и он уже возведен. На рис. 3 представлен макет возможного для реализации «Русского Голливуда» на реке Ока в Нижегородской области. Представлен-



Рис. 1. Макет Макарьевско-Желтоводского монастыря на реке Волга как исторический прототип морфологически устойчивого образа функциональности новейшего «Аркаима» (макетчик В. А. Норенков, архитектор С. В. Норенков)

ный на рис. 4 проект рабочего посёлка является иным взглядом в дипломной работе В.П. Силина на организацию вахтовых поселений. Данный посёлок приспособлен под суровый климат севера России и рассчитан на 4200 одновременно проживающих человек. В перспективных типологиях Аркаимов, как типических поселений с общественными и жилыми функциями, могло бы проживать от 1000 до 5000 человек.

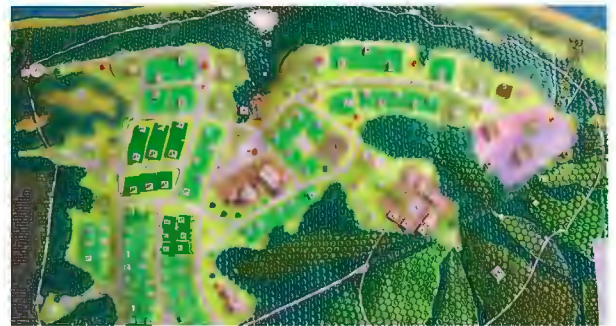


Рис. 3. Авторский макет поселения кинематографической группы Н. С. Михалкова под городом Горбатовым в Нижегородской области, рядом с местами, где снимались фильмы «Сибирский цирюльник», «Цитадель» и др. (архитекторы С. В. Норенков, И. М. Галич), также может служить прототипом новейшего «Аркаима»



Рис. 2. «Город в городе» – «Город мастеров»: исторический город Городец, основанный в 1152 г. (в монастыре почил Великий Александр Невский), имеет на своей пристани новую реализованную вариацию «Аркаима» как поселения для современных мастерских местных умельцев (Макет для проекта фирмы ООО «Этнос», ООО «Архитектон», директор архитектор Е. С. Крашенинникова и др.)



Рис. 4. Дипломный проект «Автономный крытый рабочий посёлок в Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края». Автор: Силин Владлен Павлович. Руководитель: Малых Ольга Владимировна – доцент, член Союза архитекторов России

Выводы. 1. В планах создания линейно-сетевых структур заселения новых территорий, с целями освоения важных для государства и людей ресурсов, необходимо ориентироваться на государственные интересы России с учётом опыта освоения громадных территорий

великими россиянами: Ермак Тимофеевич (выдающийся русский землепроходец Сибири, 1532–1585 гг.), Дежнев Семен Иванович (русский полярный землепроходец, 1605–1673 гг.), Хабаров Ерофей Павлович (исследователь Восточной Сибири, 1605–1671 гг.) и др.

2. Исходя из трудоресурсного потенциала России в основу функционирования вахтовых и долговременных поселений явно должны быть заложены энерго-информационные инновации, а для устойчивого развития аркаимизации необходимо скоростное транспортное сообщение разными системами коммуникаций, в массе параллельных энергетическим коммуникациям; транспортные сообщения, например через систему скайвей, следует делать параллельно с освоением или первоначально, а уже затем направлять в новые места людей в вахтовые посёлки на заработки или на новые места жительства.

3. Следует понимать, что делать с причиной возникновения населённых пунктов в конкретных местах, ведь на основной площади Сибири, как правило, нет ни трасс, ни поселений. На данный момент видится три основных варианта: 1) цепляться за месторождения полезных ресурсов и ставить вахтовые посёлки; 2) формировать рабочие посёлки, которые со временем перерастут в устойчивые моно-и полизадачные поселения; 3) организовывать расположение поселений именно как способ освоения территории, распределяя типологизированные «Аркаимы» таким образом, чтобы они образовывали некую новую векторную сетку, но при этом в долговременной перспективе все же имели эффективную транспортно-энергетическую связь.

4. В планировании, программировании и проектировании траекторий заселения по матрицам «Аркаимов» важно, чтобы не получились случайные наборы маленьких слободок, поселений, городков. Отступления и неучёт комплексов выверенных и обоснованных критериев – это уже на самом деле футурология или утопия, в отличие от научно-прагматической и планомерно-программируемой, регулярно финансируемой и профессионально-проектируемой организационной деятельности.

5. Естественной опорой для новых трасс и долин векторно-сетового заселения должно стать параллельное восстановление и освоение ресурсных территорий, бережное отношение к историческим поселениям и малым городам России. Следует ориентироваться на расширение их представленности в Национальных программах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крашенинникова Е.С., Норенков С.В. Архитектоника пространства человека: хронотопы ансамблеобразования: монография. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2018. 295 с.

2. Крашенинникова Е.С., Норенков С.В. Синархия артефактов творчества: архитектура ансамблеобразования: монография. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. 296 с.

3. Лаппо Г.М., Полян П.М. Результаты урбанизации в России к концу XX века // Мир России. 1999. Т. 8, № 4. С. 35–46.

4. Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим – Страна городов: пространство и образы (Аркаим: горизонты исследований). Челябинск: Крокос, 2007. 256 с.

5. Трудоресурсный потенциал России: Размышления и Управление / В. В. Воронин, Б. И. Кочуров, Ю. В. Поросенков, А. Г. Мытарев. М.: ЛЕНАНД: URSS, 2015. 381с.

6. Говард Э. Города будущего. Санкт-Петербург: Тип. т-ва «Обществ. польза», 1911. 177 с.

7. Левит Н.В., Батанина И.М. Новое на карте «Страны городов» // Аркаим. По страницам древней истории Южного Урала / науч. Ред. Г.Б. Зданович. Челябинск, 2004. С. 87–98.

8. Медоуз Д.Х., Райденс Й., Медоуз Д.Л. Пределы роста. 30 лет спустя / пер. с англ. Е.С. Оганесян; под ред. Н. П. Тарасовой. 3-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 358 с.

9. Моисеев Н.Н. Пути к созиданию. М.: Республика, 1992. 255 с.

10. Аркаим – укрепленное поселение эпохи бронзы степного Зауралья: почвенно-археологические исследования / В. Е. Приходько, И. В. Иванов, Д. Г. Зданович [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2014. 243 с.

11. Подолинный С.И., Каширина Н.В. Актуальные градостроительные модели экологизации мегаполисов // Вісник ПДАБА. 2012. № 1. С. 147–154.

12. Норенков С.В., Крашенинникова Е.С. Архитектоническое искусство: культура проектного творчества: монография. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2019. 295 с.

13. Норенков С.В., Крашенинникова Е.С. The problem of urban design universals: Modeling and planning of ensemble spaces // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering: TPACEE-2019: E3S Web of Conferences, Moscow, Russia, 20 november 2019. Moscow, 2020. Volume 164, art. no. 04004.

14. Норенков С.В., Крашенинникова Е.С. Синархитектоника: инвариант ноосферистики и всеобщей теории систем // Общие вопросы мировой науки: collection of scientific papers on materials XII International Scientific Conference, Brussels, 31 марта 2021 года. Brussels: Science Russia, 2021. С. 146–150.

REFERENCES

1. Krasheninnikova E. S. *Arhitektonika prostranstva cheloveka: hronotopy ansambleobrazovaniya: monografiya* [Architectonics of Human Space: Chronotopes of Ensemble Formation: Monograph]. Nizhniy Novgorod, NNGASU, 2018. 295 p.

2. Krasheninnikova E. S. *Sinarhiya artefaktov tvorchestva: arhitektonika ansamblestroeniya: monografiya* [Synarchy of Artifacts of Creativity: Architectonics of Ensemble Building: Monograph]. Nizhniy Novgorod, NNGASU, 2017. 296 p.

3. Lappo G. M., Polyan P. M. The results of urbanization in Russia by the end of the 20th century. *Mir*

Rossii [The World of Russia], 1999, vol. 8, no. 4, pp. 35-46. (in Russian)

4. Zdanovich G. B., Batanina I. M. *Arkaim – Strana gorodov: prostranstvo i obrazy (Arkaim : gorizonty issledovaniy)* [Arkaim – Country of cities: space and images (Arkaim: research horizons)]. Chelyabinsk, Krokus, 2007. 256 p.

5. Voronin V. V., Kochurov B. I., Porosenkov YU. V., Mytarev A. G. *Trudoresurnyj potencial Rossii: Razmyshleniya i Upravlenie* [Russia's Labor Potential: Reflections and Management]. Moscow, LENAND: URSS, 2015. 381 p.

6. Govard E. *Goroda budushchego* [The cities of future]. Saint-Peterburg, Tip. t-va «Obshchestv. pol'za», 1911. 177 p.

7. Levit N. V., Batanina I. M. New on the Country of Cities map. *Arkaim. Po stranicam drevnej istorii YUzhnogo Urala* [Arkaim. Through the pages of the ancient history of the Southern Urals]. Chelyabinsk, 2004, pp. 87-98. (in Russian)

8. Medouz, D. H. J. Rajdens, D. L. *Predely rosta. 30 let spustya*. [Limits to growth. 30 years later]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012. 358 p.

9. Moiseev N. N. *Puti k sozidaniyu* [Paths to creation]. Moscow, Respublika, 1992. 255 p.

10. Prihod'ko V. E., Ivanov I. V., Zdanovich D. G. and others. *Arkaim – ukreplennoe poselenie epohi bronzy stepnogo Zaural'ya: pochvenno-arheologicheskie issledovaniya* [Arkaim – a fortified settlement of the Bronze Age of the steppe Trans-Urals: soil and archaeological research]. Moscow, Rossel'hozakademiya, 2014. 243 p.

11. Podolinniy S. I., Kashirina N. V. Actual urban planning models of greening megacities *Visnik PDABA*, 2012, no. 1, pp. 147-154.

12. Norenkov S. V., Krasheninnikova E. S. *Arhitektonicheskoe iskusstvo: kul'tura proektnogo tvorchestva: monografiya* [Architectonic art: culture of design creativity: monograph]. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2019. 295 p.

13. Norenkov S. V., Krasheninnikova E. S. The problem of urban design universals: Modeling and planning of ensemble spaces. *Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering: TPA-CEE-2019. E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 164, art. no. 04004. DOI 10.1051/e3sconf/202016404004.

14. Norenkov S. V., Krasheninnikova E. S. Synarchitectonics: an invariant of noospheristics and general systems theory. *Obshchie voprosy mirovoj nauki: sbornik materialov XII Mezhdunarodnoj nauchnoy konferencii, Bryussel', 31 marta 2021 goda* [General issues of world science: collection of materials of the XII International Scientific Conference, Brussels, March 31, 2021]. Brussels, Science Russia, 2021. pp. 146-150. DOI 10.18411/gq-31-03-2021-30.

Об авторах:

НОРЕНКОВ Сергей Владимирович

доктор философских наук, профессор кафедры архитектурного проектирования Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65 E-mail: snorenkov@yandex.ru

NORENKOV Sergey V.

Doctor of Philosophy, Professor of the Architectural Design Chair Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Il'inskaya str., 65 E-mail: snorenkov@yandex.ru

СИЛИН Владлен Павлович

магистрант кафедры архитектурного проектирования Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65 E-mail: SKAT-T.silin@yandex.ru

SILIN Vladlen P.

Master student Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Il'inskaya str., 65 E-mail: SKAT-T.silin@yandex.ru

КРАШЕНИННИКОВА Евгения Сергеевна

кандидат философских наук, доцент Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65 E-mail: krash_es@mail.ru

KRASHENINNIKOVA Evgenia. S.

PhD of Philosophy, Associate Professor Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Il'inskaya str., 65 E-mail: krash_es@mail.ru

Для цитирования: Норенков С.В., Силин В.П., Крашенинникова Е.С. Градариные заселения восточных мегаполисов России: синархитектоника новейших векторно-сетевых «аркаимов» // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 81–87. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.11.

For citation: Norenkov S.V., Silin V.P., Krasheninnikova E.S. Progressive Settlements of the Eastern Megacities of Russia: Synarchitectonics of the Latest Vector-Network «Arkaims». *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 81–87. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.11.

А. К. ТУЯКАЕВА
А. Д. ОГУЛЕВА

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

FEATURES OF ARCHITECTURAL MONUMENTS IN NORTH KAZAKHSTAN

Рассматривается современное состояние и особенности архитектурных памятников Северного Казахстана на примере города Петропавловска. Изучены стилиевые, архитектурно-художественные и функционально-планировочные особенности определенных типов общественных зданий и сооружений XIX – начала XX вв.

This article examines the current state and features of the architectural monuments of the Northern Kazakhstan on the example of the Petropavlovsk city. The stylistic, architectural-artistic and functional-planning features of certain types of public buildings and structures of the 19th to early 20th centuries have been studied.

Ключевые слова: архитектура Северного Казахстана, памятники архитектуры, объекты культурного наследия, стилиевые особенности памятников

Keywords: architecture of the Northern Kazakhstan, architectural monuments, objects cultural heritage, stylistic features in monuments

Город Петропавловск находится в северной части Казахстана. Он был основан в 1752 г. как военная крепость Тоболо-Ишимской оборонительной линии на правом берегу реки Ишим. Со временем форпост становится крупным пунктом меновой и транзитной торговли, здесь сходились торговые пути из России и Средней Азии. К концу XVIII в. прибывающие торговцы и «служилые люди» стали осваивать близлежащую территорию к крепости, основывая первые поселения, как правило в подгорной части, так называемом нижнем форштадте [1]. Неблагоприятные для жизни условия нижнего форштадта привели население к освоению в середине XIX в. верхнего форштадта (нагорной части города). Нагорная часть города осваивалась зажиточной частью населения и богатыми купцами, всему этому свидетельствуют сохранившиеся многочисленные постройки города той эпохи. В современном Петропавловске можно встретить как целые улицы с исторической застройкой, так и единично сохранившиеся здания и сооружения конца XVIII – начала XIX в.

Но не только неблагоприятные условия стали причиной освоения верхнего форштадта. Свою весомую роль сыграло строительство и введение в эксплуатацию Транссибирской железнодорожной магистрали [1], а также рост промышленной индустрии города, возникшей благодаря переработке сельскохозяйственного сырья. Подъем экономики и вышеприведенные предпосылки явились толчком к развитию быстрорастущей строительной деятельности города.

Долгие годы город отображал в своей структуре и застройке уклад жизни населения. Он переживал развитие промышленности, рост населения, увеличение плотности застройки, появлялись новые районы, что-то перестраивалось, расширялось, что-то сохранялось, прокладывались новые улицы. Результаты таких преобразований отражены в памятниках архитектуры, которые являются документальным подтверждением состояния развития архитектурной и инженерной мысли того периода и нуждаются в сохранении [2, 3].

В исследовании ставилась задача проанализировать особенности архитектурных памятников города Петропавловска, которых насчитывается в общей сложности больше сотни. Проведенное исследование затронуло около 50 памятников из Государственного списка памятников истории и культуры Северо-Казахстанской области [4], по которым были выявлены следующие типы, исходящие из их первоначального назначения:

- торговые дома;
- культовые сооружения;
- здания смешанного использования;
- промышленные объекты;
- жилые усадьбы, купеческие дома;
- общеобразовательные учреждения;
- административные здания.

Для выявления особенностей данных типов памятники архитектуры были сгруппированы по типологической принадлежности согласно проверенным методикам [5, 6], рассмотрено их назначение, местоположение

в структуре населенного места, состояние, категория охраны, вид памятника и состав, стилевое направление и другие параметры.

Торговые дома. Это здания и сооружения, возведенные с целью осуществления предпринимательской деятельности, представляющие собой предприятие, специализирующееся в сфере торговли.

В данном случае торговые дома представлены бывшими купеческими магазинами, что составляет 14 % от общего количества памятников: Торговый дом купца Шамсутдинова, Магазин купцов Стреловых, Дом купца Черемисинова, Торговый дом братьев Княгиничевых и др. (рис. 1). По категории охраны эти объекты являются памятниками истории и культуры местного значения. Некоторые из них являются элементами ансамблей и представляют собой купеческие усадьбы с пристройками хозяйственно-бытового назначения, так называемыми лабазами. Большинство объектов имеет фронтально-осевую композицию, обусловленную месторасположением объектов вдоль главных улиц города. Этим же условием продиктована прямоугольная и Г-образная конфигурация планов зданий, предположительно галерейной и анфиладной структур. В настоящий момент каждый отсек плана работает автономно, используется под разные торговые и обслуживающие функции. Отличительной чертой, внедрённой в архитектуру местной культуры, является функционально-планировочная организация торгового дома купца Шамсутдинова, где изначально запроектировано наличие двух входов – женского и мужского.

В архитектурно-стилевом решении торговых домов можно проследить наличие декора-

тивных элементов, относящихся к кирпичному стилю и эклектике, с интерпретацией элементов барокко, модерна и неорусского стиля. Из этого ряда выделяется дом купца Черемисинова, выполненный в стиле неоклассицизма [7]. Все объекты в хорошем физическом состоянии.

Культовые объекты – это здания для культовых, религиозных нужд (рис. 2). Религиозные объекты в данном исследовании представлены:

- мусульманскими мечетями – Четвёртая соборная мечеть (Давлеткильдеевская), Пятая соборная мечеть «Дин-Мухамет», Шестая соборная мечеть «Нур» (Янгуразовская, Халитовская);
- православными храмами – Покровская казачья церковь, ныне Собор Святых Апостолов Петра и Павла, Всехвятская Новокладбищенская церковь, ныне Храм Всех Святых;
- католическим костелом.

Данные объекты в общей структуре города являются единичными строениями, составляют 13 % от общего количества памятников города и имеют статус памятников истории и культуры местного значения.

В архитектурно-стилевом решении мечети имеют прообраз, характерный для культовых зданий Татарского Поволжья, отраженный в таких приемах, как минарет над входом или минарет на кровле. «Мечети Северного Казахстана вобрали и преломили в себя элементы русской эклектики этапа историзма» [8]. В планировочном решении все мечети имеют прямоугольную конфигурацию, одноэтажные. Пятая соборная мечеть имеет минарет шестигранной формы, расположенный на кровле. Шестая и Четвертая соборные мечети имеют минареты рядом с входной группой, противоположно михрабной части. В плане минареты

а



б



Рис. 1. Торговые дома: а – братьев Княгиничевых; б – купца Шамсутдинова

а



б



в



Рис. 2. Культурные объекты:
 а – здание католического костёла;
 б – Шестая соборная мечеть «Нур»;
 в – Собор Святых Апостолов Петра и Павла

выполнены разной конфигурации: минарет Шестой соборной мечети – восьмигранный двухъярусный, минарет Четвертой соборной мечети – трёхъярусный цилиндрический. Все эти объекты находятся в разной степени сохранности: Четвертая соборная мечеть, в отличие от двух других, находится в аварийном состоянии и требует срочной реставрации.

Покровская казачья церковь, ныне Собор Святых Апостолов Петра и Павла по композиционно-планировочному решению имеет «тип корабля». Этот тип характеризуется планировочной организацией частей храма-притвора с колокольней и трапезной, центральной части и алтаря, выстроенными в одну линию, в плане имеет четырехчастный состав. Всехсвятская Новокладбищенская церковь, ныне Храм Всех Святых в композиционно-планировочном решении – крестово-купольного типа. Храм представляет собой крестовообразное в плане, трехчастное сооружение: трапезной, основного объема и алтаря. Оба храма находятся в отличном физическом состоянии и являются действующими.

Здание католического костёла – храм, построенный польскими ссыльными в 1911 г. В плане имеет Т-образную конфигурацию. Внешне облик здания решён строго и изящно. Главный фасад украшен лоджией с аркадой на цилиндрических колоннах, окантованной балюстрадой, играющей важную роль как просторный элемент здания.

Здания смешанного использования – бывшие жилые дома купцов, которые частично сдавались в аренду под коммерческие нужды. Эти объекты представлены такими памятниками, как: Дом коммерсанта Аркеля, Дом купца Чуканова, Дом купца А. Мухамедьярова (рис. 3).

Архитектурно-планировочное решение домов купца Мухамедьярова и коммерсанта Аркеля представлено фронтально-осевой композицией и Г-образной конфигурацией планов, обоснованным месторасположением на пересечении улиц. Первоначальная схема плана предположительно анфиладной структуры, в отличие от торговых домов, представленных выше. В настоящий момент все части плана работают совместно [7]. На первом этаже дома коммерсанта Аркеля располагалась квартира хозяина, мастерская и магазин готового платья, второй этаж занимал окружной суд. Сейчас это здание занимает Историко-краеведческий музей. В доме купца Мухамедьярова также второй этаж занимали жилые комнаты, первый этаж был отдан под магазин и складские помещения, сейчас там находится редакция газеты. Дом купца Чуканова прямоугольной конфигурации, на втором этаже которого проживала семья, а первый этаж сдавался под кондитерскую, в настоя-

а



б



в

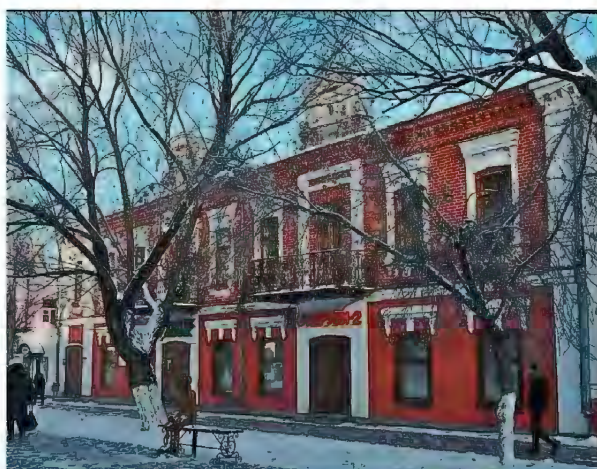


Рис. 3. Здания смешанного использования:
а – дом купца А. Мухамедьярова;
б – дом коммерсанта Аркеля;
в – дом купца Чуканова

щий момент здание занимает банк. Из общего количества памятников здания смешанного использования эта группа составляет 7 %.

Архитектура зданий смешанного использования отражает общие тенденции жилых домов. Стилистические решения некоторых домов выполнены в кирпичном стиле, «входящем в общее русло эклектики с интерпретацией элементов барокко» [8].

Промышленные объекты – это особый вид сооружений, предназначенный для организации внутри каких-либо технологических процессов (рис. 4). В зависимости от функционально-планировочного решения и типа производства данные здания имеют различные объёмно-планировочные характеристики, конструктивные и инженерные особенности. К данному типу относятся такие объекты, как: здание локомотивного депо, железнодорожный вокзал, здание первой электростанции, водонапорная башня, водонапорные башни и мельницы [9]. Объекты промышленной архитектуры составляют 20 % от общего количества памятников. Большинство объектов, находящихся в удовлетворительном физическом состоянии, имеют новые функции. Локомотивное депо, водонапорная башня и мельницы купцов Мазаева, Полякова и предпринимателя Муратова в плане имеют прямоугольную конфигурацию. Железнодорожный вокзал и здание первой электростанции в плане имеют сложную форму, состоящую из нескольких объёмов, примыкающих друг к другу. Отдельно стоит сказать о форме водонапорных башен, в основе которых лежит восьмигранная форма. Все эти объекты имеют планировочную структуру, связанную технологической схемой производства.

В данном типе главенствующим стилем является – кирпичный с интерпретированными элементами готики, отраженными в облицовке и декоративном убранстве зданий. Представленные в анализе промышленные объекты являются образцом исторической планировки провинциального купеческого города, характерной для начала XX в., выразившейся в застройке промышленных сооружений города.

Жилые усадьбы, купеческие дома – это памятники архитектуры, которые некогда были частной собственностью купцов и знатных людей, несшие определенные функции бытовых и иных нужд владельцев. Данные памятники имеют категорию охраны как местного, так и Республиканского значения. Составляя 22 % от общего количества памятников архитектуры, эта категория представлена как единичными строениями, так и ансамблями, включающими основное здание – непосредственно жилой дом и подсобно-хозяйственные объекты. Отличием этого типа является «закрытость» архитектурно-пла-



Рис. 4. Промышленные объекты: а – водонапорные башни; б – водокачка; в – мельница Товарищества «Мукомол» предпринимателя Муратова

нировочного решения, обусловленная погодно-климатическими условиями, а также необходимостью уединения дворовых пространств [7]. До наших дней сохранились массивные ворота и ограждения, соединяющие между собой постройки, создавая закрытое дворовое пространство. Декоративно-стилевое решение основной массы купеческих усадеб несут черты эклектики с интерпретированными элементами кирпичного стиля, а также неорусского, частично включающего элементы барокко и неоклассицизма. Прослеживается активный силуэт главного фасада, вытянутого во фронтально-осевую композицию. Из всего списка памятников данного типа особо выделяется дом купца Янгузарова, имеющий неповторимо-узнаваемую архитектуру, выполненную в стиле модерн. Можно выделить также дом купца Юзефовича, не имеющий в архитектурно-стилистическом решении себе подобных памятников в городе Петропавловске, несущий основные черты неорусского стиля [7, 8].

Общеобразовательные учреждения – это объекты, на территории которых осуществляется образовательный процесс. Для анализа были выбраны следующие объекты: Романовское училище, Училище реальное, Женская гимназия, Высшее начальное женское училище (Дом подрядчика Пирогова). Они представлены единичными строениями, имеющими, как и многие другие памятники, фронтальную композицию с акцентом на главный фасад в декоративно-стилистическом решении. Наиболее интересно фасадное решение Романовского училища, построенного к трехсотлетию правления дома Романовых. Декоративно-стилевое решение объекта выполнено в стиле эклектики с выраженными элементами модерна, отраженными в криволинейных пластичных мотивах элементов. В облицовке прослеживается кирпичный стиль. В плане представленные общеобразовательные учреждения имеют либо П-образную, либо Г-образную конфигурацию. Надо заметить, что локализация этих объектов

приурочена к определённому кварталу исторического центра, где они сконцентрированы.

Административные здания. Предназначены для размещения государственных и общественных учреждений, а также различного рода организаций, общедоступных для всего населения. Примерами данного типа могут служить такие объекты, как: Здание купеческого собрания, Кинотеатр «Новый свет», Здание полицейского участка, Почтово-телеграфная контора. Все они представлены единичными строениями, имеющими сдержанную пространственную композицию. В плане здания имеют прямоугольную конфигурацию, продиктованную расположением вдоль главных улиц города. Все объекты построены из кирпича, оштукатурены. Архитектурно-стилевое решение фасадов выполнено в стиле эклектики с элементами неоклассицизма, сдержанное. Отсутствует обильный декор, присущий вышепредставленным типам.

Выводы. Архитектурные памятники XIX – начала XX вв. города Петропавловска характеризуются следующими особенностями.

1. Классификация памятников архитектуры г. Петропавловска включает 7 типов:

- торговые дома;
- культовые сооружения;
- здания смешанного использования;
- промышленные объекты;
- жилые усадьбы, купеческие дома;
- общеобразовательные учреждения;
- административные здания.

2. Выявлены архитектурно-пространственные и функционально планировочные особенности памятников архитектуры:

1) *торговые дома* являются как самостоятельными объектами, так и элементами ансамблей купеческих усадеб с пристройками хозяйственно-бытового назначения, так называемыми лабазами. Большинство объектов имеет фронтально-осевую композицию, обусловленную месторасположением объектов вдоль главных улиц города;

2) *культурные объекты.*

Архитектура христианских храмов отражает тенденции культового строительства метрополии; в планировочном отношении прослеживается продольно-осевая (тип «корабля») и крестово-купольная композиция; в церковном зодчестве региона воспроизводится направление русско-византийского стиля.

Мечети имеют продольно-осевую структуру и уравновешенные гармоничные композиции, основанные на противопоставлении невысоких объемов моельных залов с вертикалями минаретов;

3) архитектура *зданий смешанного использования* отражает общие тенденции жилых домов; стилистические решения некоторых домов выполнены в кирпичном стиле, входящем в общее русло эклектики с интерпретацией элементов барокко;

4) *промышленные объекты* имеют планировочную структуру, связанную технологической схемой производства; в данном типе главенствующим стилем является – кирпичный;

5) *общеобразовательные учреждения* представлены единичными строениями, имеющими фронтальную композицию с акцентом на главный фасад в декоративно-стилистическом решении, выполненный в кирпичном стиле; локализация характеризуется концентрацией в определенном районе города;

6) архитектура *общественных зданий* отражает разные подходы к формированию объемно-пространственной композиции – от сдержанно упрощенных (Здание купеческого собрания и Резиденция Абылай-хана) до динамичных (Полицейский участок и Кинотеатр «Новый свет»); в стилевом решении просматривается интерпретация стиля эклектики, фасадное решение сдержанное, отсутствует обильный декор, присущий вышепредставленным типам; в плане объекты имеют прямоугольную конфигурацию, продиктованную расположением вдоль главных улиц города; все объекты построены из кирпича, оштукатурены.

3. Стилиевые направления в архитектуре памятников города включают следующие направления:

- эклектика с элементами барокко, модерна, классицизма;
- неорусский стиль;
- кирпичный стиль, в некоторых случаях с элементами готики и модерна.

4. Все типологические категории зданий развивали свойственные им архитектурно-планировочные принципы и приемы, способствовали созданию определенного характера архитектуры городской застройки.

Проведенный анализ памятников архитектуры города Петропавловска послужит основой для дальнейшей разработки рекомендаций по музеефикации памятников архитектуры Северного Казахстана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов М.А. Петропавловск в иллюстрациях и информациях. Санкт-Петербург: ООО «ИПК Бионит», 2004. 96 с.
2. Глаудинов Б.А. Эволюция зодчества Казахстана с древности до начала XX века: монография. Алматы: «ТОО Айлерон», 2016. 606 с.
3. Туякаева А.К., Огулева А.Д. Исторические особенности развития архитектуры городов северо-восточного Казахстана в XVIII–XIX вв. // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2020. № 4. С. 96–102.
4. Об утверждении Государственного списка памятников истории и культуры местного значения Северо-Казахстанской области. Постановление акимата Северо-Казахстанской области от 12 мая 2020 года № 111. Зарегистрировано Департаментом юстиции Северо-Казахстанской области 13 мая 2020 года № 6296 [Электронный ресурс] // ИПС «Әділет»: Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V20S0006296> (дата обращения: 15.11.2021).
5. Туякаева А.К., Кадырова Р.С. К вопросу о развитии процесса музеефикации архитектурных памятников Казахстана // XII Международная конференция им. В. Татлина «Реабилитация жилого пространства горожанина». Ч. 2. Пенза. 2016. С. 55–60.
6. Туякаева А.К. Перспективные направления развития музеефикации памятников архитектуры Казахстана // электронный научный журнал Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати «Природопользование и проблемы антропосферы». Тараз, 2018. №3. С. 213–217.
7. Самойлов К.И. Архитектура Казахстана XX века (Развитие архитектурно-художественных форм). М. Алматы: Издательство «М-Ари» дизайн, 2004. 930 с.
8. Исабаев Г.А. Стилиевые особенности архитектуры Казахстана второй половины XIX – начала XX в. Алматы.: ИД «Жибек жолы», 2017. 132 с.
9. Чекаева Р.У., Ревтова В.В. Региональные особенности архитектуры Северного Казахстана. Астана.: ТОО Мастер По, 2017. 87 с.: ил.

REFERENCES

1. Morozov M. A. *Petropavlovsk v illyustratsiyakh i informatsiyakh* [Petropavlovsk in illustrations and information]. St. Petersburg, ООО «IPK Bionit» Publ., 2004. 96 p.
2. Glaudinov B. A. *Evolyutsiya zodchestva Kazakhstana s drevnosti do nachala XX veka: monografiya*. [The evolu-

tion of architecture in Kazakhstan from antiquity to the beginning in the XX century: monograph]. Almaty, TOO Ayleron Publ., 2016. 606 p.

3. Tuyakayeva A. K., Oguleva A. D. Historical features of the development of architecture in the cities of north-eastern Kazakhstan in the XVIII-XIX centuries. *Vestnik Kazakhskoy golovnoy arkhitekturno-stroitel'noy akademii* [Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction], 2020, no. 4, pp. 96-102. (in Russian)

4. Ob utverzhdenii Gosudarstvennogo spiska pamyatnikov istorii i kul'tury mestnogo znacheniya Severo-Kazakhstanskoy oblasti. Postanovlenie akimata Severo-Kazakhstanskoy oblasti ot 12 maya 2020 goda № 111. Zaregistrirvano Departamentom yustitsii Severo-Kazakhstanskoy oblasti 13 maya 2020 goda № 6296 (On approval of the State List of Historical and Cultural Monuments of Local Significance in the North Kazakhstan Region. Resolution of the Akimat in the North Kazakhstan region of May 12, 2020 № 111. Department Justice in the North Kazakhstan region on May 13, 2020 № 6296.) Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V20S0006296> (accessed 15 November 2021).

5. Tuyakayeva A. K., Kadyrova R. S. On the development in the process museification of architectural monuments in Kazakhstan. *XII Mezhdunarodnaya konferentsiya im. V. Tatlina «Reabilitatsiya zhilogo prostranstva gorozhanina»* [XII International scientific conference of V. Tatlin «Rehabilitation of townsman's dwelling space»]. Penza, 2016, pp. 55–60. (in Russian)

6. Tuyakayeva A. K. Future directions of museification development of Kazakhstan architecture monuments. *Mezhdunarodnyy Nauchnyy zhurnal Vestnik TarGU im. M.Kh. Dulati «Prirodopol'zovanie i problemy antroposfery»* [International Scientific Journal Herald TarSU named after M.Kh. Dulati «Nature and Problems of Anthroposphere»], 2018, no.3, pp. 213–217. (in Russian)

7. Samoilov K. I. *Arkhitektura Kazakhstana KhKh veka (Razvitie arkhitekturno-khudozhestvennykh form)* [Architecture of Kazakhstan in the XX century (Evolution of architectural and artistic forms)]. Moscow – Almaty «M-ARI» Publ., 2004. 930 p.

8. Isabaev G. A. *Stil'evye osobennosti arhitektury Kazakhstana vtoroj poloviny XIX – nachala XX v.* [Stylistic features of the architecture at Kazakhstan in the second half XIX – early XX century.] Almaty, ID Zhibek zholy Publ., 2017. 132 p.

9. Chekaeva R. U., Revtova V. V. *Regional'nye osobennosti arhitektury Severnogo Kazakhstana, Uchebnoe posobie* [Regional features of the architecture in Northern Kazakhstan, Study guide]. Astana, TOO Master Po Publ., 2017. 87 p.

Об авторах:

ТУЯКАЕВА Айнагуль Кайырбаевна

кандидат архитектуры, ассоциированный профессор факультета архитектуры
Международная Образовательная Корпорация
Кампус Казахская Головная
Архитектурно-Строительная Академия
050043, Республика Казахстан, г. Алматы,
ул. Рыскулбекова, 28
E-mail: a.tuyakayeva@kazgasa.kz

TUYAKAYEVA Ainagul K.

PhD in Architecture, Associate professor of the Architecture Faculty
International Educational Corporation
Campus Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering
050043, Republic of Kazakhstan, Almaty,
Ryskulbekov str., 28
E-mail: a.tuyakayeva@kazgasa.kz

ОГУЛЕВА Анна Дмитриевна

магистрант факультета архитектуры
Международная Образовательная Корпорация
Кампус Казахская Головная
Архитектурно-Строительная Академия
050043, Республика Казахстан, г. Алматы,
ул. Рыскулбекова, 28
E-mail: anyuta.ogulewa@yandex.kz

OGULEVA Anna D.

Master's Degree Student of the Architecture Faculty
International Educational Corporation
Campus Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering
050043, Republic of Kazakhstan, Almaty,
Ryskulbekov str., 28
E-mail: anyuta.ogulewa@yandex.kz

Для цитирования: Туякаева А.К., Огулева А.Д. Особенности архитектурных памятников Северного Казахстана // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 88–94. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.12.

For citation: Tuyakayeva A.K., Oguleva A.D. Features of Architectural Monuments in North Kazakhstan. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 88–94. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.12.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



747.012

DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.13

А. С. БУТАБЕКОВА

ПРИНЦИПЫ БИОФИЛЬНОГО ДИЗАЙНА В ОРГАНИЗАЦИИ КОМФОРТНОГО ПРОСТРАНСТВА

PRINCIPLES OF BIOPHILIC DESIGN IN THE ORGANIZATION OF A COMFORTABLE SPACE

Рассмотрены принципы биофильного дизайна как способ изменения отношения человека к окружающему пространству. Как известно, растения благоприятно влияют на физическое здоровье, работоспособность и продуктивность, а также эмоциональное состояние человека и участвуют в создании гармоничного интерьера. Биофильное направление в архитектуре и дизайне представляется наиболее перспективным, поскольку соответствует наиболее актуальной из всех современных глобальных тенденций, основанной на принципах устойчивого развития общества. Будучи относительно новой концепцией на сцене дизайнов интерьера, у него есть много преимуществ, которые необходимо изучать. Следует отметить, что биофильный дизайн – это больше, чем просто мощная эстетика, это метод проектирования, который может повысить уровень здоровья и благополучия человека, а также улучшить окружающую среду.

Ключевые слова: биофильный дизайн, устойчивый дизайн, экологичность, пространство, природа

В настоящее время люди, как никогда раньше, подвержены стрессу и перегрузкам. Крайне негативно повлияла на физическое и эмоциональное состояние человечества пандемия Covid-19, ставшая вызовом современному обществу и изменившая привычный образ жизни [1, 2]. Не обошло данное глобальное явление и дизайн архитектурной среды, который является внешним отражением внутреннего мира общества в целом. Изоляция, в которой вынужденно находились все люди на планете, заставила нас осознать, что интерьер в первую очередь должен быть максимально комфортным, функ-

This article discusses the principles of biofilm design as a way to change a person's attitude to the surrounding space. As you know, plants have a positive effect on physical health, efficiency and productivity, as well as the emotional state of a person and participate in the creation of a harmonious interior. The biophilic direction in architecture and design seems to be the most promising, since it corresponds to the most relevant of all modern global trends based on the principles of sustainable development of society. Being a relatively new concept on the interior design scene, it has many advantages that need to be explored. It should be noted that biophilic design is more than just a powerful aesthetic, it is a design method that can improve human health and well-being, as well as the environment.

Keyword: biophilic design, sustainable design, environmental friendliness, space, nature

циональным и экологичным. Одним из направлений, отвечающим данным требованиям, является устойчивый дизайн (sustainable design), который подразумевает философию проектирования физических объектов, построенной среды и услуг для соблюдения принципов социальной, экономической и экологической устойчивости. Манифест устойчивого дизайна включает в себя запрет на использование невозполняемых природой ресурсов, минимальное влияние при производстве на окружающую среду, подчеркивая неразрывную связь человека с природой. Эта философия применима

повсеместно, начиная от «микрокосма» – проектирования небольших предметов обихода и заканчивая «макрокосмом» – проектированием целых городов, формированием среды обитания человека, которая, так или иначе, изменяет природный ландшафт Земли [3].

Понимание устойчивости среды неразрывно связано с биофилией, которая за последние сорок лет стала применяться не только в области биологии, но и далеко за ее пределами. Например, биофилия объединяет такие известные понятия, как устойчивый дизайн, экологический дизайн, бионика в архитектурной среде, флористика и др. Чтобы определить основные принципы биофильного дизайна, следует обратиться к определению, которое дает автор данного термина – немецкий психоаналитик Эрих Фромм. Впервые термин «биофилия» встречается в его работе под названием «Душа человека» (1964), затем получает развитие в знаменитой монографии «Анатомия человеческой деструктивности» (1973): «Биофилия – это страстная любовь к жизни и всему живому; это желание «роста», будь то человек, растение, идея или социальная группа. Биофильный человек предпочитает созидать, а не удерживать. Он хочет быть больше, чем имеет больше. Он способен удивляться и предпочитает узнавать новое, а не находить подтверждение старому. Он любит приключения жизни больше, чем уверенность. Он видит целое, а не только части; структуры, а не совокупность элементов. Он хочет творить формы и влиять на других посредством любви, разума и примера» [4] (рис. 1).

Двадцать лет спустя этот термин популяризировал американский основатель социобиологии Эдвард О. Уилсон, в 1984 г. выпустив книгу «Биофилия». Он утверждал, что у людей есть генетическая потребность взаимодействовать с природой и ее бионическими формами из-за эволюционной зависимости в выживании



Рис. 1. Пример биофильного дизайна

и для получения положительных эмоций [5]. Согласно данному утверждению, человек чувствует себя максимально комфортно, находясь в пространстве, приближенном к природе. И, конечно же, архитекторы и дизайнеры интерьера активно применяют такие природные элементы, как естественный свет, натуральные материалы, вода и живые растения в создании комфортного пространства. Но биофильный дизайн решает куда более глобальную задачу – не просто создать уютное место для работы или проживания, а принципиально улучшить психическое и физическое благополучие людей, чтобы человек чувствовал себя не только в безопасности, но и счастливым. Исходя из вышеназванной задачи, сформированы *принципы биофильного дизайна*:

1. Установить устойчивое и систематическое взаимодействие с природой.

2. Использовать опыт адаптации человека к природной среде в ходе эволюции для повышения уровня здоровья, физической формы и благополучия людей.

3. Поддерживать эмоциональную привязанность человека к определенному месту и пространству.

4. Способствовать позитивному взаимодействию между людьми и природой, чтобы воспитывать чувство родства и ответственности за человеческие и природные сообщества.

5. Поддерживать архитектурные решения, укрепляющие взаимосвязи, интеграцию мира природы и человека [6, 7].

Первый принцип биофильного дизайна указывает на то, что при проектировании пространства дизайнерам следует стремиться к созданию гармонии интерьера с природой. Было проведено множество научных исследований, свидетельствующих о преимуществах взаимодействия с природой и показавших, что благодаря природе можно повысить производительность труда, снизить уровень стресса, улучшить понимание обучения и увеличить темпы выздоровления от болезней. Так как отдельные проявления биофильного подхода усматриваются в органической архитектуре, в качестве примера взаимосвязи человека и природы можно рассмотреть одно из самых известных зданий органической архитектуры Дом над водопадом (Fallingwater) Фрэнка Ллойда Райта [8]. Благодаря комплексному использованию водопада в архитектуре дома – звук воды можно услышать по всей внутренней части дома, посетители чувствуют, что они «участвуют» в природе, а не «наблюдают» за ней со стороны (рис. 2). Кроме того, структура построена вокруг существующей зелени и охватывает местную геологию, включая большой

камень в центре гостиной. Есть также много стеклянных стен, объединяющих посетителей дома с окружающим лесом и природой. Чтобы улучшить поток пространства, Ф.Л. Райт включил много переходных пространств в доме (подъезды и палубы), он также расширил прямой и косвенный опыт природы, используя большое количество каминов органических форм, цветов и материалов.

Приведенный выше пример относится к присутствию природы в физическом смысле – через растительность, воду или животных, а также через природные элементы, такие как ветер, звуки и запахи. Визуальный аспект природы является ключевым в биофильном дизайне. Фундаментальным краеугольным камнем этого стиля является то, что элементы растительной и естественной жизни вплетены в общий дизайн и эстетику пространства, чтобы связать людей с природой осознанным, глубоким образом. Визуальный аспект, например обозрение растений, леса и воды, также может дополняться звуками и запахами, которые мы ассоциируем с миром природы.

Другой элемент биофильного дизайна включает в себя неживые, но органические ассоциации с природным миром. Это могут быть предметы, материалы, цвета и формы, которые проявляются в виде произведений искусства, мебели или текстиля. Проведено немало исследований, доказывающих, что искусственные элементы, имитирующие природу, могут быть чрезвычайно эффективными помощниками против стресса и усталости. Поверхности могут не иметь прямой связи с природой, но ассоциироваться с ней – например, интерьерные ткани с флористическими мотивами или обои.

Второй принцип биофильного дизайна позволяет использовать опыт контакта человека с природой. Он включает в себя неживые, но органические ассоциации с природным



Рис. 2. Дом над водопадом, Фрэнк Ллойд Райт

миром, например картины, предметы прикладного искусства, украшения, декоративные изделия, использующие природные мотивы и формы (больше известные как биоморфные формы). Таким образом, узоры или текстуры, которые встречаются в природе, а также материалы, связанные с природой (дерево, камень), создают отчетливую коннотацию природного мира и, таким образом, составляют важную часть биофильного дизайна. Очень важно, чтобы дизайнеры понимали свою ответственность за рациональное использование окружающей среды. Природные ресурсы планеты ограничены, поэтому рециклинг или повторное использование переработанного сырья являются приоритетными направлениями (рис. 3).

Третий принцип основан на том, что дружелюбная и комфортная архитектурная среда служит ресурсом самоподдержки и стабилизации личности. Задачей дизайнеров в данном случае стоит организация такого пространства, в котором будет приятно находиться вне зависимости от того, жилая это или рабочая среда. Из-за режима самоизоляции миллионы людей по всему миру вынуждены были месяцами работать в домашних



Рис. 3. Имитация дерева в отделке стен

условиях. Таким образом, дом стал и местом работы, учебы, спорта, и т. д., а для каждого занятия нужно предусмотреть соответствующую атмосферу и обстановку. С точки зрения взаимодействия с пространством существуют природные элементы, которые влияют на то, как мы его воспринимаем и наслаждаемся им. Будь то открытый вид на природу или место, где можно уединиться, чтобы расслабиться и провести время в тишине [9].

Следующие принципы указывают на то, что применение принципов биофилии положительно влияет на моральное состояние человека и на экологию в долгосрочной перспективе [10, 11]. Ниже приведены некоторые примеры, подтверждающие пользу применения принципов биофильного дизайна при организации предметно-пространственной среды. Ученая из Америки Кэтрин Райан обнаружила, что такие элементы, как звуки природы, улучшают психическое здоровье на 37 % быстрее, чем традиционный городской шум после воздействия стрессора. Другое исследование, проведенное Кейтлин Гиллис и Биргиттой Гатерслебен, показало, что включение растений во внутреннюю среду снижает стресс и повышает терпимость к боли (рис. 4); использование водной стихии и качественной визуальной перспективы также является умственно восстанавливающим для жителей [12].

В сфере образования и здравоохранения результаты оказались впечатляющими. Скорость обучения в биофильном интерьере выросла на 20–25 %, улучшились результаты тестирования, уровень концентрации и посещаемости школьников, сократились послеоперационные периоды восстановления на 8,5 %, уменьшилось применение обезболивающих препаратов на 22 % в лечебных заведениях.



Рис. 4. Растения в интерьере офиса

Вывод. Биофильные решения становятся все более распространенными в сфере проектирования пространства благодаря его положительному влиянию на здоровье и благополучие людей. По сути, формируются новые представления о художественном оформлении пространства: интерьер как пейзаж; архитектура как ландшафт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть I: общие положения, гипотеза исследования // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, №1. С. 110–117. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.
2. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть II: предпосылки, алгоритмы, результаты // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, №2. С. 117–129. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.
3. Устойчивый дизайн. Википедия. Свободная энциклопедия [доступ от 14.04.2003]. Доступ по ссылке http://www.en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_design
4. Фромм Э. Анатомия человеческой деструктивности. М.: Аст, 2004.
5. Гипотеза биофилии. Википедия. Свободная энциклопедия [доступ от 23.02.2021]. Доступ по ссылке http://www.360wiki.ru/wiki/Biophilia_hypothesis
6. Лекарева Н.А. «Зеленые» стандарты и развитие «зеленого» строительства // Градостроительство и архитектура. 2011. Т.1, №1. С. 6–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.1.
7. Kellert SR, Calabrese EF. The Practice of Biophilic Design; 2015.
8. Дом над водопадом. Википедия. Свободная энциклопедия [доступ от 08.08.2012]. Доступ по ссылке https://ru.wikipedia.org/wiki/Дом_над_водопадом
9. Орлов О.Г., Галицков С.Я., Вельямкина О.С. Алгоритм создания акустического комфорта при разработке проекта жилого дома // Градостроительство и архитектура. 2016. Т.6, №2. С. 56–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.11.
10. Радулова Я.И. Критерии экологичности в формировании пространственных границ в архитектуре и градостроительстве // Градостроительство и архитектура. 2015. Т.5, №1. С. 42–47. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.7.
11. Каракова Т.В., Воронцова Ю.С. Оптические иллюзии в дизайне интерьеров общественных пространств // Градостроительство и архитектура. 2014. Т.4, №2. С. 31–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.6.
12. Уилсон Э.О. Биофилия. Врожденная тяга к живому как связь человека с другими биологическими видами. М.: Ленанд, 2017.

REFERENCES

1. Monastyrskaya M. Ye. «Reslobalization» of cities as an effective response to the epidemiological challenge of the contemporary. Part I: general provisions, research hypothesis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 110-117. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15
2. Monastyrskaya M. Ye. «Reslobodization» of cities as an effective response to the epidemiological challenge of the contemporary. Part II: preconditions, algorithms, results. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 117-129. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17
3. Sustainable design (2003). Available at: http://www.en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_design (accessed 14 April 2003)
4. Fromm E. *The Anatomy of Human Destructiveness*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1973. 521 p. (Russ. ed.: Telyatnikova E. *Anatomiya chelovecheskoj destruktivnosti*. Moscow, Ast, 2009. 547 p.).
5. Biophilia hypothesis (2021). Available at: http://www.360wiki.ru/wiki/Biophilia_hypothesis (accessed 23 February 2021)
6. Lekareva N.A. "Green" standards and "green" building development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 1, pp. 6-9. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2011.01.1.
7. Kellert S.R, Calabrese E. *The Practice of Biophilic Design*. New York, John Wiley&son 2015. 27 p.
8. Fallingwater (2012). Available at: <http://www.abms.org/newsearch.asp> (accessed 8 August 2012)
9. Orlov O.G., Galitskov S.Ya., Velmyaykina O.S. The Algorithm for creating acoustic comfort during project development, residential building. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2016, vol. 6, no. 2, pp. 56-62. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.11.
10. Radulova Ya.I. Environmental criteria in forming spatial border architecture and urban planning. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2015, vol. 5, no. 1, pp. 42-47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.7.
11. Karakova T.V., Vorontsova Yu.S. Optical illusions in interior design of public spaces. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2014, vol. 4, no. 2, pp. 31-36. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.6.
12. Wilson E. *Biophilia: The Human Bond with Other Species*. Harvard University Press, Cambridge & London, 157 p. (Russ. ed.: Uilson E. *Biofilija: Vrozhden-naya tyaga k zhivomu kak svyaz' cheloveka s drugimi biologicheskimi vidami*. Moscow, Lenand, 2017. 304 p.).

Об авторе:

БУТАБЕКОВА Аида Сарсембаевна

магистр искусствоведческих наук кафедры дизайна и инженерной графики
Евразийский национальный университет
им. Л.Н. Гумилева
010000, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажымукана, 13а
E-mail: aelita_8@mail.ru

BUTABEKOVA Aida S.

Master of Art, the Design and Engineering Graphics Chair
L.N. Gumilyov Eurasian National University
010000, Kazakhstan, Nur-Sultan, Kazhymukan str., 13a
E-mail: aelita_8@mail.ru

Для цитирования: Бутабекова А.С. Принципы биофильного дизайна в организации комфортного пространства // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 95–99. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.13.

For citation: Butabekova A.S. Principles of Biophilic Design in the Organization of a Comfortable Space. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 95–99. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.13.

Е. А. ТЕМНИКОВА

ИДЕИ АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОГО СЦЕНАРИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭСТЕТИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЁ ВОСПРИЯТИЯ

IDEAS OF ARCHITECTURAL AND LANDSCAPE SCENARIO AND QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE AESTHETIC QUALITIES OF THE URBAN ENVIRONMENT IN THE PROCESS OF ITS PERCEPTION

Рассматривается роль количественной и качественной оценки эстетических свойств городской среды в процессе её восприятия и роль современной архитектуры в содействии этим изменениям. Дизайн среды рассматривается как понятие субъективное, и оценка эстетических качеств городской среды также воспринимается субъективно. «Местное» искусство – это одна из многих тенденций, зародившихся во второй половине XX в., однако оно имеет особое значение для распознавания городского пространства. Большинство современных архитекторов, ландшафтных архитекторов, средовых дизайнеров и урбанистов придают большое значение картированию архитектурного контекста, а художники подчёркивают индивидуальное выражение, автономность и универсальность искусств. Сохранение – это баланс между сохранением качества, значимости и особого характера исторически сложившейся территории. Роль урбанистов и специалистов в области сохранения природных ресурсов заключается в обеспечении баланса старого и нового.

Ключевые слова: архитектурно-ландшафтный сценарий, городское планирование, городская среда, сложившиеся ландшафты, городской пейзаж, исторически сложившиеся территории, городская среда, дизайн среды

Основной проблемой, с которой сталкиваются в настоящее время архитекторы, урбанисты, дизайнеры средового проектирования и специалисты по охране окружающей среды, является изменение исторически сложившейся городской ткани, внесение изменений и добавление новых слоёв в историческую городскую среду и сложившиеся ландшафты [1]. Прослеживается некое противопоставление защиты природы и проектировщиков. Защитники позиционируются как противники развития и подавления прогресса в рамках творчества нового поколения дизайнеров и урбанистов, ущемления их права на самовыражение в рамках современного меняющегося мира.

The role of quantitative and qualitative assessment of the aesthetic properties of the urban environment in the process of its perception is considered and the role of modern architecture in promoting these changes is determined. The design of the environment is considered as a subjective concept and the assessment of the aesthetic qualities of the urban environment is also perceived subjectively. "Local" art is one of the many trends that emerged in the second half of the twentieth century, but it is of particular importance for the recognition of urban space. Most modern architects, landscape architects, environmental designers and urbanists attach great importance to mapping the architectural context, and artists emphasize individual expression, autonomy and universality of the arts. Conservation is a balance between preserving the quality, significance and special character of the historically established territory. The role of urbanists and specialists in the field of conservation of natural resources is to ensure a balance of the old and the new.

Keyword: architectural landscape scenario, urban planning, urban environment, established landscapes, urban landscape, historically established territories, urban environment, environmental design

Однако стоит заметить, что изменения в архитектурно-ландшафтных идеях в городской среде неизбежны. Городские районы, здания, среда городских улиц, городские ландшафты изменяются и развиваются, стремясь соответствовать потребностям жителей [2–5] (рис. 1).

Важно определить роль количественной и качественной оценки эстетических свойств городской среды в процессе её восприятия и определить роль современной архитектуры в содействии этим изменениям. Данные изменения должны проходить таким образом, чтобы сохранить и выявить особый характер городской среды и её качество, которое жители считают важной и хотят сохранить [6–8].

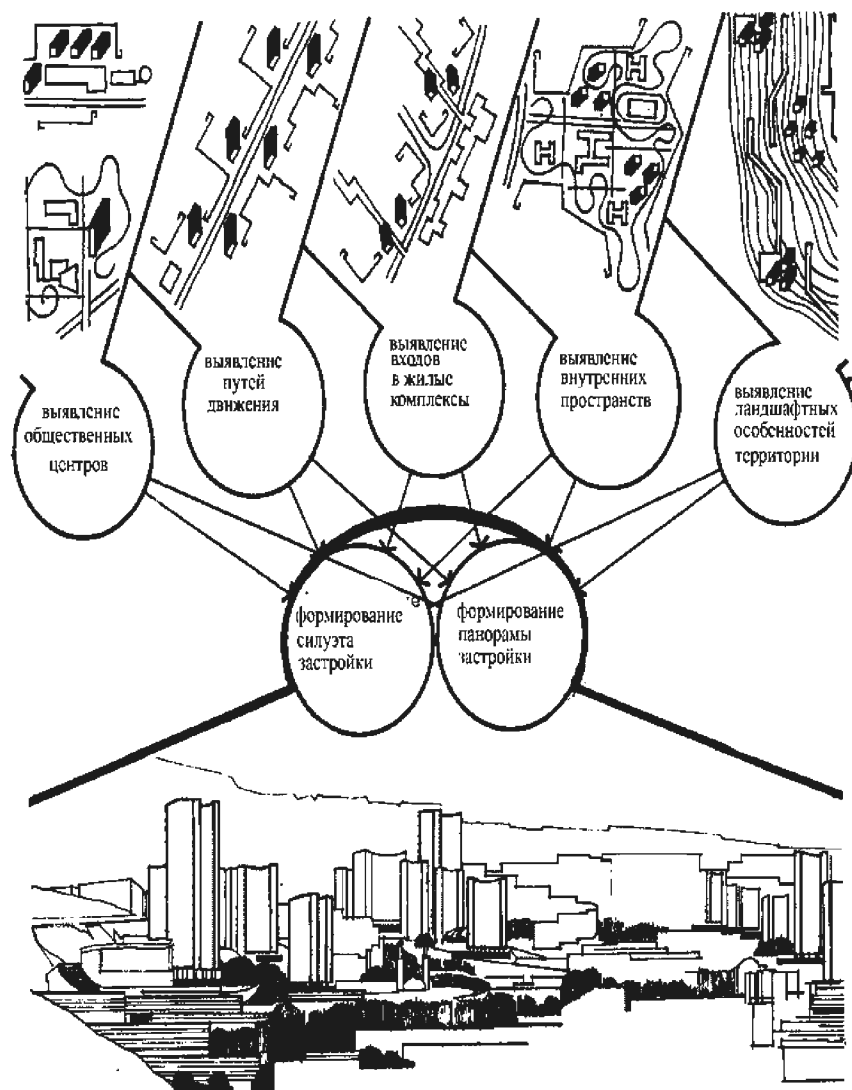


Рис. 1. Архитектурно-планировочные средства формирования городской среды

Исторически сложившаяся среда – это ряд ценностей наследия, таких как социальные, архитектурные и исторические. И совершенно естественно, что они имеют ещё и эстетическое значение. В связи с этим качество архитектурно-ландшафтного проектирования и средового дизайна немаловажно.

Ещё одна проблема состоит в том, что дизайн среды рассматривается как понятие субъективное и оценка эстетических качеств городской среды также воспринимается субъективно. Необходимо разрабатывать и представлять объективные рекомендации для оценки проектирования городской среды, в частности:

– что именно составляет развитие среды в рамках городского планирования;

– взаимодействие между дизайнером-урбанистами и представителями государственной власти для достижения высоких результатов [9].

Профессионалы способны определить эстетический уровень и качество дизайна, где эстетическое субъективно, а качество величина измеримая. Существуют определённые градостроительные установки, предписывающие ограничения по высоте застройки, габаритам и требования к использованию материалов [10].

В основном вопросы качества и эстетического восприятия рассматриваются более тщательно, когда речь идёт о проектировании зданий в исторической среде. И становится совершенно очевидно, что есть необходимость

в предоставлении рекомендаций и стандартов для оценки нового развития, которое происходит в городских ландшафтах, городских пейзажах и среде кварталов (рис. 2).

Рассмотрим объект всемирного наследия Айт-Бен-Хаду в Марокко как пример городского поселения, в котором традиционные формы и материалы используются для нового строительства. Это позволяет сохранить архитектурную целостность и аутентичность данной территории, гармоничное сочетание природы урбанистической среды. Естественно, что существуют разные взгляды на новое в исторически сложившейся среде. Одни профессионалы утверждают, что новое в исторической городской среде должно быть в стиле старого, другие наоборот ратуют за встраивание нового, как бы противопоставляя историзму и тем самым подчёркивая разность в восприятии [11]. Традиционные поселения, такие как Айт-Бен-Хаду в Марокко (рис. 3) или каменный город Занзибар демонстрируют исторически сложившиеся строительные традиции, иллюстрирующие первый подход, тогда как, например, Риджент стрит в Лондоне в до современную эпоху следовала историческому концептуальному решению, с приходом же современных реалий меняет свой облик, используя современные инновации, материалы и технологии.

Многие современные урбанисты считают, что каждое поколение должно вносить свои

коррективы в среду. Новые слои будут отражать идеи, материалы, технологии и аутентичность своего поколения. Фактически историческая среда может вместить в себя большее количество интерпретаций и современных выражений. Здесь решающим будет соотношение старого и нового. Масштаб, материалы, форма, колористические решения, детали – вот то, что важно учитывать при оценке воздействия новой застройки на исторический город или квартал. Как в случае с любыми природоохранными работами, понимание важности исторического места имеет решающее значение. Главной задачей проектировщиков будет являться то, чтобы их проект способствовал обогащению среды и ни в коей мере её обеднению.

Процесс формирования городского пейзажа происходит на всех уровнях восприятия: панорама; архитектурные и скульптурные композиции; городская скульптура.

Некоторые формы визуального искусства доминируют, некоторые являются акцентами в городской среде, какие-то несут историческое или культурное послание, другие провоцируют современной формой, но и те и другие индивидуализируют городское пространство, становятся важными пространственными метками, облегчают ориентирование и навигацию, а также являются некими ментальными точками на картах жителей и туристов [12].

Реконструкция и строительство улицы Ново-Вокзальной (от ул. Ново-Садовая до Московского шоссе)



Ситуационная планировка района



Рис. 2. Концепция формообразования линейного пространства. Самара, ул. Нововокзальная. Авторы: Е.А. Темникова, А.А Темников



Рис. 3. Айт-Бен-Хаду в Марокко

Рассмотрим, например, значение коммеморативного искусства, которое подчёркивается многими авторами, придаёт городскому пространству некую историческую преемственность и объединяет местные сообщества. Скульптурная архитектура некоторых памятников и мемориалов, таких как Музей Холокоста Д. Либескинда и Мемориал убитым евреям в П. Эйзенмана, расплывшихся в Берлине – некогда столице нацизма, – являются всемирным символом коллективной памяти (рис. 4).

«Местное» искусство – это одна из многих тенденций, зародившихся во второй половине XX в., однако оно имеет особое значение для распознавания городского пространства. Большинство современных архитекторов, ландшафтных архитекторов, средовых дизайнеров и урбанистов придают большое значение картированию архитектурного контекста, а художники подчёркивают индивидуальное выражение, автономность и универсальность искусств.

Архитектурное искусство всегда привязано к местности, хотя некоторые архитекторы, такие как Рем Колхас, продвигают так называемую провокационную похвалу индивидуализма и независимости произведения от контекста. Ливон Квон описывает нестабильную взаимосвязь между местоположением и идентичностью, а также споры вокруг произведений искусства, «привязанных к конкретным ме-

стам», созданных Джоном Ахерном, Ричардом Серра и др.

Необходимо упомянуть, что в 1970–1980-е гг. подходы к публичному искусству, ориентированные на конкретные места, побуждали художников делить обязанности с архитекторами и градостроителями при принятии решения о пространственном расположении в общественных местах. Подобные действия были предприняты и в Европе с целью создания «руководства по планированию благоустройства», а также методологии и основы для культурного картирования и планирования. Учитывая растущую популярность культурного туризма, следующим шагом в развитии искусства, ориентированного на конкретные места, станет искусство, ориентированное на туристов. Стоит упомянуть и экологический тренд, представленный немецким художником Гербертом Драйзейтлем. Это создание водных композиций и скульптур с использованием удержания, инфильтрации и рециркуляции дождевой воды (Потсдамская площадь в Берлине; парк Тоннер – Спрингс в Портленде, США). Разнообразие водных форм и их психологическое взаимодействие имеют решающее значение для повышения качества городского пространства как в эстетическом, так и в символическом аспекте.

Локализация, форма и функции, а также передача произведений искусства играют важ-



Рис. 4. Мемориал убитым евреям в П. Эйзенмана

ную роль в процессе повышения привлекательности общественных пространств и индивидуализации городского пейзажа. Пейзаж может быть важным элементом визуальной информационной системы, фактором интеграции местного сообщества и способом создания идентичности общественного достояния [13].

Стоит отметить, что сохранение – это баланс между сохранением качества, значимости и особого характера исторически сложившейся территории. Роль урбанистов и специалистов в области сохранения природных ресурсов заключается в обеспечении баланса старого и нового, чтобы современное решение не нанесло ущерба исторически сложившейся территории. Дизайнеры признают, что работа в историческом контексте – это не ограничение, а новые возможности, где целое больше, чем сумма отдельных частей, где современное здание способно добавить новый богатый слой и сыграть роль будущего наследия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кармона М. Общественные пространства – городские места: размеры городского дизайна // Architecture Press. 2003.
2. Насар Дж. Эстетика городского дизайна – оценочные качества экстерьеров зданий // Окружающая среда и поведение. 1994. №26(3). С. 377–401.
3. Дущев М.В. Современный город. Живые реальности истории // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 139–154. DOI:10.17673/Vestnik.2021.02.19.
4. Орлова Н.А., Орлов Д.Н., Гаршина А.А. Ревитализация исторического квартала. Опыт применения контекстуального подхода // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 108–118. DOI:10.17673/Vestnik.2020.04.14.
5. Вавилонская Т.В., Райхель Ю.Л. Новый подход к комплексной реконструкции исторических кварталов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 91–99. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.12.
6. Портеус Дж. Д. Экологическая эстетика: идеи, политика и планирование. Лондон, Рутледж, 1996.
7. 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.
8. Каракова Т.В. Средовые проблемы мегаполиса // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №2. С. 114–116. DOI:10.17673/Vestnik.2018.02.19.
9. Гутнов А.Э., Лежава И.Г. Будущее города. М.: Стройиздат, 1977. 126 с.
10. Темникова Е.А. Программа развития застроенных территорий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сб. статей / под ред. М.И. Бальзаникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2015. С. 385–390.

11. Каракова Т.В., Ребайн Т.В. Некоторые вопросы территориального развития городских центров // Вопросы формирования планировочной структуры расселения: Межвуз. сб. науч. тр. Куйбышев: Куйб. гос. ун-т, 1983. С. 142–147.

12. Самойлов В. Беседки, перголы, ротонды и другие малые архитектурные формы. М.: Аделант, 2007. 352 с.

13. Палентреер С.Н. Садово-парковое и ландшафтное искусство. М.: Изд. МГУЛ, 2003. 212 с.

REFERENCES

1. Carmona M. Public spaces – urban places: size of urban design. Architecture Press, 2003.

2. Nasar J. Aesthetics of urban design – evaluation qualities of exterior buildings. *Okruzhajushhaja sreda i povedenie* [Environment and behaviour], 1994, no. 26(3), pp. 377–401. (in Russian)

3. 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.

4. Orlova N.A., Orlov D.N., Garshina A.A. Revitalization of the Historical Quarter. Experience of the Contextual Approach Application. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 108–118. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2020.04.14.

5. Vavilonskaya T.V., Paikhel' Yu.L. New Approach to the Comprehensive Reconstruction of Historical Quarters. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 91–99. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.12.

6. Porteous J. D. Environmental aesthetics: ideas, policy and planning. London, Rautledzh, 1996.

7. 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, 3. pp. 113–125. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2019.03.15.

Об авторе:

ТЕМНИКОВА Елена Анатольевна

доцент кафедры дизайна

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

8. Karakova T.V. Environmental problems of the megapolis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018. vol.8, no. 2. pp. 114–116. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.02.19.

9. Gutnov A.Je., Lezhava I.G. *Budushhee goroda* [The future of the city]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 126 p.

10. Temnikova E.A. Development program of built-up areas. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn: sb. Statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design: sb. articles]. Samara, SGASU, 2015, pp. 385–390. (in Russian).

11. Karakova T.V., Rebain T.V. Some issues of territorial development of urban centers. *Voprosy formirovaniya planirovochnoj struktury rasselenija: Mezhvuz.sb. nauch. tr.* [Issues of formation of settlement planning structure: Mezhvuz.sb. scientific. tr.]. Kuibyshev, KulSI, 1983, pp. 142–147. (in Russian).

12. Samoilov V. *Besedki, pergoly, rotondy i drugie malye arhitekturnye formy* [Arbors, pergolas, rotundas and other small architectural forms]. Moscow, Adellant, 2007. 352 p.

13. Palentreer S.N. *Sadovo-parkovoe i landshaftnoe iskusstvo* [Garden, parking and landscape art]. Moscow, MGUL Publishing House, 2003. 212 p.

TEMNIKOVA Elena A.

Associate Professor of the Design Chair

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

Для цитирования: Темникова Е.А. Идеи архитектурно-ландшафтного сценария и количественной оценки эстетических качеств городской среды в процессе её восприятия // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 100–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.14.

For citation: Temnikova E.A. Ideas of Architectural and Landscape Scenario and Quantitative Assessment of the Aesthetic Qualities of the Urban Environment in the Process of its Perception. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 100–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.14.

S. A. MALAKHOV
M. T. ALSAYED AHMAD

С. А. МАЛАХОВ
М. Т. АЛСАИЕД АХМАД

FLEXIBILITY AND SUSTAINABILITY FACTOR IN UNORGANIZED AND ORGANIZED TYPES OF URBAN ENVIRONMENT

ФАКТОР ГИБКОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ В НЕОРГАНИЗОВАННЫХ И ОРГАНИЗОВАННЫХ ТИПАХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

The paper analyzes the flexibility factor of architectural objects to adapt to the ongoing natural changes: the transformation of property, social conditions, kinship, cultural and functional programs. Two diametrically opposed types of buildings act as an object of analysis and potential transformation based on the application of the principle of flexibility. The first type refers to the informal urban formations, developed in the process of extensive growth of the urban peripheral areas, the second – to the extra organized construction: high-rise residential construction, defines the conditions for sustainable development of building, examines examples of experiments, hypothesizes the creation of an effective model of flexible architectural and planning approach to the two types of urban environment.

Keywords: two types of urban environment, unorganized building, super organized building, flexibility factor, sustainable environment, sustainability indicators, finding a balance of the two typologies, the role of an integrated approach

Introduction. The problem of sustainable urban development in two types of environment: unorganized and organized areas of the city

Urbanization is defined as the process of growth or increase in the number of people in areas classified as urban, or it can be seen as an increase in the concentration of population and activities in urban areas. With the rapid growth of cities naturally due to birthrates or to increased rural-to-urban migration, the facilities in many urban areas become inadequate. Today, according to UN statistics, more than half of the world's population lives in urban areas, and by 2050 this number will rise to 6.5 billion (nearly two-thirds of humanity) [1] (Fig. 1). Meanwhile, the overall economic situation has proved disproportionate to such rapid

Анализируется фактор гибкости архитектурных объектов, позволяющий адаптировать застройку к происходящим естественным изменениям: трансформации собственности, социальных условий, родственных связей, культурных и функциональных программ. Два кардинально противоположных типа застройки выступают как объект анализа и потенциального преобразования на основе применения принципа гибкости. Первый тип относится к неформальным городским образованиям, сложившимся в процессе экстенсивного роста городских периферийных районов, второй – к сверхорганизованной застройке – многоэтажному высотному строительству жилья. Определяются условия устойчивого развития застройки, исследуются примеры экспериментов, выдвигается гипотеза создания эффективной модели гибкого архитектурно-планировочного подхода к двум типам городской среды.

Ключевые слова: два типа городской среды, неорганизованная застройка, сверхорганизованная застройка, фактор гибкости, устойчивая среда, показатели устойчивости, поиск баланса двух типологий, роль комплексного подхода

population growth, resulting in a large number of amateur peripheral housing developments of poor quality. Such development is commonly referred to as informal, or unorganized. About 28% of all urban residents live in poor, unorganized neighborhoods, such as those in the Arab countries. The life of these areas is accompanied by many complex social and economic problems, including serious environmental consequences [2, 3].

At the same time, unorganized neighborhoods form a specific atmosphere characterized by special cultural rituals, mutual adaptation of residents within neighborhoods, and partial freedom in aspects of self-government and self-development. In different types of unorganized neighborhoods, the established rituals of self-government, despite the organic nature of the relationships, are not

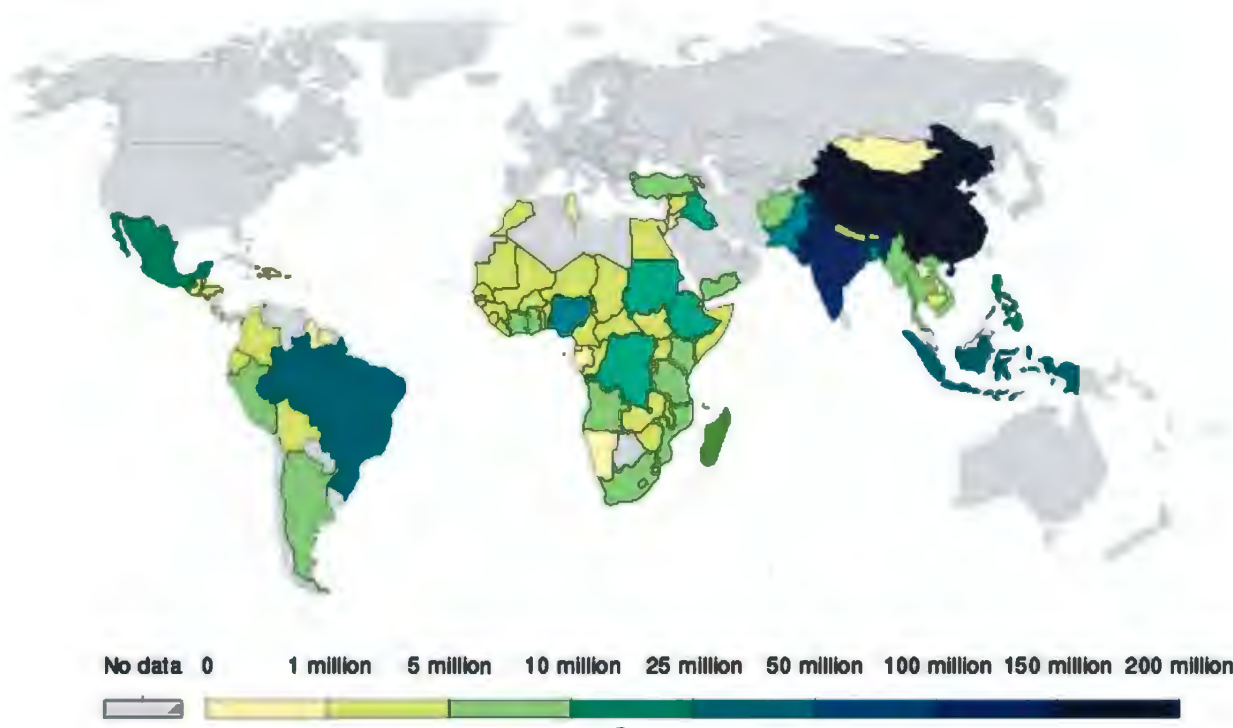


Fig. 1. Urban population living in slums, 2014

always legitimate and free from criminal influence. These are, for example, the famous Brazilian favelas in Rio de Janeiro and São Paulo [4] (Fig. 2).

The unorganized development of large cities and megalopolises around the world ranges from ultra-dense slums (Mumbai, Rio de Janeiro) (Fig. 3) to relatively prosperous “private sector” areas (Anapa, Rostov) (Fig. 4) and historic urban areas with courtyard-type development (Tabriz,

Samara, Odessa, Venice). Common features of this type of neighborhoods are a high level of autonomy from state and design control, various forms of self-government, established communities, spontaneous development of private development as the functional needs of families and neighborhoods change. The most common problems of these areas are insecurity from the activities of large players in the construction



Fig. 2. A favela in Rio de Janeiro. The public transport stop is the boundary between the unorganized and “well-to-do” areas of the city. The picturesque architectural appearance of the favela is an attraction for tourists. The spontaneous form reveals the unregulated construction initiatives of the favela’s inhabitants



Fig. 3. Unorganized development in Mumbai, India (Dharvi slum) against the background of the high-rise district of the capital. The contrast of the two living standards. The excessive level of poverty deprives the slums of the attractiveness inherent in the spontaneous architecture



Fig. 4. Unorganized development of the old quarters of Anapa. Obvious signs of non-project development of the territory of private plots of the residential area of the city. Weak horizontal neighborhood ties, but a fairly high level of well-being of the owners of backyards

market, the relative level of poverty (from extremely high to zero), insufficient engineering infrastructure, environmental violations, lack of public spaces and social infrastructure facilities.

The opposite type of deficit urban typology is the over-organized residential areas of multi-story residential buildings, combined into complexes, designed and built according to unchangeable and strictly controlled programs and regulations (Fig. 5).

The problems of this ultra-organized typology should include the almost complete absence of any possibility of expanding the living space of the family when changing its composition, and – such important circumstances as the inability to organize effective neighborhood connections, psychological discomfort due to separation from the land, the inability for residents to show creative initiative to change the environment of their habitat.

The flexibility factor in the search for a balance between organized and unorganized types of urban areas

The flexibility factor is a strength and a weakness of the unorganized areas; a strength because it allows this development to adapt to the continuous changes that occur, but a weakness because the excessive flexibility generates the effect of disorder in the relationship with the formal institutions of the state, including – with its social security and protection system. The same factor in the over-organized typical development of multi-story peripheral areas of the city manifests itself as a lack of flexibility. As a result, excessive order and control begin to dominate self-development.

Consequently, we draw attention to the contradictory nature of the flexibility factor. Considering the sustainable environment and the well-being of urban residents as the main goal, we



Fig. 5. Design of a 17-story apartment building by info@portal.group with a rigid standard layout of apartments. An example of organized development based on state and regulatory regulation

find that the excessive flexibility of unorganized areas gradually accumulates the threat of chaos and distress, but maintains the energy of self-expression, while over organized environment generates a special type of initiative-free existence while preserving external signs of relative well-being.

The factor of flexibility of urban planning policy and architectural and planning solutions is identified by us as a key aspect of the formation of a sustainable, that is, prosperous environment. But its implementation within the considered typologies – is a relatively new goal.

Accordingly, to fully take into account the flexibility factor requires a change in the number of strategic policies of the authorities, professionals, residents and investors in relation to the two mentioned types of urban environment, contrasting to each other. And although the architectural shop is not the main actor in the implementation of change, it is the architectural view of the problem is characterized by holistic coverage of its disparate components.

The task of our study is to find and develop concepts that bring together the two typologies under study in the optimal zone of strategic initiatives aimed at the creation of a third typology of residential environment in the framework format. This third typology is designed not only to combine the best characteristics of unorganized and over-organized approaches to development, but also to preserve the concept (factor) of flexibility as a basic imperative of sustainable environmental development.

Let's consider examples of ongoing experiments indicating the intention to implement comprehensive actions based on the strategy of flexible projects, or – the "flexibility factor". Architectural solutions in such experiments may precede all other relevant sections of conceptual developments of the sought "typology of balance". The search for social balance, says Chilean architect Alejandro Aravena, depends to a large extent on the chosen strategy of architectural companies. "It is a mistake to expect society to be interested in the problems of architecture. In fact, architecture has to keep its finger on the pulse and know what society needs at the moment," Aravena explains. – We create channels through which society can find solutions to existing problems" [5].

Architectural flexibility. Experiments

Stanislas Chaillou associates architectural flexibility with the natural process of functional metabolism and gives the flexibility factor a central place in the development of design methods of the 21st century: "Flexibility" in architecture refers to the ability of a building to continuously adapt its space layout and even its structure to evolving

needs. Stemming from the Modernist movement's dream which emerged in Japan in the 60's, the ideal of buildings as constantly evolving entities blends together three main aspirations: the need for a more efficient built environment, an answer to urban centers densification and the humanist promise of a city that would adapt to its citizens" [6].

The modernist movement mentioned by Chaillou was founded by the architects Kikutake and Awazu, and one striking example of their idea of change according to external circumstances was Kurokawa's Nakagin Tower project. «The ideal scheme of the metabolic building is derived from an analogy with biology and nature: a tree. The core, the vertical circulation and the serving functions would be hosted in a trunk-like megastructure, on to which prefabricated-habitation capsules would be added, and ultimately replaced. From the "trunk" (core) to the "branches" (units), concerns of function and lifespan are radically distinct: the core is long-lasting while the units are interchangeable. The core serves the units for access and structural support» (Fig. 6).

«The Nagakin Capsule Tower, by Kisho Kurokawa best exemplifies the application of such a scheme. Built in 1972, the "Capsule Hotel" was an attempt by Kurokawa to align the Metabolist vision with the reality of construction. Using prefabricated units that would fit on transportation trucks Kurokawa erected in 30 days a residential tower, in the middle of the Shimbashi neighborhood, in Tokyo. The square concrete core was designed to host an elevator and a stair case, giving access successively to each capsule. Each one was self-contained and entirely prefabricated before being brought on-site» [7].



Fig. 6. Nakagin Tower, by K. Kurokawa

Although the author of this project did not succeed in further flexible replacement or addition of cells around the main core, the very idea of a flexible building with regard to cell autonomy has had a significant impact on further research in the field of flexible buildings. It is important for us that, for example, SANAA, a firm founded in Tokyo by Kazuyo Sejima and Ryue Nishizawa, continued to experiment with flexible layout while maintaining a focus on cell independence within the facility.

A closer look at the plans of SANAA's buildings reveals a parallel with the Metabolist manifesto: a revival of the unit as a free element in space. The matrix has vanished, leaving room for a continuous space into which the units are laid out. The focus is now on the "in-between" conditions that the neighboring of units creates. The system does not envision growth or reconfiguration, but the serendipity of the plan suggests a very organic organization of spaces. The idea of the organic organization of space is now based not on the external manipulation of cells, but on the rethinking and changing of the «space between cells (Fig. 7).

Studying the experiments of metabolists and SANAA, Chaillou concludes that the flexibility factor was only formally considered in their designs. These experiments were marked by the creation of some stylistic "images of flexibility", while no functional changes in fact took place. Therefore, it became important for Chaillou to develop proposals for "truly flexible" buildings. Chaillou's concept is illustrated by the manifesto and conceptual design of The Synaptic Building [6] (Fig. 8).

The current search for a "third typology" that combines the best qualities of "flexible unorganized building" and "rigid over-ordered" on a balance basis takes place both in the sphere of intellectual concepts, like The Synaptic Building, and in the "urgent" actions of various countries and design companies, aware of the dramatic difference of the established approaches: informal and controlled.

Singapore-based design firm Urban-Rural Systems has developed an innovative housing prototype designed to respond to uncontrolled urban sprawl while providing better infrastructure for migrants from rural to urban areas. The first prototype of an expandable home was built based on this design. According to the design concept, the dwelling can be flexibly modified in order to increase its usable area. To meet these needs, the experimental house is designed with a roof that can be raised and a floor and foundation strong enough to support up to three stories (Fig.9) forming a multipurpose building (Fig. 10). Not only does this model allow for flexible financing-owners can expand their home from a single-story to a multi-story as needed-but it also promotes vertical growth to reduce urban sprawl. The adaptable

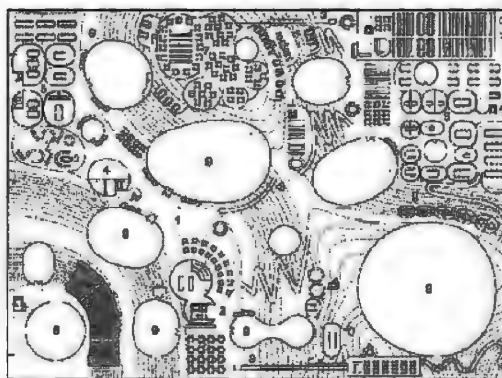
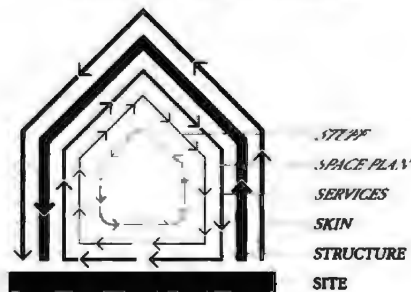
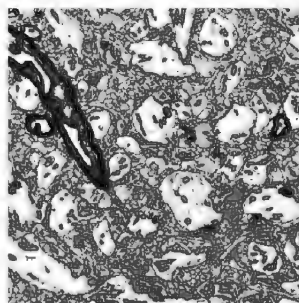


Fig. 7. The flexibility that SANAA offers at the Rolex Learning Center borrows significantly from Metabolist principles. The library, information desk, shops, and working "bubbles" are purposely misaligned with the column grid, to suggest the organicity of the scheme. The units' geometry is also distinct. The space left for "in-between" conditions is vast, and leaves room for its appropriation by the users (the couch area, the café, etc.)



SHEARING LAYERS OF CHANGE. Because of the different rates of change of its components, a building is always tearing itself apart.

Fig. 8. The Synaptic Building offers a new definition of our built environment, as a synaptic network, mirroring the principles of the human neural network. The same way our cortex performs through the action of individual neurons, a building can be thought as a set of connected "units" (elementary cells of activity, ie a retail, an office, a kitchen), that migrate and evolve across the building floors. A new usage implies a new space layout, a new space layout results in new building performances and new performances inform the space layout

housing system also includes rainwater and solar collection systems, passive design principles, local sewer systems, and food production systems for self-sufficiency and small business growth [6].

Thus, the goal was to build a flexible residential architectural unit that could:

- change according to use;
- generate income;
- manage waste, water and energy locally.

The residential area is divided into 16 lots, each with a green space with bamboo plantations and a

communal septic tank. There are also commercial services and open spaces (Fig. 11) [6].

The Expansion House Project addresses the housing needs of unorganized areas in Indonesia. The Expansion House offers affordable and environmentally friendly housing options for rapidly growing populations in major cities and elsewhere in Asia, combining lessons from existing informal settlements, precedents for incremental construction, and sustainable building principles in tropical climates (Fig. 11).



Fig. 9. Expansion of houses in Indonesia (1,2,3 -elevations)



Fig. 10. Mixed use residential units

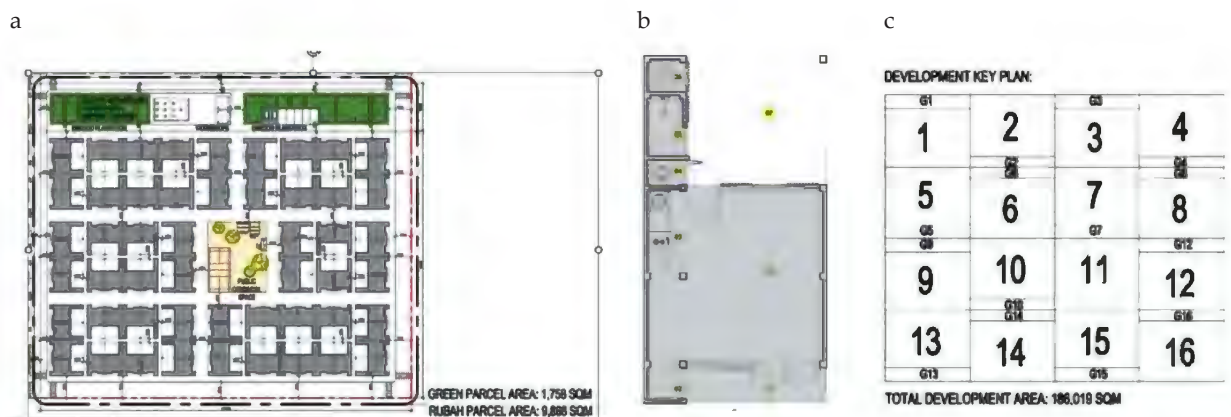


Fig. 11. a – The area is divided into 16 plots; b – one of the plots; c – plan of the house

The search for an adaptive typology in the projects of the Chilean architect Alejandro Aravena is of considerable interest.

Since 2000, his company has built more than 2,500 residential units for low-income families in Chile. One of the main principles of the Elemental bureau, headed by Aravena, is called “half of a good house (Fig. 12). Builders erect the boxes of future low-rise homes, run minimal utilities, and the rest is discussed with the residents, who take over



Fig. 12. Elemental Monterrey residential complex, 2009, Mexico, Santa Catarina. Architect Alejandro Aravena. Illustration of “planned self-development”: half of each house is designed, the other half is built up by residents as conditions change. The flexibility factor is realized through the combination of an ordered structure and a spontaneous one. Aravena calls the interaction of planners with the population the main principle of his work

planning, social policy, energy, transport and ecology (Fig. 13). Sustainable neighborhood – as one of the basic modules of the strategy of sustainable environment, in turn, can be a predetermining goal in the development of the “third typology” (typology of the balance between areas of unorganized and organized environment).

It is important to understand that if the design actions in relation to organized areas can be developed primarily through the improvement of architectural and scientific doctrines, as, for example, presented in the concept of The Synaptic Building, when dealing with unorganized areas, where the principle of flexibility is a de facto – an essential advantage, we must proceed from an adequate and respectful assessment of the existing lifestyle and a quite rational view of the actual problems. But these problems are less a matter of architectural design.

The practice of such an integrated approach, beginning with the study of the established features of unorganized areas, can be illustrated by the study of the Mezzeh Gardens area, which occupies a large area in the southern part of Damascus (Fig. 14).

To form an expert position on the level of environmental sustainability of the studied area, we can offer a brief comparison of the more organized environment of Bed Zed area in London with the specifics of Mezzeh Gardens area in Damascus (Fig. 15).

Sustainable development		
social sector	The economic sphere	Environmental sphere
public places	Energy	
Транспорт		
participation	Construction materials	Water
Land Use		waste management
Diversity / social mixing	Architecture	

Fig. 13. Table with the list of principle meaning and professional modules that form an integrated strategy for the sustainable development of unorganized urban areas

some of the rest of the work. “Let’s do the hard part now. Let the families take care of the rest as they see fit <...>. We turn the lack of resources into the principle of phasing,” the architect explains. This principle was tested in 2003, when Elemental built houses in northern Chile for \$7,500, the amount the government allocated per family for housing [8].

Integrated factors of sustainable development

The complex nature of the problem may mean that the factor of flexibility – as a key concept of sustainable development of the environment – is formed of several principled meaning and professional modules, such as architecture, urban



Fig. 14. One of the small roads in an unorganized residential area – Mezzeh Gardens. Damascus. Syria



	<p>Bed Zed – London</p> 	<p>Меэзех Сады – Syria</p> 
Location and description	<p>The district of Hackbridge, in southwest London, is an ancient site of 7.1 hectares. 82 houses, 17 apartments and 1405 m² of working space. It is an environmentally friendly residential project [9]. It produces and consumes renewable energy, because the energy needed to cover all the needs of the project comes from renewable sources. The development is in the category of «carbon-free» neighborhood, which emits no carbon dioxide into the surrounding atmosphere [10]</p>	<p>An unorganized residential area in the south of Damascus, covering an area of 214.9 hectares. It is located on two main streets, the first of which is the Southern Expressway, and the second is the Mazze Expressway. It is near Umayyad Square (the center of the city). Historically an agricultural area with few houses, with the passage of time and the expansion of the city the density of population in the area has increased</p>
Architect	Bill Dunster	Local residents
Energy	<p>777 m² of solar panels were installed on the roofs of the buildings. The houses have been distributed in the ground in such a way as to provide heat from the sun to the south and to provide natural humidification by pointing the terraces of the buildings to the north; The design meets very high environmental standards, with emphasis on rooftop gardens, natural light, solar energy, energy reduction and recycling of waste water [11]</p>	<p>There are no energy production technologies in the region. Most houses have living rooms oriented south to keep warm in winter</p>
Water	<p>The water consumption was reduced to 76 liters per day because 18 % of the water comes from rainwater and recycled water [11]</p>	<p>The water in this area is clean, and there are no activities in this area that cause water pollution. It is only a water-consuming area, with no rainwater harvesting or recycling technology</p>
Construction materials	<p>He buildings use materials that retain heat during the day and return it at night. Materials were obtained no more than 60 km from the territory of the implemented project to reduce energy consumption during transportation of materials [12]</p>	<p>Building materials – cement blocks and cement roofs</p>
Transport	<p>The goal is to reduce fossil fuel consumption by 50 %. The use of bicycles and public transportation, and a charging station for electric cars has been installed in the center of the neighborhood</p>	<p>Bicycles are used heavily because public transportation does not reach all places in the area. Personal vehicle participation because most of the population knows each other and participates in daily commutes to get to the highways adjacent to the neighborhood</p>

Fig. 15. Comparative characteristics of the more organized environment of the Bed Zed neighborhood in London The specifics of the Mezzeh Gardens neighborhood in Damascus

Land Use	This neighborhood was built on vacant land; All the houses have a small green garden	This neighborhood was founded on farmland, so all residents are interested in crops and plants; all homes have a small green garden, which may be on the first floor if the house is large, or on the roof of the house if small
public places	Sports centers, health centers and social centers	There are no sports or social centers here, but people gather in very small squares adjacent to stores
Diversity / social mixing	Social mixing has been achieved through a balanced distribution of activities, with one third of the units allocated to high-income people, where apartments are larger, the income tax on these units will be higher than the others to help fund the rest of the neighborhood, the second third are housing units intended for middle-income people). Professions related to community service, such as firemen, teachers and nurses). The last third are for low-income classes.	The area is home to all but the high-income population. Since houses were built by the population independently, each person built or expanded their house in proportion to their economic situation, so the area of houses in the region is very diverse and can easily be changed when family conditions and needs change; respectively, the houses are suitable for all categories of people from middle-income and below

Fig. 15. (End)

From the above, we note that the Bed Zed neighborhood was created with a focus on environmental, economic and social aspects, resulting in a sustainable environment that consumes energy with minimal negative impact on the environment and provides comfortable and balanced social interactions.

As for the unorganized area of Mezzeh Gardens, which was created by residents freely according to their needs and their economic situation, we can note the presence of a certain deficit of characteristics inherent in design and state regulation and control. Since the area has not been included in state and project planning and the corresponding processes of supply, energy production, or water recycling, it is correspondingly deprived of sufficient basic services. But, on the other hand, social life in the area seems to be quite successful, which has a positive effect on several important aspects, including transportation, communication, and the integration of different community groups with each other. Such a prosperous social life has developed for several reasons, including:

- Residents lived in these neighborhoods for quite some time and did not have to move and change their housing due to changing circumstances, which contributed to good social relationships among residents over time.

- When families grew larger and separated into smaller families, the smaller families could continue to live in the same neighborhood next to their common large family, by virtue of the fact that the neighborhood had a variety of housing adequate to the economic situation of the population.

- The houses that were built consisted of 1-3 stories, and the nature of the dense road network, caused people to meet more often.

Conclusions

1. Population growth around the world has led to a rapid increase in the need for housing, utilities, and jobs. The result has been a rapid expansion of residential and industrial land use worldwide and the emergence of many urban problems, most notably the formation and expansion of informal and unorganized neighborhoods where the middle class and lower classes live, and the higher-income classes live in organized neighborhoods with higher levels of services and control. Meanwhile, organized neighborhoods are increasingly divided between elite and mass high-rise development in the city's peripheral areas, which, in turn, are populated by a potentially middle-class but economically far from well-off urban class, most often workers, employees, and migrants.

2. As a result, the real division between unorganized districts and organized neighborhoods occurs not so much in the social sphere as in the level of flexibility of development, able or not able to respond to the changes taking place. A significant difference is also the lack of sufficient public services in unorganized urban areas, as well as an increased level of environmental disadvantage .

3. The flexibility factor , as the analysis of the situation shows, is characterized by a number of positive properties of development. According to the definition of Abel, who considers the concept of

sustainable environment, the necessary condition for its emergence is not the presence of high-quality architectural works, but the phenomenon of flexible response of buildings and the emergence of its variations in response to the constantly occurring challenges and changes [13]. What helped the presence of positive factors in some unorganized areas was architectural diversity and transformation over time, and this was the result of flexibility precisely in unorganized areas. The flexibility in these areas helped residents to easily change buildings according to their needs. Because of their flexibility, these neighborhoods offered good options for residents to match their economic situation. Flexibility and ease of change have helped these neighborhoods meet the needs of a large group of people. Two common attributes define flexibility: first, flexibility is a process, not a product [9, 14]; and second, flexibility is adaptability, not stability [10, 11].

4. In the typology of disorganized areas – a high level of flexibility, predetermining a rich palette of variants of response and social interrelations. But any system becomes incomplete if the spontaneity of what happens in it is not balanced by the presence of ordered components. An understandable response to the idea of balance is to incorporate into the life of an unorganized area project and support activities, the source of which can be hierarchically more holistic institutions, and first of all, the state and large investors. The issues of systematic provision of these areas with medical and school care, engineering and transport infrastructure, security and waste disposal are elements of the ordered part of the system and the competence of the state.

5. The typology of organized neighborhoods, unlike unorganized neighborhoods, benefits from social and engineering support from state institutions. At the same time, the most mass variant of this typology, as well as unorganized districts, is increasingly in the peripheral zone of the metropolis, and accordingly – receives the level of services at an undervalued standard. The situation seems even less favorable when it turns out that this typology is not able to respond adequately to continuous current changes, and in this sense – the flexibility factor does not work as a positive trigger for the transition of this typology to the status of sustainable development environment.

6. As a result of the analysis, there is a strong perception and the need to find a balance between two typologies of environment: organized and disorganized. The unorganized typology provides flexibility and self-development of the built environment, as well as close neighborhood relations, while the organized typology balances the spontaneous manifestations through the inclusion

of design control and government support. In accordance with this dilemma, the study hypothesizes the need for theoretical modeling and practical development of the concept of «third» typology, balancing the advantages of the two typologies as much as possible on the basis of the principles of sustainable development of the environment.

7. It turns out that the intention to build a balance of the two typologies is embodied in two parallel processes: 1) continuous efforts of specialists, authorities and residents to change step by step the real characteristics within the already implemented areas; 2) continuous theoretical and conceptual experiments and developments to create a new («third») typology, which puts forward the flexibility factor as a basis for an integrated strategy of transformation on the way to create a sustainable environment. The complexity of the strategy implies the inclusion of a conglomerate of disciplines, each of which is focused on solving its specific problem. However, only quality design, according to Aravena, gives this strategy a systemic character. It is the design actions of architects that allow to give integrity to the entire model of typological transformation.

8. As a result of the study of the concept of flexibility in modern architecture revealed the fact of the established tradition of theoretical and experimental modeling of flexibility by analogy with natural metabolism. Specific feature of «architecture of metabolism» was the desire to embody, first of all, a romantic image of changeable structure and form of the building and the city. In reality these experiments remained for a long time the prerogative of «artistic influence» on architecture, and only starting from the mid-1970s it became increasingly clear that the real achievement of flexibility and sustainability of the environment depended not so much on the form as on the functional algorithms and social relationships of the experimenters.

9. Development of functional algorithm as the basis of future «flexible architecture» was tested in several experiments and acquired a form of a complete theoretical model in the concept of Synoptic Building, which implies continuous self-modification of the building within a given shell. Authors of the concept have found it reasonable to compare this process with the work of neural system of the human brain and to entrust control over implementation of continuously changing functional scenario to special computer programs.

10. Since the problem of flexibility was more related to the problems of residential areas, Rod Hackney's experiments played a significant role in the experiments on self-organization, and in recent years – social interaction as the basis for the effective implementation of the factor of flexibility –

has already shown itself in the projects of low-cost housing Chilean architect Aravena. Principles of flexible control over the processes of sustainable development in the 80s were actively developed in the group MEMIREX (Samara) [13], and later in the advocacy projects of the historical environment of Institut-City-Samara [15]. Projects that include the idea of developing houses – similar to the natural development of the development of unorganized areas – can include, among others, the proposal for the «expanding house» of the Singapore design firm Urban-Rural Systems [7].

11. The formulation of a strategic model of sustainable development based on the flexibility factor – as the most likely model of the future architecture – can look reasonable both in the form of a matrix diagram, which chaotically lists the main directions of development and implementation of the «third typology» (balance typology), and in the form of a hierarchically constructed concept. In the case of the matrix representation, the interaction between the spheres of competence will take place not so much on a planned basis, as on spontaneous interrelationships and priorities. In a hierarchically constructed program, the integrity of the whole scenario will be ensured by qualitative architecture and co-participation procedures. Of interest is the analysis of the matrix representation of the ongoing experimental search for the contours and characteristics of the future balance typology. The study compared the characteristics of London's Bed Zed neighborhood in Hackbridge and the disorganized Mezzeh Gardens neighborhood in Damascus [16]. In both cases, the comparison factors were listed in random order (matrix principle), but the analysis revealed that the unorganized area in Damascus retained significant priorities compared to the London version of the neighborhood. The effect of social cohesion shows itself as a priority condition for the sustainable development of the urban area [17].

12. General hypothetical contours of a balance typology.

Following the general results of the research conducted here, the general impact of the flexibility factor on the development of a comprehensive model of a “third typology” can be found in both established and newly proposed sections of the strategy, and can manifest itself in the following aspects [18–21].

a) Because people's needs are not fixed but change over time, flexible and variable models must be followed in order to deal effectively with rapid population growth and avoid the formation and expansion of informal and unorganized areas and thus avoid class divisions among neighborhoods.

b) These flexible models conform to the principles of sustainability because sustainability essentially requires trade-offs to improve human well-being by strengthening neighborhood

connections, economic development, and reducing consumption of non-renewable energy sources and other natural resources, according to (WCED).

c) The “third typology” concept involves integrating all segments of society with each other according to environmental, health, social, and recreational conditions suitable to all.

13. Successful projects are the modernization of unorganized areas when the priority is given to the community and the inhabitants, bringing them together with municipalities, professionals, the private sector and NGOs to jointly solve urban housing problems.

REFERENCES

1. *Celi ustojchivogo razvitiya, Cel' odinnadcataya: Ustojchivye goroda i soobshchestva* [Sustainable Development Goals, Goal Eleven: Sustainable Cities and Communities]. Available at: <https://unstats.un.org/home/> (accessed 18 March 2022).
2. Keivani R. A review of the main challenges to urban sustainability. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 2010, pp. 5-16.
3. OWID based on World Bank, World Development Indicators. Available at: <https://en.wikipedia.org/> (accessed 1 June 2022).
4. *Kak ustroena brazil'skaya favela. Reportazh iznutri* [How does the Brazilian favela work? Reporting from within]. Available at: <https://popados.livejournal.com/344078.html> (accessed 1 June 2022).
5. *Alekhandro Aravena- arhitektor, kotoryj hochet izmenit' mir* [Alejandro Aravena is an architect who wants to change the world]. Available at: bricsmagazine.com/ru/articales/alehandroaravena. (accessed 1 June 2022).
6. Castro F. Expandable House / Urban Rural Systems 03 04 2018. Available at: <https://www.archdaily.com/> (accessed 18 March 2022).
7. Chaillou, Stanislas. Metabolism (S) Flexibility in 21st Century. Interview, May.03,2018. Available at: <https://www.koozarch.com/interviews/metabolisms-flexibility-in-the-21st-century/> (accessed 18 March 2022).
8. *Alekhandro Aravena: «Moj princip v arhitekture? Privlekaite naselenie k processu»* [Alejandro Aravena: “My principle in architecture? Get people involved in the process”]. Available at: <https://zen.yandex.ru/media/glavgosexpertiza/alehandro-aravena-moi-princip-v-arhitekture-privlekaite-naselenie-k-processu> (accessed 18 March 2022).
9. Leyden R. BedZED – the UK's first major zero-carbon community. Available at: www.bioregional.com, (accessed 18 March 2022).
10. Hyde R., Watson S., Cheshire W., Thompson M. *The Environmental Brief: Pathways for Green Design*, 2007.
11. Lazarus N. *Beddington Zero (Fossil) Energy Development: Toolkit for Carbon Neutral Developments – part II*. Bioregional Development Group, Wallington Surrey, 2003.

12. Lazarus N. Toolkit for Carbon Neutral Developments. Vol. 2. Bioregional Development Group, 2006.
13. Malakhov S.A., Yakovlev I.N. MEMiREX. Quarter-experiment of natural modeling. *Arhitektura SSSR* [USSR Architecture], 1985, no. 5, pp. 83-88. (in Russian)
14. Shimman Y., Veyyers O., Araripe Rend L., Repina E., Malakhov S., Gnilomedov A. *Samarskiy dvor* [The samarsky yard]. Yekaterinburg, TATLIN Publ., 2020. 448 p.
15. Abel C. Architecture & identity Toward Global Echo-Culture. Architectural Press, 1997. 173 p.
16. Brown D.D., Kulig J.C. The concepts of resiliency: Theoretical lessons from community research, Vol. 4. University of Lethbridge, 1996, pp. 29-52.
17. Pfefferbaum B.J., Reissman D.B., Pfefferbaum R.L., Klomp R.W., Gurwitch R.H. Building resilience to mass trauma events. Handbook of injury and violence prevention, 2008, pp. 347-358
18. Handmer J.W., Dovers S.R. A typology of resilience: Rethinking institutions for sustainable development. Industrial and Environmental Crisis Quarterly, 1996, pp. 482-511.
19. Waller M.A. Resilience in ecosystemic context: Evolution of the concept. American Journal of Orthopsychiatry, 2001, pp. 290-297.
20. Tavit Al M. Sustainable neighborhood, main strategies and principles for the implementation of the concept. Damascus, Damascus University, Faculty of Architecture, 2011, pp. 19-21.
21. Brundtland Gro Harlem. Report of the World Commission on environment and development: our common future. United Nations, 1987.
- privlekaite-naselenie-k-processu. Алехандро Аравена: «Мой принцип в архитектуре? Привлекайте население к процессу».
9. Leyden R. BedZED – the UK’s first major zero-carbon community [Электронный ресурс]. URL: www.bioregional.com (дата обращения: 18.03.2022).
10. Hyde R., Watson S., Cheshire W., Thompson M., The Environmental Brief: Pathways for Green Design, 2007.
11. Lazarus N., Beddington Zero (Fossil) Energy Development: Toolkit for Carbon Neutral Developments – Part II. 2003.
12. Lazarus N. Toolkit for Carbon Neutral Developments. Vol. 2, BioRegional Development Group, UK, 2006.
13. Малахов С.А., Яковлев И.Н. МЕМИРЕКС. Квартал – эксперимент естественного моделирования // Архитектура СССР. 1985. № 5. С. 83-88.
14. Йорн Шимманн, Отто Вейерс, Лариса Арарипе Рэнд, Сергей Малахов, Евгения Репина, Александр Гнилomedов. Самарский двор: монография. TANLIN, 2020. 140 с.
15. Abel C. Architecture & identity Toward Global Echo-Culture. Architectural Press, 1997, 173 pp.
16. Brown D.D., Kulig J.C., The concepts of resiliency: Theoretical lessons from community research, Vol. 4, University of Lethbridge, 1996, pp. 29-52.
17. Pfefferbaum B.J., Reissman D.B., Pfefferbaum R.L., Klomp R.W., Gurwitch R.H. Building resilience to mass trauma events, Handbook of injury and violence prevention, 2008, pp. 347-358.
18. Handmer J.W., Dovers S.R., A typology of resilience: Rethinking institutions for sustainable development // Industrial and Environmental Crisis Quarterly, 1996, pp. 482-511.
19. Waller M.A. Resilience in ecosystemic context: Evolution of the concept // American Journal of Orthopsychiatry, 2001, pp. 290-297.
20. М. Аль Тавил. Устойчивое соседство, основные стратегии и принципы реализации концепции // Дамасский университет, архитектурный факультет. 2011. С. 19-21.
21. Brundtland, Gro Harlem. Report of the World Commission on environment and development: "our common future", United Nations, 1987.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цели устойчивого развития, Цель одиннадцатая: Устойчивые города и сообщества [Электронный ресурс]. URL: <https://unstats.un.org/home> (дата обращения: 18.03.2022).
2. Keivani R. A review of the main challenges to urban sustainability, International Journal of Urban Sustainable Development, 2010, pp. 5-16.
3. OWID based on World Bank, World Development Indicators, 01.01.2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://en.wikipedia.org/> (дата обращения: 01.06.2020).
4. <https://ropados.livejournal.com/344078.html> (19) Как устроена бразильская фавела. Репортаж изнутри.
5. bricsmagazine.com/ru/articales/alejandroaravena. Брюс Уотсон. Алехандро Аравена- архитектор, который хочет изменить мир. BRICS magazine
6. Castro F. Expandable House / Urban Rural Systems, 03.04.2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/> (дата обращения: 18.03.2022).
7. <https://www.koozarch.com/interviews/metabolism-flexibility-in-the-21st-century/Chaillou>, Stanislas. Metabolism (S) Flexibility in 21st Century. Interviewee, May:03,2018.
8. [https://zen.yandex.ru/media/glavgosexpertiza/alejandro-aravena-moi-princip-v-arhitekture-](https://zen.yandex.ru/media/glavgosexpertiza/alejandro-aravena-moi-princip-v-arhitekture-privlekaite-naselenie-k-processu)

Об авторах:

MALAKHOV Sergey A.

Doctor of architecture, Professor of the Architecture Chair
National Research Moscow State University of Civil
Engineering
Institute of Construction and Architecture
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye hw, 26;
Professor of the Innovative Design Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: s_a_malahov@mail.ru

МАЛАХОВ Сергей Алексеевич

доктор архитектуры, профессор, профессор кафедры
архитектуры
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
Институт строительства и архитектуры
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
профессор кафедры инновационного проектирования
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: s_a_malahov@mail.ru

ALSAYED Ahmad Mohamad Tarek

Postgraduate Student of the Architecture Chair
National Research Moscow State University of Civil
Engineering
Institute of Construction and Architecture
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye hw, 26
E-mail: tarekalsayeda8@gmail.com

АЛСАИЕД Ахмад Мохамад Тарек

аспирант кафедры архитектуры
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
Институт строительства и архитектуры
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: tarekalsayeda8@gmail.com

For citation: Malakhov S.A., Alsayed Ahmad M.T. Flexibility and Sustainability Factor in Unorganized and Organized Types of Urban Environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 106–118. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.15.

Для цитирования: Малахов С.А., Алсаиед Ахмад М.Т. Фактор гибкости и устойчивости в неорганизованных и организованных типах городской среды // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 106–118. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.15.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
«АРХИГРАД»**

**Направления
деятельности**



Градостроительство, градостроительная реконструкция, территориальное планирование, архитектурное и ландшафтное проектирование, реконструкция зданий и сооружений, экспертная деятельность, повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

Руководитель



Татьяна Владимировна ВАВИЛОНСКАЯ
доктор технических наук, профессор

Контакты



443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0102
(846) 242-52-21
baranova1968@mail.ru



А. Г. ВАЙТЕНС
Е. Е. БАРЫШНИКОВА

РАЗВИТИЕ ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА В ГРАНИЦАХ ГОРОДА НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН

DEVELOPMENT OF THE WATER AND ENVIRONMENTAL FRAMEWORK WITHIN
THE BORDERS OF NABEREZHNY CHELNY CITY, REPUBLIC OF TATARSTAN

Статья посвящена проблеме формирования водно-экологического каркаса в прибрежной части города Набережные Челны. Сохранение рекреационных территорий, развитие прибрежных территорий, связь их в единый зеленый каркас с интеграцией застройки – одни из главных аспектов урбанизированного города. Территория исследования была разделена на 4 части, каждая из которых имеет свои проблемы. Предлагается преобразование этих частей на основе проанализированных общественных пространств у воды городов отечественных и зарубежных. В результате были сформулированы меры и найдены решения концептуального развития на исследуемой территории для создания единого водно-зеленого каркаса города, что позволит превратить Набережные Челны в город с природно устойчивым развитием.

The article is devoted to the problem of the formation of a water-ecological framework in the coastal part of the city of Naberezhnye Chelny. The preservation of recreational areas, the development of coastal areas, their connection into a single green frame with the integration of development are one of the main aspects of an urbanized city. The study area was divided into 4 parts, each of which has its own problems. It is proposed to transform these parts on the basis of the analyzed public spaces near the water of domestic and foreign cities. As a result, measures were formulated and solutions were found for conceptual development in the study area to create a single water-green frame of the city, which will make it possible to turn Naberezhnye Chelny into a city with natural sustainable development.

Ключевые слова: Республика Татарстан, реки как элемент, единый зеленый каркас, преобразование прибрежных территорий города, стратегия развития зон рекреационного значения, формирование режимов землепользования

Keywords: Republic of Tatarstan, rivers as an element, a single green frame, transformation of the coastal areas of the city, strategy for the development of recreational zones, formation of land use regimes

Актуальность исследования определена необходимостью преобразовать прибрежные территории города Набережные Челны, так как в данный момент территория имеет проблемы, связанные с градостроительной, социальной, экономической и экологической сферами.

Набережные Челны – город Республики Татарстан, главный город полицентрической Набережночелнинской агломерации и центр Нижнекамского территориально-производственного комплекса [1]. Градообразующим

предприятием является комплекс заводов КАМАЗ. Город речного Камского транзита.

Территория для исследования располагается на северо-западе города Набережные Челны, вдоль реки Камы, рек Мелекеска и Челна.

Рассматриваемая территория ограничена с севера проспектом Яшьлек, с востока и юго-востока – проспектом Чулман и улицей Раскольникова, с юга – Набережночелнинским проспектом, с юго-запада и запада –

вдоль реки Мелекеска до застройки по обе стороны до дороги М7, с северо-запада – рекой Кама.

Исследуемый участок включает реку Челна, Мелекеску, прибрежные части рек Кама и Шильны.

История города

Первые упоминания о городе датируются XVII в. В середине XIX в. была построена пристань, которая позже стала самым крупным речным портом на реке Кама. Набережные Челны из богатого торгового села переросли в город с известностью по всей России и за рубежом благодаря комплексу заводов КАМАЗ [2].

Реки как элемент экологического каркаса

В водно-экологическом каркасе города можно выделить три проблемы: доступ к воде, благоустройство территории вдоль водного объекта и нехватка или отсутствие связи между берегами реки.

Территорию вдоль рек фактически можно разделить на 4 части, каждая из них имеет свои проблемы и недостатки:

1. Территория вдоль реки Мелекеска по обе стороны – отсутствие пешеходных связей между частями по обоим берегам реки, имеются заболоченные территории, поэтому доступ к воде ограничен.

2. Река Челна – отсутствует укрепление берегов, пешеходные связи между берегами реки не организованы.

Район «Элеваторная гора», промышленные территории и жилая застройка – отсутствие рекреационных пространств, доступ к воде ограничен, нет мест притяжения, имеются свободные территории (карьеры), немалую часть занимают промышленные территории.

3. В прибрежной части с включением жилой застройки до парка Прибрежный (парк входит в границы рассматриваемой территории) – неблагоустроенная или частично благоустроенная набережная, ограниченный доступ к воде из-за заболоченных участков, рекреационные пространства не связаны в единый зеленый каркас города, места притяжения не являются таковыми в любое время года.

4. Река Шильна с заболоченными участками – на территории отсутствует доступ к воде, не благоустроена территория, связь между застройкой города и парком Нижняя Кама осуществляется по единственному мосту.

Аналоги отечественного и зарубежного опыта преобразования прибрежных территорий

Самара – город в Среднем Поволжье России, центр Поволжского экономического района и Самарской области, образует городской округ Самара.

В ходе анализа были выделены следующие характерные черты:

- связь прибрежной территории с планировочной структурой города;

- протяженность набережной около 5 км, она разделена на 4 части (очереди строительства), каждая из них решена с учетом разных групп населения, с разным функциональным наполнением;

- на завершении магистральных улиц, перпендикулярных набережной, расположены места и объекты притяжения – площади, кафе, вокзал и др.;

- сформированы пешеходные направления и веломаршруты;

- разнообразные транспортные связи.

Новосибирск – город-миллионник, центр Сибирского федерального округа, давно снискавший неофициальное звание «третьей столицы» России. Он расположен на юго-востоке Западно-Сибирской равнины, в долине реки Обь.

Характерные черты:

- прибрежные территории выполняют разные функции – благоустроенные набережные, коммунально-складские территории, объекты транспортной инфраструктуры;

- линия железной дороги разделяет прибрежную часть от застройки города, безопасное пешеходное движение осуществляется через эстакады;

- часть селитебной зоны, находящейся у воды;

- ПККО «Михайловская набережная» – исторически значимое место города и одна из центральных локаций для проведения городских мероприятий.

Дюссельдорф – город на западе Германии, в Рейнско-Рурском регионе, административный центр федеральной земли Северный Рейн-Вестфалия и резиденция земельного правительства округа Дюссельдорф.

Характерные черты:

- развитая транспортная инфраструктура (под променадом – подземный автомобильный тоннель);

- сформированные рекреационные пространства у воды;

- свободный доступ к воде;

- организована водная инфраструктура (сообщения между городами);

- связь прибрежной территории с планировочной структурой города;
- многофункциональность прибрежной территории;
- характерные архитектурные доминанты;
- историко-культурное наследие: Ратуша, Старый город, Замковая башня, Базилика Святого Ламберта и другие исторические объекты.

Ограничения на исследуемой территории. Существующие и планируемые

В данном исследовании учитывались водоохранные зоны и иные ограничения, существующие и предлагаемые.

К существующим ограничениям относятся водоохранные зоны в пределах от 50 до 200 м от берега. К предлагаемым – такие запреты, как строительство на территории или на прибрежных зонах зданий и сооружений промышленного назначения, среднеэтажных и многоэтажных зданий, запрет любого строительства.

Последовательность преобразования территории

Требуется установить последовательность, в которой будут преобразованы участки с выявленными проблемами. Очередность преобразования зависит от степени сложности территории, в случае с участком реки Шильна – не первоочередное значение [3].

I. Парковая зона

Территория является рекреационным центром города, прибрежные части частично благоустроены, но не являются комфортными для проведения отдыха.

II. Река Мелекеска

Река имеет заболоченные участки, пешеходная связь между двумя берегами не организована и небезопасна. Имеется частичное преобразование водного объекта с местами притяжения.

III. Река Челна и прибрежные части района Элеваторная гора.

Берег реки Челна крут, не укреплен. УДС не организована, нет мест и объектов притяжения.

IV. Река Шильна

Река проходит по заболоченным территориям.

Участок располагается в границах города между заповедным парком Нижняя Кама и застройкой города.

Меры и решения

Территория I. Парковая зона, набережная, жилая зона (рис. 1)



Рис. 1. Концепция преобразования парковой и жилой зон

- Укрепление береговой полосы.
- Преобразование парка на основе существующих связей.
- Создание логистического терминала на базе речного пассажирского порта.
- Создание спортивного комплекса, в который будет входить конно-спортивная школа (она уже существует).
- Связь порта со спортивным комплексом с помощью набережной.
- Единый зеленый каркас на всем участке, связь с прилегающими территориями, которые также являются территориями исследования [4].

Территория II. Река Мелекеска (рис. 2)

– Сохранение ландшафта с организацией пешеходных связей с помощью мостов, пирсов, экотроп, такими же способами связать оба берега реки.

– Создание мест притяжения помимо существующих.

Территория III. Район Элеваторная гора с прилегающими промышленными и жилыми зонами (рис. 3)

– Организация объектов и мест притяжения в укрепленных частях набережной.

– Создание единого зеленого каркаса с разными пространствами на всей территории с объединением их со смежными участками исследования.

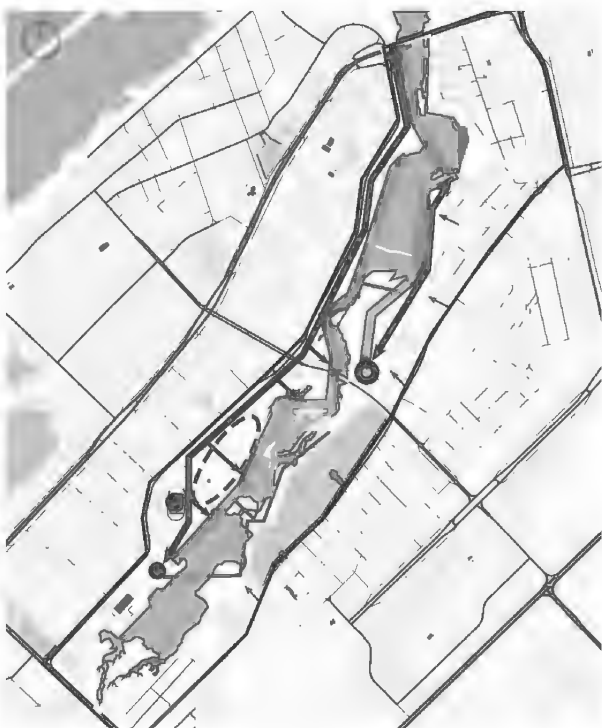


Рис. 2. Концепция преобразования реки Мелекеска по обоим берегам

– Внедрение пешеходных связей района Элеваторная гора с застройкой противоположного берега реки Челна.

Территория IV. Река Шильна (рис. 4)

– Сохранение заболоченных территорий с внедрением экотроп. Видовые места с пешеходными связями в национальный парк Нижняя Кама.

– Создание заповедника для поддержания биологического разнообразия территории, что приводит к природному устойчивому развитию [5].

Связь всех частей осуществляется с помощью зеленого каркаса, а именно скверов, бульваров, набережных.

Вывод. Для решения отмеченных проблем и предлагаемых стратегий необходимо создание режимов землепользования для водно-экологического каркаса наравне с режимом земель особо охраняемых природных территорий [6–9].

Прибрежные территории несомненно требуют разномасштабных преобразований, но главным является обеспечение пространственного баланса, связанного с сохранением природных ресурсов, внедрением новых пешеходных связей, и формирование развитых, событийно наполненных общественных пространств [10].



Рис. 3. Концепция преобразования района Элеваторная гора с промышленными и жилыми зонами



Рис. 4. Концепция преобразования реки Шильна с заболоченными территориями

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года.
2. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования город Набережные Челны до 2030 года.
3. Михалчева С.Г. Градостроительный и ландшафтно-визуальный анализ. Пенза: ПГУАС, 2016. 120 с.
4. Shaftoe H. Convivial Urban Spaces: Creating Effective Public Places. H. Shaftoe
5. Литвенкова И.А. Экология городской среды: урбоэкология. Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М.Машерова», 2005. 163 с.

6. Лекарева Н.А. «Зеленые» стандарты и развитие «зеленого» строительства // Градостроительство и архитектура. 2011. №1. С. 6–9. DOI:10.17673/Vestnik.2011.01.1.

7. Литвинов Д.В. Геоморфологический анализ ландшафта прибрежных зон крупных городов среднего Поволжья // Градостроительство и архитектура. 2011. №2. С. 36–38. DOI:10.17673/Vestnik.2011.02.9.

8. Литвинов Д.В. Принципы зонирования прибрежных территорий в зависимости от планировочной структуры города (на примере городов Поволжья) // Градостроительство и архитектура. 2011. №3. С. 32–34. DOI:10.17673/Vestnik.2011.03.8.

9. Рождественская Е.С. Концепция анализа и типология контактных зон на примере внутригородских водоемов Самары // Градостроительство и архитектура. 2011. №4. С. 24–29. DOI:10.17673/Vestnik.2011.04.5.

10. Нefeldов В.А. Городской ландшафтный дизайн. СПб. : Любавич, 2012. 320 с.

REFERENCES

1. *Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Tatarstan do 2030 goda* [the Strategy of socio-economic development of the Republic of Tatarstan until 2030].

2. *Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya gorod Naberezhnye Chelny do 2030 goda* [the Strategy for the socio-economic development of the municipality of the city of Naberezhnye Chelny until 2030].

3. Mikhalcheva S.G. *Gradostroitel'nyj i landshaftno-vizual'nyj analiz* [Urban planning and landscape-visual analysis: textbook]. Penza, PGUAS, 2016. 120 p.

4. Shaftoe H. *Convivial Urban Spaces: Creating Effective Public Places*. H., 2008. 161 p.

5. Litvenkova I.A. *Ekologiya gorodskoj sredy: urboekologiya* [Ecology of the Urban Environment: Urboecology]. Vitebsk, Publishing house of UO "VSU im. P.M. Masherova", 2005. 163 p.

6. Lekareva N.A. "Green" standards and "green" building development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 1, pp. 6-9. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2011.01.1.

7. Litvinov D.V. Geomorphological analysis of the landscape of coastal zones of large cities of the middle of volga region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 2, pp. 36-38. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2011.02.9.

8. Litvinov D.V. Principles of zoning of coastal territories depending on city planning structures (on the example of cities of the volga region). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 3, pp. 32-34. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2011.03.8.

9. Rozhdestvenskaya E.S. Conception of analysis and typologie of the contact zones through the example of intraurban ponds of samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 4, pp. 24-29. (in Russian) DOI:10.17673/Vestnik.2011.04.5.

10. Nefeldov V.A. *Gorodskoj landshaftnyj dizajn* [Urban landscape design: textbook]. SPb., Lyubavich, 2012. 320 p.

Об авторах:

ВАЙТЕНС Андрей Георгиевич

доктор архитектуры, профессор кафедры градостроительства
член Союза архитекторов России, Советник РААСН
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: vaytens@lan.spbgasu.ru

VAYTENS Andrey G.

Doctor of Architecture, Professor
of the Urban Planning Chair
Saint-Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, Saint Petersburg,
2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
E-mail: vaytens@lan.spbgasu.ru

БАРЫШНИКОВА Елизавета Евгеньевна

магистр 2-го курса кафедры градостроительства
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: elisanroy@yandex.ru

BARYSHNIKOVA Elizaveta E.

Master's Degree Student
Saint-Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, Saint Petersburg,
2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
E-mail: elisanroy@yandex.ru

Для цитирования: Вайтенс А.Г., Барышникова Е.Е. Развитие водно-экологического каркаса в границах города Набережные Челны, Республика Татарстан // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 119–123. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.16.

For citation: Vaytens A.G., Baryshnikova E.E. Development of the Water and Environmental Framework within the Borders of Naberezhny Chelny City, Republic of Tatarstan. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 119–123. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.16.

С. А. ГАРДТ
И. Д. АЛЕКСЕЕВА
А. Г. ВАЙТЕНС

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА ЗЕЛЕНОДОЛЬСКА КАЗАНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

FORMATION FEATURES OF NATURAL- ECOLOGICAL FRAMEWORK
IN ZELENODOLSK CITY, KAZAN AGGLOMERATION

Статья посвящена исследованию проблем формирования природно-экологического каркаса в исторически сложившейся планировочной структуре центрального района города Зеленодольска. Сегодня зеленые насаждения выполняют не только экологические, но и социально-экономические функции. Следовательно, развитая система природно-экологического каркаса позволяет сформировать идентичную, устойчивую и гибкую планировочную структуру. В ходе исследования был проведен комплексный градостроительный анализ существующей ситуации для выявления проблем исследуемой территории. По итогу исследования была предложена концепция по формированию целостного природно-экологического каркаса, благоустройства новых открытых общественных пространств и повышения уровня озеленения. Предлагаемая концепция развития позволяет задать новый вектор развития Зеленодольска – как инвестиционно-привлекательного города Казанской агломерации.

Ключевые слова: Казанская агломерация, природно-экологический каркас, благоустройство открытых общественных пространств, формирование экологических коридоров, преобразование промышленных территорий, формирование набережной Волги, активизация экономически привлекательных территорий, улучшение архитектурно-художественного облика города

Природно-экологический каркас – это единая целостная зеленая система, которая включает в себя лесопарки, парки, бульвары, скверы и малые сады.

Актуальность исследования обусловлена мероприятиями генерального плана и стратегией социально-экономического развития. Исследование направлено на усовершенствование планировочной структуры, создание благоприятной среды жизнедеятельности, сохранение природного и культурного наследия. Целостность природно-экологического каркаса достигается путем объединения водно-зеленых при-

The article is devoted to the study of the problems of the formation of the natural and ecological framework in the historically established planning structure of the central district of the city of Zelenodolsk. Today, green spaces perform not only ecological, but also socio-economic functions. Consequently, the developed system of the natural-ecological frame makes it possible to form an identical, stable and flexible planning structure. In the course of the study, a comprehensive urban planning analysis of the current situation was carried out to identify the problems of the study area. As a result of the study, a concept was proposed for the formation of a holistic natural and ecological framework, the improvement of new open public spaces and an increase in the level of landscaping. The proposed concept of development allows you to set a new vector for the development of Zelenodolsk – as an investment-attractive city of the Kazan agglomeration.

Keywords: Kazan agglomeration, natural and ecological framework, improvement of open public spaces, formation of ecological corridors, transformation of industrial territories, formation of the Volga embankment, activation of economically attractive territories, improvement of the architectural and artistic appearance of the city

родных объектов экологическими коридорами. В настоящее время доступ к водным ресурсам служит конкурентным преимуществом города Зеленодольска, играет важную роль в формировании городской среды и выполняет значимую функцию в жизни горожан.

Целью исследования является разработка концепции по формированию природно-экологического каркаса, благоустройства новых открытых общественных пространств и повышения уровня озеленения. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи исследования:**

1. Проанализировать историческое развитие города.
2. Провести градостроительный анализ исследуемой территории.
3. Проанализировать существующее состояние озеленения территории.
4. Проанализировать существующие открытые общественные пространства.
5. Выявить проблемы территории центрального района.
6. Определить роль благоустройства города в формировании городской среды.
7. Изучить теоретико-методологические основы городского благоустройства и озеленения.
8. Изучить отечественный и зарубежный опыт.
9. Предложить принципы преобразования природно-экологического каркаса.
10. Разработать концепцию по формированию единого природно-экологического каркаса.

Главной задачей формирования природно-экологического каркаса является разработка мероприятий по созданию «зеленых» коридоров между существующими природными ядрами.

Объектом исследования является природно-экологический каркас центрального района.

Предметом исследования является поиск ландшафтно-градостроительных и урбоэкологических подходов по формированию экологических коридоров.

Границами исследования выступает Куйбышевское водохранилище, граница республики Марий-Эл, Зеленодольское лесничество и железная дорога по направлению Казань – Йошкар-Ола.

Административное расположение

Зеленодольск – один из молодых индустриально развитых городов Республики Татарстан, расположен на левом берегу Волги, в 38 км от Казани. Является вторым по зна-

чимости субъектом Казанской агломерации, Столичного экономического района Татарстана и Казанско-Зеленодольского территориально-промышленного узла (рис. 1).

Площадь территории города Зеленодольска составляет 37,7 км²; численность населения – 100 039 человек на 2020 год; средняя плотность населения – 2 633 чел./км².

С точки зрения структуры экономики в текущей ситуации, а также в перспективе город Зеленодольск является ведущим промышленным и научно-образовательным центром Казанской агломерации, учитывая его особую значимость для социально-экономического развития Республики Татарстан и России (основной заказ для промышленных предприятий города Зеленодольска формируется федеральным центром). На территории Зеленодольска сосредоточено большое количество промышленных предприятий, чья продукция потребляется не только на внутреннем рынке, но и экспортируется во многие страны мира [1]. В будущем через территорию Зеленодольского муниципального района пройдет высокоскоростная магистраль, завершится создание крупного мультимодального комплекса в соответствии с задачами, поставленными президентом РФ, важным направлением развития станет вовлечение в хозяйственный оборот водных путей. Все это является убедительным аргументом в пользу формирования города Зеленодольска как второго ядра Казанской агломерации [2].

История возникновения

Территория будущего города и его окрестности были издавна освоены человеком. История образования самого города начинается около 1820 г. Середина 90-х гг. XIX в. является

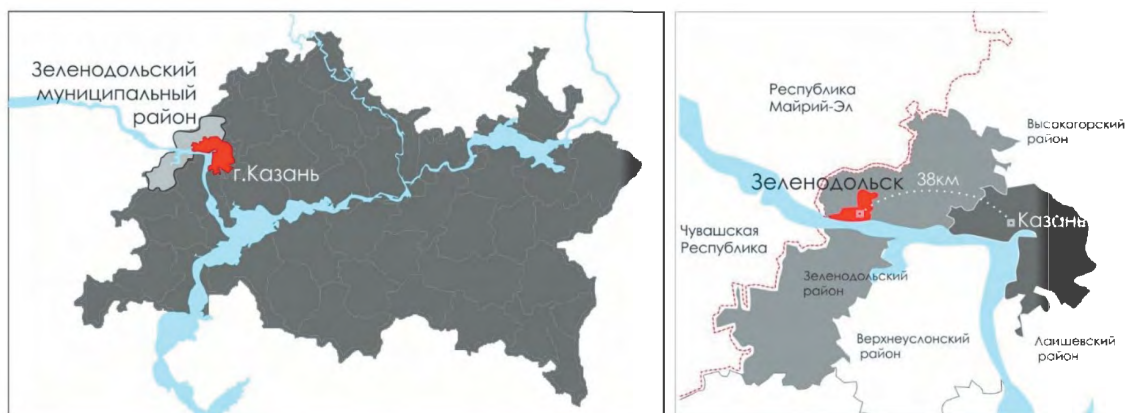


Рис. 1. Схема административного расположения города Зеленодольска на территории Республики Татарстан

началом зарождения производственных предприятий будущего города. С 1901–1902 гг. начинает застраиваться вторая надпойменная терраса. В 1903 г. был разработан первый генеральный план Паратского затона. В 40-х гг. город Зеленодольск являлся промышленным центром Татарии, насчитывающим в своём составе восемь предприятий, из которых два – оборонного значения. Большинство промышленных предприятий Зеленодольска являются градо- и бюджетообразующими, в производственной сфере занято более 40 % трудоспособного населения города. По результатам исследования процессов исторического развития установлено, что территория всегда развивалась как промышленная со строительством жилья к промышленным территориям и не меняла своей направленности. Из-за особенности планировочной организации город не имеет организованных выходов к реке.

Анализ существующего природно-экологического каркаса

Рельеф территории города имеет общий уклон к р. Волге и пересечен в северной и восточной частях оврагами. Абсолютные отметки рельефа колеблются в пределах 54–110 м, т. е. разность между верхней и нижней частями города составляет 56 м. Геоморфологическая территория города приурочена к пойменной и к двум надпойменным террасам. Пойменная терраса характеризуется сравнительно спокойным рельефом (абс. отметки 40–57 см), заболочена и имеет в своих границах ряд мелких озер.

Первая надпойменная терраса возвышается над поймой на 10–16 м и имеет ширину 1–2 км. Эта терраса является местом расположения всех крупных заводов, железнодорожного хозяйства, станции «Зеленый Дол» и части города.

Вторая надпойменная терраса расположена в 2 км от берега Волги и отделена от первой крутым уступом высотой 40–60 м. Поверхность второй надпойменной террасы имеет в большом количестве как отрицательные, так и положительные формы рельефа. На территории города встречаются заболоченные участки, которые соответствуют понижениям рельефа [3].

Природные составляющие представлены овражными системами, рекой Волгой, озерами, лесом и луговыми территориями. По итогу анализа существующего природно-экологического каркаса выявлено, что природные объекты разбросаны по территории, в центре района прослеживаются зеленые клинья в виде бульваров, но в целом природно-экологический каркас не сформирован, он не имеет целостности между зелеными ядрами, отсутствуют выходы к акватории реки Волги.

Проблематика исследуемой территории

Промышленные предприятия расположены на юге, вдоль берега реки Волги, и сыграли большую роль в развитии города в экономическом и демографическом аспекте, но с современной точки зрения сложившаяся ситуация выглядит удовлетворительно. По результатам комплексного градостроительного анализа было выявлено, что территория обладает природным потенциалом для дальнейшего её развития – формирования новых элементов экологического и транспортного каркаса, трансформации функциональной и планировочной структуры городских территорий, восстановления комфортной и безопасной социально-ориентированной среды (рис. 2).

Выявленные проблемы:

- отсутствие целостности зеленого каркаса;
- монотонность озеленения;
- недостаточность благоустройства вдоль линейных объектов;
- отсутствие качественного благоустройства внутри дворового пространства;
- отсутствие видового и ландшафтного разнообразия;
- наличие стихийных парковок;
- недостаточное количество транспортных и пешеходных связей;
- отсутствие благоустройства прибрежной территории;
- отсутствие развитой сети водного транспорта.

Для поиска решения выявленных проблем был проведен анализ отечественного и зарубежного опыта в практическом и теоретическом исследовании [6–10]. По итогу анализа, было выделено 4 основных элемента формирования природно-экологического каркаса в мировой практике:

- равномерно распределенные крупные городские парки;
- зеленое кольцо города;
- зеленые клинья, соединяющие окраину и городской центр;
- благоустроенные околородные территории.

Принципы формирования природно-экологического каркаса

1. *Экологичность* достигается путем формирования единого природно-экологического каркаса на всей территории центрального района. Уровень озеленения повышается за счет рекультивации, улучшения качества и ландшафтного разнообразия зеленых насаждений.

2. *Непрерывность* достигается путем создания экологических коридоров, которые способ-

1. Полная или частичная реконструкция производственных территорий путем обновления, уплотнения их застройки и создания разветвленной транспортно-инженерной и природоохранной инфраструктур, обеспечивающих рациональное и эффективное использование территорий.

2. Развитие рекреационных территорий посредством формирования водно-зеленого каркаса, которое позволит улучшить экологическое состояние городской среды и повысит выразительность архитектурно-художественного облика города.

3. Реконструкция и благоустройство лодочных станций, строительство мастерских для ремонта и обслуживания индивидуального водно-моторного транспорта [3].

Все мероприятия концепции направлены на создание единой архитектурно-планировочной структуры жилого района и прибрежной промышленной территории, а также обеспечение экологической безопасности района.

Классификация открытых озелененных территорий центрального района города Зеленодольска произведена в соответствии с общепринятой типологией объектов общественного озеленения города и представлена в табличной форме. Классификация позволила представить имеющийся в районе состав объектов озеленения, определить площадь озелененных территорий по отдельным объектам. В концепции предлагается расширение классификации открытых общественных пространств путем озеленения улиц, благоустройство буферных зон, новых бульваров и скверов; организация внутриворонного пространства, внедрение современных игровых площадок; озеленение площадей перед торговыми центрами; формирование экопарка на месте оврага; создание малых садов между кварталами; благоустройство спортивных площадок; формирование тематических парков, мультифункциональных пространств, экопарков с болотами и благоустройством набережной.

Очередность формирования концепции

1 этап. В первую очередь была рассмотрена целостность природно-экологического каркаса. На данном этапе концепцией предлагаются мероприятия по созданию целостного природно-экологического каркаса путем объединения разрозненных территорий зелеными коридорами, которые включают в себя озеленение внутриквартальных проходов и выделение новых транспортно-пешеходных экологических коридоров на прибрежной зоне. Строительство новых пешеходных переходов и транспортных путепроводов позволит увеличить доступность прибрежной зоны и свяжет центральный и восточный районы. Система экологических коридоров позволяет внедрить сеть

веломаршрута, обеспечивая безопасность для пешехода, водителя и велосипедиста [5].

2 этап. Для возможности включения акватории реки в структуру города, на 2 этапе предлагаются мероприятия по переносу промышленных предприятий на периферию города с привязкой к дороге регионального значения. Для активизации экономически-привлекательных территорий предлагается преобразование промышленных территорий в новые многофункциональные и общественно-деловые центры с культурно-досуговым и образовательным видом деятельности. Новая прибрежная зона станет местом притяжения людей. Предлагается создание речного порта для развития водного транспорта и туристского потенциала. Преобразование прибрежной территории позволит улучшить архитектурно-художественный облик города.

3 этап. На данном этапе предлагается создание бульварного кольца, экологических коридоров и экопарка. Бульварное кольцо включает в себя существующие центральные улицы и планируемые к развитию главные улицы северо-восточной части района. Его формирование направлено на развитие сети общественного транспорта, улучшение фронта застройки вдоль улиц, и постепенное развитие северо-восточной части района. Зеленое кольцо нанизывает на себя как объекты культурного наследия, так и объекты общественно-делового и культурно-развлекательного назначения, что является основой туристического маршрута [11]. Экологические коридоры позволяют объединить центральную часть с периферией района и главными водно-зелеными объектами. Экологические коридоры способствуют созданию непрерывной сети природно-экологического каркаса. Формирование экопарка на территории оврага в северной части позволяет обеспечить рекреационными территориями жителей периферии района.

4 этап. На данном этапе предлагаются точечные изменения, благоустройство околородных территорий, создание набережной, внедрение малых садов между кварталами, создание новых скверов и аллей, благоустройство площадей перед торговыми центрами и благоустройство внутриворонного пространства. Для включения реки в структуру общественного транспорта предлагается благоустройство существующих и организация новых пристаней для малых судов.

Выводы. Река – один из самых ценных рекреационных и экологических активов города. Качественное преобразование береговой линии, формирование нового природного пространства для общения и отдыха – глобальный тренд, реализованный во многих странах.

На сегодня природно-экологический каркас города Зеленодольска не сформирован, природные объекты разрознены урбанизированной

средой и не имеют целостности между собой. Существующие зеленые открытые общественные пространства разбросаны по территории и не имеют связей между собой. Расположение на берегу Волги и соседство с лесопарковой территорией формирует высокий рекреационный потенциал для города Зеленодольска. Особенности формирования природно-экологического каркаса выступает комплекс мероприятий, этапы которого выполнены с учетом перепадов отметок рельефа, месторасположением природных объектов и зеленых открытых общественных пространств, исторически сложившейся планировочной структурой района, промышленных предприятий, препятствующие выходу к Волге – главной артерии Поволжья.

В результате концепции по формированию природно-экологического каркаса были предложены мероприятия по совершенствованию планировочной структуры центрального района города Зеленодольска. Комплексный подход предполагает обеспечение доступа к акватории за счет мероприятий по переносу промышленных предприятий на периферию города, активизацию экономически привлекательных территорий, за счет преобразования промышленных территорий в новые комфортные общественные пространства, гармонизацию городской среды, развитие водно-транспортного и туристского потенциала.

Рекреационные зоны являются ключевыми точками роста и бюджетообразующими отраслями для многих секторов экономики. Предлагаемая концепция позволяет задать новый вектор развития Зеленодольска – как инвестиционно-привлекательного города Казанской агломерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года.
2. Стратегия социально-экономического развития Зеленодольского муниципального района Республики Татарстан на 2016-2021 и на плановый период до 2030 года.
3. Пояснительная записка к генеральному плану муниципального образования «города Зеленодольск» Зеленодольского муниципального района Республики Татарстан (утверждаемая часть). Том 1 «Положение о территориальном планировании».
4. Пояснительная записка к генеральному плану муниципального образования «города Зеленодольск», Зеленодольского муниципального района Республики Татарстан. Том 3 «Охрана окружающей среды».
5. Исмагилова С.Х., Залетова Е.А., Головкина Л.О. Современные тенденции структурной реорганизации пространства улицы // Известия КГАСУ. 2017. С. 13–18.
6. Зеленая природа города: учебное пособие для вузов / В. А. Горохов. Издание 2-е дополненное и переработанное. Москва: Архитектура-С, 2005. 592 с., ил. (Специальность «Архитектура»).
7. Красильникова Э.Э. Ландшафтный урбанизм. Теория – Практика: монография. Волгоград: ООО «ИАА «Областные вести», 2015. Ч.1: Научные и практические основы ландшафтного урбанизма.
8. Чистякова С.Б. Ландшафтно-экологический подход в градостроительстве при решении вопросов охраны и улучшения окружающей среды // Оздоровление окружающей среды городов. М., 1981.
9. Дворцова Е. Н. Прибрежные территории: зарубежный опыт хозяйственного освоения и управления // Российский внешнеэкономический вестник. 2010. № 7. С. 13–18.
10. Гайкова Л. В. Общественное пространство архитектурно-градостроительных образований как многофункциональная структура // Город, пригодный для жизни: Современные проблемы архитектуры, градостроительства, дизайна: сборник статей I Международной научно-практической конференции. 2013. С. 60-67.
11. Объекты культурного наследия Республики Татарстан: иллюстрированный каталог. 2016. Т. 1. Административные районы. Зеленодольский район.

REFERENCES

1. *Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Tatarstan do 2030 goda* [the Strategy of socio-economic development of the Republic of Tatarstan until 2030].
2. *Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya gorod Zelenodolsk do 2030 goda* [the Strategy for the socio-economic development of the municipality of the city of Zelenodolsk until 2030].
3. *Poyasnitel'naya zapiska k general'nomu planu municipal'nogo obrazovaniya «goroda Zelenodol'sk» Zelenodol'skogo municipal'nogo rajona Respubliki Tatarstan (utverzhdhaemaya chast')*. Tom 1 «Polozhenie o territorial'nom planirovaniy» [Explanatory note to the general plan of the municipal formation «city of Zelenodolsk» of the Zelenodolsk municipal district of the Republic of Tatarstan (part to be approved). Volume 1 «Provision on territorial planning»].
4. *Poyasnitel'naya zapiska k general'nomu planu municipal'nogo obrazovaniya «goroda Zelenodol'sk», Zelenodol'skogo municipal'nogo rajona Respubliki Tatarstan. Tom 3 «Ohrana okruzhayushchej sredy»* [Explanatory note to the general plan of the municipal formation «Zelenodolsk city», Zelenodolsk municipal district of the Republic of Tatarstan. Volume 3 «Environmental protection»].

5. Ismagilova S.H, Zaletova E.A., Golovkina L.O Modern trends in the structural reorganization of the street space. *Izvestiya KGASU* [News of KSUAE], 2014, no. 4, pp. 109-114. (in Russian)

6. Gorokhov V. A. *Zelenaya priroda goroda: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [The green nature of the city: A textbook for universities]. 2nd edition supplemented and revised. Moscow, Arkhitektura-S, 2005. 592 p.

7. Krasilnikova E.E. *Landshaftnyj urbanizm. Teoriya – Praktika: nauchnaya monografiya. CH.1: nauchnye i prakticheskie osnovy land-shaftnogo urbanizma* [Landscape urbanism. Theory – Practice: scientific monograph. Part 1: scientific and practical foundations of landscape urbanism]. Volgograd, LLC «IA «Regional News», 2015.

8. Chistyakova S.B. *Landshaftno-ekologicheskij podhod v gradostroitel'stve pri reshenii voprosov ohrany i uluchsheniya okruzhayushchej sredy / Ozdorovlenie okruzhayushchej sredy gorodov* [Landshaftno-ecological approach in urban planning in solving issues of environmental protection and improvement «Improvement of the urban environment»]. Moscow, 1981.

Об авторах:

ГАРДТ Светлана Александровна

аспирант кафедры градостроительства Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4 E-mail: sv.gardt@gmail.com

АЛЕКСЕЕВА Инесса Денисовна

магистрант кафедры градостроительства Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4 E-mail: inessa8b@mail.ru

ВАЙТЕНС Андрей Георгиевич

доктор архитектуры, профессор кафедры градостроительства, член Союза архитекторов России, Советник РААСН Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4 E-mail: vaytens@lan.spbgasu.ru

9. Dvortsova E. N. Coastal territories: foreign experience of economic development and management. *Rossiiskij vneshneekonomicheskij vestnik* [Russian Foreign Economic Bulletin], 2010, no. 7, pp. 13-18. (in Russian)

10. Gaikova L. V. Public space of architectural and urban-planning formations as a multifunctional structure. *Gorod prigodnyj dlya zhizni: Sovremennye problemy arhitektury, gradostroitel'stva, dizajna: sbornik statej I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [A city fit for life: Modern problems of architecture, urban planning, design: collection of articles of the I International Scientific and Practical Conference], 2013, pp. 60-67. (in Russian)

11. «Ob»ekty kul'turnogo naslediya Respubliki Tatarstan». *Illyustrirovannyj katalog 2016g. TOM 1 Administrativnye rajony. Zelenodol'skij rajon.* [Objects of cultural heritage of the Republic of Tatarstan Illustrated catalog of 2016. Volume 1. Administrative districts. Zelenodolsk district].

GARDT Svetlana A.

Postgraduate Student of the Urban Planning Chair Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4 E-mail: sv.gardt@gmail.com

ALEKSEEVA Inessa D.

Master's Degree Student Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4 E-mail: inessa8b@mail.ru

VAYTENS Andrey G.

Doctor of Architecture, Professor of the Urban Planning Chair Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4 E-mail: vaytens@lan.spbgasu.ru

Для цитирования: Гардт С.А., Алексеева И.Д., Вайтенс А.Г. Особенности формирования природно-экологического каркаса города Зеленодольска Казанской агломерации // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 124–130. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.17.

For citation: Gardt S.A., Alekseeva I.D., Vaytens A.G. Formation Features of Natural- Ecological Framework in Zelenodolsk City, Kazan Agglomeration. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 124–130. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.17.

Ю. В. БОЧАРОВА
М. Т. ХРЮКИНА

ТЕРРИТОРИЯ И ОБЪЕКТЫ ЗАВОДА ИМЕНИ М.В. ФРУНЗЕ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ПЕНЗЫ

TERRITORY AND OBJECTS OF THE PLANT NAMED AFTER M.V. FRUNZE IN THE
CONTEXT OF URBAN ENVIRONMENT DEVELOPMENT IN PENZA

Рассмотрены объекты, расположенные на территории градообразующего предприятия «Завод имени М.В. Фрунзе» («ЗиФ»), построенные в дореволюционный период 1914–1916 гг. Данные объекты представляют интерес для сохранения и преемственности исторической архитектурной среды в условиях современной застройки. На основе натурных обследований и архивных материалов рассмотрены водонапорная башня системы инженера П.Л. Пастернака и фрагмент производственного цеха как одни из первых примеров применения монолитного железобетона в России и с целью сохранения идентичности в контексте развития городской среды.

Ключевые слова: идентичность архитектурной среды, история промышленной архитектуры, история монолитных конструкций, инженер П.Л. Пастернак, реновация промышленной территории

Актуальность работы определяется высокой степенью заинтересованности инвесторов, власти и гражданского общества в реновации крупной промышленной территории в центральной части города Пензы, с сохранением объектов, представляющих культурную ценность и определяющих идентичность города.

Методология исследования – сочетание исторического и сравнительного анализа на основе натурного обследования объектов и территории и изучения архивных материалов.

Хронологические границы исследования – период 1914–1916 гг.

Введение. Город Пенза имеет не так много объектов архитектурного наследия по сравнению с крупными мегаполисами. Поэтому каждый такой объект вызывает повышенный интерес. Особую ценность представляют оригинальные сооружения, не имеющие аналогов. Самобытность («идентичность») городской среды во многом определяется именно сохранением и приспособлением к современным условиям такого рода объектов [1–6].

Одним из символов города долгое время являлся ЗиФ (завод имени М.В. Фрунзе, вело-

The objects located on the territory of the city-forming enterprise “Frunze Plant” (“ZIF”), built in the pre-revolutionary period of 1914–1916, are considered. These objects are of interest for the preservation and continuity of the historical architectural environment in the conditions of modern development. Based on field surveys and archival materials, the water tower of the engineer P.L. Pasternak system and a fragment of a production shop are considered as one of the first examples of the use of monolithic reinforced concrete in Russia and in order to preserve identity in the context of urban development.

Keywords: identity of the architectural environment, history of industrial architecture, history of monolithic structures, engineer P.L. Pasternak, renovation of industrial territory

сипедный завод, с основания – Трубочный завод) – крупнейшее в городе предприятие. Завод имени М.В. Фрунзе в Пензе расположен севернее центральной части города в границах: с севера – радиозавод (ул. Литвинова), с востока – железнодорожная станция Пенза 4, с запада – часовой завод и ул. Заводская, с юга граничит с улицами Ленина и Заводское шоссе. С начала 2000-х гг. предприятие не функционирует и его территория (55 га), расположенная в центральной части города, не используется.

На сопредельных территориях сохранились объекты, имеющие признаки исторической ценности (Дом культуры, многоквартирные жилые дома, здания гимназии и музыкальной школы – постройки 40–50-х гг. XX в.), часовой и радиозаводы, ПензГТУ, технопарк Паршин, Дом культуры имени Кирова. Территория по функциональному назначению и характеру использования относится к промышленной территории.

Помимо общей сохраняющейся памяти о заводе у населения, на территории расположены памятники и артефакты двух периодов.

Первый период – начало строительства завода военного профиля (1914–1917 гг.). Два объ-

екта этого времени имеют статус памятников исторического наследия (водонапорная башня и здание заводоуправления).

Второй период – советское время (1920–1960 гг.). Объекты этого периода не защищены статусом исторического наследия.

В данной работе рассмотрены объекты на территории завода, построенные в период 1914–1917 гг., относящиеся к разным типам архитектуры и представляющие интерес с точки зрения сохранения идентичности и преемственности территории: здание заводоуправления, промышленные здания цехов (корпуса А и Б как возможность фрагментарного сохранения) и водонапорная башня.

Основная задача заключается в создании информационного пространства с целью сохранения статусных памятников архитектуры и менее статусных, но исторически ценных объектов, их рационального интегрирования в современную среду при неизбежной реновации промышленной территории, а также – в предложениях по разумному приспособлению исторических объектов в условиях перспективы обновления архитектурной среды.

Историческая справка

Завод имени М.В. Фрунзе в Пензе, расположенный по адресу ул. Ленина, 3, начал формироваться в период Первой мировой войны с 1914 по 1916 гг., до начала революции и гражданской войны как Трубочный завод,

на котором изготавливались дистанционные взрывательные трубки двойного действия, т. е. взрывающиеся при ударе или через рассчитанное время. Функционировал завод до 90-х гг. XX в. Как в Первую мировую войну, так и во Вторую мировую войну завод работал на оборону Отечества.

Во время Первой мировой войны из прифронтовой полосы в глубь страны эвакуировались заводы. Для эвакуированных заводов строились новые здания с широким применением нового строительного материала железобетона для конструкций производственных цехов и технических сооружений. Объекты, которые будут рассматриваться в статье, строились в период 1914–1916 гг., относятся к разным типам архитектуры – это административное здание заводоуправления, промышленные здания, производственные цеха А и Б, техническое сооружение Водонапорная башня.

1. Административное здание заводоуправления было построено в 1915 г., в настоящее время после реставрации находится в хорошем состоянии. Здание построено по типовым проектам двухуровневых административных зданий с характерной структурой плана, которая держится на продольной оси, на центральной поперечной оси ризалитом в плане выступает парадная часть здания с портиком на втором уровне. Завершается центральный ризалит двускатной кровлей, организующей фронтон, который держится на шести колоннах дорического ордера. Цокольный этаж декорирован рустом. Органи-

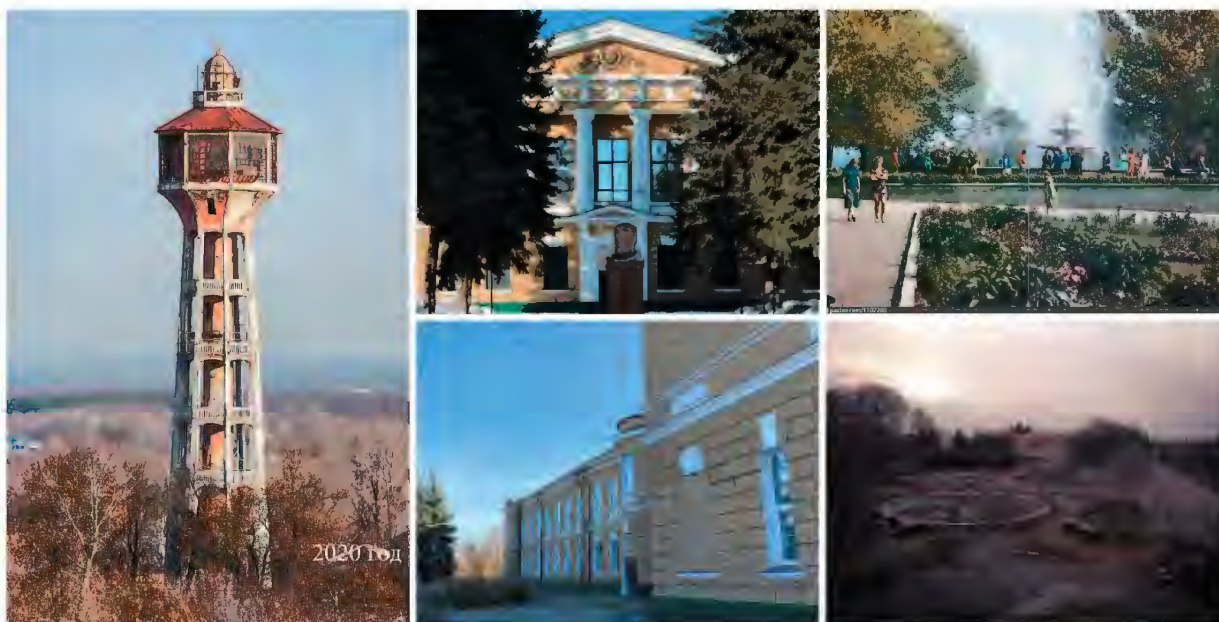


Рис. 1. Объекты разных периодов, расположенные на территории ЗиФ: водонапорная башня (1916 г.); здание заводоуправления (1916 г.); фонтан на территории (50-е гг. XX в.)

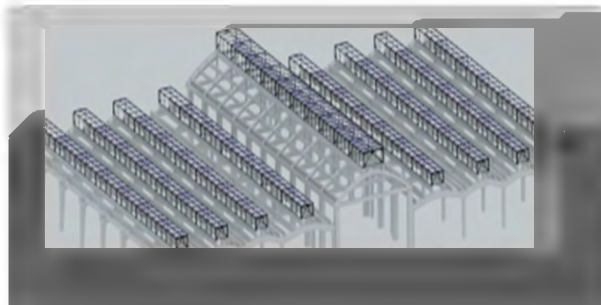
зация внутреннего пространства центрального ризалита построена по традициям планировок дома-дворца. На поперечной оси держатся две входные группы – парадная со стороны сквера и вход с территории завода. Подъем на второй этаж организован двухмаршевой лестницей. Парадный холл перед лестницей делится перепадами уровня пола, традиционно разделяя пространство, как в доме-дворце, на холодные сени и теплые. По характеру архитектурных приемов и стилизации форм элементов декоративной пластики здание относится к направлению неоклассицизма, которое развивалось внутри стиля модерн, это стилевое решение соответствует времени постройки. Объект является памятником культурного наследия регионального значения.

2. К промышленным сооружениям обозначенного периода относятся два цеха, сохранность которых определяется ниже удовлетворительного. Сохранились опорные железобетонные конструкции, конструкции перекрытий и фрагменты фасадных стен.

Производственные цеха дореволюционного строительства представляют интерес не только с точки зрения городской и заводской истории, но и как одни из первых примеров применения монолитных железобетонных конструкций в российском строительстве.

Это производственный цех А – автор проекта не известен; производственный цех Б – построенный по проекту П. Л. Пастернака. В плане

а



б



Рис. 2. Модель конструкций цеха А (а), чертеж фасада цеха Б (б)

оба цеха имеют вытянутую на продольной оси прямоугольную структуру плана. На поперечных осях ритмично устраивается ряд цехов, поставленных в соответствии со своей функцией и соединенных между собой на поперечных осях сквозными проемами [7] (рис. 2).

В производственном цехе А при осмотре выявлены дополнительные опорные конструкции в виде сплошных перегородок между цехами, что делает пространство более замкнутым и темным. В перекрытии устроены ленточные прямоугольные фонари с вертикальным остеклением, такой тип фонаря имеет малую световую активность. На фасаде активно используется кирпичная кладка, организуя прямоугольные световые проемы высотой всего на три модуля. В формах оконных проемов в тамбурах цеха и в декоративных элементах фасадной стены прослеживаются декоративные приемы стиля модерн, соответственно время строительства вписывается в временные границы с 1914 по 1916 гг. [7].

На сравнительном анализе рассмотрим производственный цех Б, который строился первым в 1914 г. по проекту инженера Петра Леонтьевича Пастернака (швейцарский и российский инженер-строитель, ученый в области строительной механики, железобетонных конструкций, доктор технических наук, 1885–1963). В советский период за свою практическую и научную деятельности в 1956 г. он был удостоен звания Академика Академии строительства и архитектуры СССР.

С 1914 до 1920 гг. П.Л. Пастернак работал главным инженером Черноморского строительного общества в Петрограде. В Пензенской губернии действовало Черноморское Строительное Общество Пензенское отделение, это подтверждают архивные материалы. Из переписки Хозяйственно-Строительной Комиссии с Черноморским Строительным Обществом в Петрограде, а также из научного труда П. Л. Пастернака по железобетонным конструкциям, специального курса, изданного в 1961 г. установлено авторство проекта производственного цеха Б [7].

В России в 1911 г. были изданы первые технические условия и нормы для железобетонных сооружений по технологии, запатентованной Франсуа Геннебик во Франции еще в 1892 г. Ф. Геннебик изобрел железобетонные перекрытия с ребристой системой, в которой вместо железных подпорных балок под бетонными перекрытиями использовалась монолитная на стыках ребристая железобетонная плита, армированная стальными стержнями круглого сечения, эти стержни можно было загибать и сцеплять вместе, стальные в отличие от железных работали на сжатие и разжатие при разной температуре. Такая конструкция позволяла делать долговечные большепролетные перекрытия и обходилась дешевле заказчикам, так как в отличие от железных конструкций была огнеупорная и не требовала ежегодного ухода.

В период Первой мировой войны российскими инженерами был построен целый ряд большепролетных конструкций для разного типа промышленных зданий в разных городах. Именно такой тип конструкции был использован инженером П.Л. Пастернаком при строительстве производственного цеха Б, который давал возможность отказаться от опорных стен, ограничивающих пространство. В перекрытии, в отличие от прямоугольного типа, была устроена более сложная конструкция ленточного треугольного фонаря, такой тип фонаря имеет профиль треугольников с наклоном остекленных поверхностей к горизонту на 45 град, отличается хорошим светотехническим качеством, поэтому его применяют только с целью освещения и устраивают со сплошным остеклением. Преимущество железобетонной конструкции, помимо большепролетных перекрытий, позволяло делать их разной конфигурации и увеличивать высоту цеха. Благодаря минимальному использованию кирпичной кладки на фасаде, остекление занимает максимальное количество на вертикальной плоскости стены. На чертеже с фасадом производственного цеха Б (рис. 2) мы видим, что автор проекта еще не смог полностью отказаться от кирпичной кладки фасадной стены, небольшие кирпичные плоскости подчеркивает стилизованными декоративными элементами, а в верхней части стены конструкции треугольных фонарей скрывает аттиком с световым окном. Такие приемы использовались в рационалистическом направлении архитектурного стиля модерн.

Здания цехов не содержатся в реестре памятников и находятся в аварийном состоянии. В зависимости от применяемой технологии производства в рамках корпуса Б использовано 7 различных типов железобетонных каркасов пролетами от 7,5 до 12 м с применением моно-

литных рам, безраскосных ферм, наклонных балок, фонарных конструкций. Историческая реконструкция формы и фасадов одного из цехов показана на рис. 2. Рациональное сохранение хотя бы небольшого фрагмента цеха как объекта с характерной промышленной архитектурой, на наш взгляд, может быть рентабельным и сохранить преемственность и идентификационные качества территории [8].

3. К техническому сооружению на территории Трубочного завода 1915–1916 гг. относится водонапорная башня патентованной системы инженера В.Г. Шухова «на 50 000 ведер воды» высотой 50 м из монолитного железобетона [7] – содержится в реестре памятников регионального значения. Современное состояние – аварийное [8]. Данный объект является памятником культурного наследия регионального значения [7].

В отличие от водонапорной башни проекта инженера В.Г. Шухова, с применением гиперболоидной конструкции, состоящей из сетчатой металлической структуры, с незамкнутой поверхностью, которая образуется благодаря вращению гиперболы вокруг оси, в проекте инженера П.Л. Пастернака будет использоваться монолитная железобетонная конструкция для башни стаканного типа, о которой он пишет в Специальном курсе по железобетонной конструкции: «Железобетонная водонапорная башня высотой 35 м с железобетонным резервуаром емкостью 250 м³, построенная в 1916 г. в Пензе. Башня монолитной конструкции состоит из шести наклонных колонн, связанных между собой горизонтальными перекрытиями. По оси башни устроен железобетонный ствол

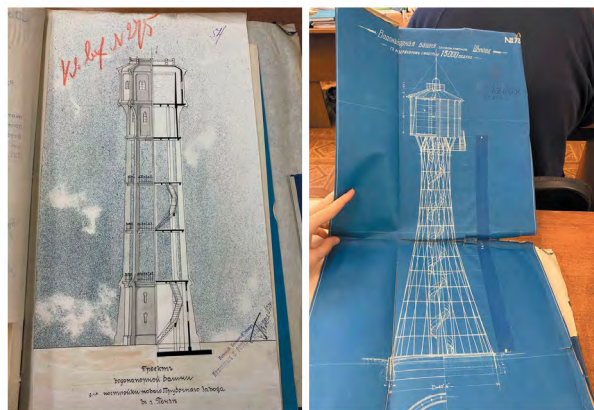


Рис. 3. Варианты архитектурных решений, рассмотренные в процессе строительства: башня в форме маяка (непринятый вариант); башня системы Шухова-Бари (непринятый вариант); башня из монолитного железобетона (принятый вариант) [9]

с оконными проемами, винтовой лестницей и трубами. В нижней части башни расположено помещение насосной станции. Колонны наверху образуют криволинейные консоли, несущие каркас стенки из шлакобетонных камней, и железобетонное покрытие шатра. Внутри шатра расположен круглый резервуар со сферическим днищем, опирающимся на консоли колонн и на центральный ствол» [10].

До середины XX в. башня была наиболее высоким сооружением в городе. Архивные материалы позволили установить, что при принятии решения о строительстве башни были приняты во внимание три варианта архитектурно-конструктивного исполнения. Причем один из непринятых вариантов – известная гиперболоидная стержневая конструкция системы Шухова-Бари (аналог Шуховской башни) (рис. 3). Изучение архивных материалов также показало удивительные аналогии с современностью. Это касается сроков строительства (все-го три месяца!), хронической нехватки средств, конкурсной системы при строительстве (денежный залог организации-застройщика «Черноморское строительное общество») [9].

Рассмотренные объекты (цеха и башня) являются одним из первых примеров применения сложных монолитных железобетонных конструкций в России (фермы, рамы, сферические днища резервуаров, наклонные колонны высотой 40 м) и упомянуты в книге П.Л. Пастернака (*Peter Pasternak*) [7], одного из авторов проекта. Причем П.Л. Пастернак неоднократно возвращался в тексте к упомянутым объектам, отмечая их архитектурную выразительность, которая во многом стала возможна именно благодаря монолитному способу строительства [11].

Отметим также высокий технологический уровень продуманности архитектурных решений, в том числе в части архитектурной физики: освещение (световые фонари), теплоснабжение, водоотведение с крыши, создание темпера-

турно-влажностного режима промышленных зданий, которые и сегодня могут служить примером вторичного использования ресурсов и зеленых технологий, а также в части монтажа сложных элементов [12].

Рассмотренные объекты: административное здание заводоуправления, производственный цех А и производственный цех Б, техническое сооружение Водонапорная башня, построенные в период 1914–1916 гг. на территории Трубочного завода, впоследствии территории завода имени М.В. Фрунзе, по времени постройки, приемам и типам конструкции относятся к первому периоду развития современной архитектуры – модернизму. Внутри модернизма формировались три линии развития современной архитектуры, это рационалистическая, синтетическая и декоративно-художественная, по этим трем линиям будет развиваться ряд архитектурных направлений современной архитектуры. Административное здание заводоуправления в стилизованном решении относится к направлению неоклассицизма, развивающегося внутри архитектурного стиля модерн, будет относиться к декоративно-художественной линии развития архитектуры. Производственный цех Б, при использовании новых технологий строительства, монолитных железобетонных конструкций, вписывается в концепцию модернизма, но при этом еще нет полного отказа от кирпичика и декоративных приемов на фасаде, поэтому это сооружение вписывается в рационалистическое направление внутри стиля модерн, будет относиться к рационалистической линии развития современной архитектуры. Техническое сооружение Водонапорная башня с применением в строительстве монолитной железобетонной конструкции, которая без декоративных элементов будет работать на формирование структуры объема, относится к направлению протофункционализма, развивающегося по рационалистической линии развития современной архитектуры.

Классификация по периодам, стилям, направлениям и линиям развития современной архитектуры объектов Трубочного завода, построенных в 1914–1916 гг.

Название объекта	Год постройки	Период развития современной архитектуры	Стиль	Направление	Линия развития современной архитектуры
Административное здание заводоуправления	1915	Модернизм с 1860-х до 1960-го	Модерн	Неоклассицизм внутри стиля модерн	Декоративно-художественная
Производственные цеха А и Б	1915	Модернизм с 1860-х до 1960-го	Модерн	Рационализм внутри стиля модерн	Рационалистическая
Водонапорная башня	1915–1916	Модернизм с 1860-х до 1960-го		Прото-функционализм	Рационалистическая

Представляя первый период развития современной архитектуры – модернизм и два направления – неоклассицизм и рационализм, развивающиеся внутри архитектурного стиля модерн, а также направление протофутуризм, – рассмотренные объекты могут быть памятниками промышленной архитектуры периода Первой мировой войны и внесены в реестр памятников культурного наследия федерального значения.

Выводы. 1. Натурные и архивные исследования выявили объекты на территории бывшего градообразующего предприятия, которые являются идентификационными маркерами разных эпох, формируют облик и эстетику данного места и в связи с этим могут представлять интерес при неизбежной реновации промышленной территории.

2. В числе объектов, представляющих интерес как с точки зрения истории города и завода, так и с точки зрения истории строительных конструкций, рассмотрены сооружения предреволюционного периода, являющиеся одними из первых примеров монолитного строительства в России, а именно: фрагменты производственного корпуса и водонапорная башня, основная доминанта города до недавнего времени, запроектированные инженером П.Л. Пастернаком.

3. Комплекс зданий и сооружений завода имени Фрунзе, учитывая идентичность, ценность объектов и расположение в системе города, может быть эффективно приспособлен к современным задачам при комплексном развитии промтерритории, а также при современном прочтении иметь привлекательность для бизнеса и жителей города. К тому же власти города способствуют возрождению данного места.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Культурное наследие Самарской области. Т.1. Объекты архитектурного наследия. Самара, 2020. 704 с.
2. Абакумова А.В. Особенности современной градостроительной ситуации промышленных территорий г.о. Самара // Градостроительство и архитектура. 2012. Т.2, №4. С. 6–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.1.
3. Котенко И.А., Токарева В.А. Реновация бывших промышленных территорий // Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 47–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.03.6.
4. Благиных Е.А., Дрожжин Р.А. Механизмы и принципы реновации стагнирующих территорий металлургических предприятий // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 4. С. 61–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.11.
5. Рыбакова Д.С., Федотов А.С. Роль контекста при реабилитации городских территорий, нарушенных промышленной деятельностью // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №2. С. 117–121. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.02.20.
6. Солодилов М.В. Особенности градостроительных трансформаций бывших промышленных территорий (экотехнологическое строительство в городских проектах Швеции) // Градостроительство и архитектура. 2013. Т.3, №1. С. 31–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.6.
7. Пастернак П.Л. Железобетонные конструкции: специальный курс. М.: Госстройиздат, 1961. 50 с.
8. Отчет о техническом обследовании водонапорной башни Н=50,0 м, расположенной на территории ОАО «ЗИФ ПЛЮС» по адресу: г. Пенза, ул. Ленина, 3 (Гарькин, 2020 г. Заказчик: ООО Научно производственный центр «Цера»).
9. Хозяйственная книга для постройки Трубочного завода. Устройство водонапорной башни Приморским Строительным обществом. ГАПО. СВИЗ №2536 Ф.183 Оп.01 Д. 143.
10. Журнал временной хозяйственно-строительной комиссии для постройки нового трубчатого завода. Пояснительная записка. ГАПО Ф.324 Оп.1 Д. 15.
11. Журнал временной хозяйственной-строительной комиссии для постройки нового трубчатого завода. Проект Водонапорной башни Шухова-Бари. ГАПО Ф.324 Оп.1 Д. 17 Л. 52–54.
12. Вьюнов Г., Демидов А. Пензенский велосипедный (из истории завода). Пенза. Пензенское книжное издательство, 1958. 70 с.

REFERENCES

1. *Kul'turnoe nasledie Samarskoj oblasti. T.1. Ob'ekty arhitekturnogo naslediya* [Cultural heritage of the Samara region. Vol.1. Objects of architectural heritage]. Samara, 2020. 704 p.
2. Abakumova A.V. Features of a modern town-planning situation of industrial territories of the city of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2012, vol. 2, no.4, pp. 6-10. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.1
3. Kotenko I.A., Tokareva V.A. Renovation of former industrial areas. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2015, vol. 5, no.3, pp. 47-52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.03.6
4. Blaginykh E.A., Drozhzhin R.A. Mechanisms and principles for the renovation of stagnant areas of metallurgical enterprises. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no.4, pp. 61-66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.11
5. Rybakova D.S., Fedotov A.S. Role of the context in the rehabilitation of urban areas disturbed by industrial activity. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 2, pp. 117-121. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.02.20
6. Solodilov M.V. Role of the context in the rehabilitation of urban areas disturbed by industrial activity. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, vol. 3, no. 1, pp. 31-37. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.6
7. Pasternak P.L. *Zhelezobetonnye konstrukcii: special'nyj kurs* [Reinforced concrete structures. Special course]. M., Gosstroyizdat, 1961. 50 p.

8. *Otchet o tekhnicheskome obsledovanii vodonapornoj bashni N=50,0 m, raspolozhennoj na territorii OAO «ZIF PLYUS» po adresu: g. Penza, ul. Lenina, 3 (Gar'kin, 2020 g. Zakazchik: OOO Nauchno proizvodstvennyj centr «Cera»)* [Report on the technical inspection of the water tower H = 50.0 m, located on the territory of JSC "ZIF PLUS" at the address: Penza, st. Lenina, 3 (Garkin, 2020 Customer: Scientific and Production Center "Tsera")]

9. *Hozyajstvennaya kniga dlya postrojki Trubochnogo zavoda. Ustrojstvo vodonapornoj bashni Primorskim Stroitel'nyim obshchestvom. GAPO. SVIZ №2536 F.183 Op.01 D. 143.* [Household book for the construction of a pipe plant. Construction of a water tower by the Primorsky Construction Society. GAPO. SVIZ No. 2536 F.183 Op.01 D. 143]

10. *ZHurnal vremennoj hozyajstvenno-stroitel'noj komissii dlya postrojki novogo trubchatogo zavoda. Poyasnitel'naya zapiska. GAPO F.324 Op.1 D. 15.* [Journal of the temporary economic and construction commission for the construction of a new pipe plant. Explanatory note. GAPO F.324 Op.1 D. 15].

11. *ZHurnal vremennoj hozyajstvennoj-stroitel'noj komissii dlya postrojki novogo trubchatogo zavoda. Proekt Vodonapornoj bashni SHuhova-Bari. GAPO F.324 Op.1 D. 17 L. 52–54.* [Journal of the temporary economic and construction commission for the construction of a new pipe plant. Shukhov-Bari Water Tower Project. GAPO F.324 Op.1 D. 17 L. 52-54].

12. Vyunov G., Demidov A. *Penzskij velosipednyj (iz istorii zavoda)* [Penza bicycle (from the history of the plant)]. Penza, Penza Book Publishing House, 1958. 70 p.

Об авторах:

БОЧАРОВА Юлия Васильевна

ассистент кафедры дизайна и художественного проектирования интерьера
аспирант кафедры дизайна архитектурной среды
Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
аспирант кафедры дизайна архитектурной среды
440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28
E-mail: iulia1908@mail.ru

BOCHAROVA Julia V.

Assistant of the Interior Design and Artistic Design Chair
Penza State University of Architecture and Construction
Postgraduate student of the Department of Design of the
Architectural Environment
Nizhny Novgorod State University of Architecture and
Civil Engineering
440028, Russia, Penza, st. German Titov, 28
E-mail: iulia1908@mail.ru

ХРЮКИНА Мария Тихоновна

старший преподаватель кафедры дизайна
и художественного проектирования интерьера
Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28
E-mail: martihov@gmail.com

KHRYUKINA Maria T.

Senior lecturer of the Department of the Interior Design
and Artistic Design Chair
Penza State University architecture and construction
440028, Russia, Penza, st. German Titov, 28
E-mail: martihov@gmail.com

Для цитирования: Бочарова Ю.В., Хрюкина М.Т. Территория и объекты завода имени М.В. Фрунзе в контексте развития городской среды города Пензы // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 131–137. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.18.

For citation: Bocharova Yu.V., Khryukina M.T. Territory and Objects of the Frunze Plant in the Context of the Development of the Urban Environment in Penza. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 131–137. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.18.

Г. А. КАРАБАЕВ

КОМФОРТНОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

COMFORTABLE PUBLIC SPACE AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF SOCIAL INFRASTRUCTURE

В статье поднимается вопрос по организации и формированию комфортного общественного пространства. Исследование посвящено роли трансформации социально значимых территорий города на современном этапе. В результате проделанной аналитической работы выявлены главные отрицательные стороны существующих общественных пространств и определен основной вектор трансформации городской территории. В XXI веке, учитывая социально-экономические, культурно-исторические и природно-климатические факторы, в период научно-технического прогресса человечество имеет все возможности по реализации концепции «комфортное общественное пространство».

Ключевые слова: общественное пространство, архитектура, градостроительство, вектор развития, комфортная городская территория, трансформация

Комфортное общественное пространство – одна из наиболее сложных и актуальных задач современного социума. Устойчивый интерес к формированию комфортной среды в городской структуре обусловлен её ролью в среде обитания человека, а также природно-климатическими и региональными условиями.

Общественное пространство, как неотъемлемый элемент города, реализует свою социальную и культурную сущность, со своими вопросами и проблемами. Современный город как фактор исторического процесса предлагает поиск и решение различных задач. Общественное пространство как система, аккумулирующая общественные отношения и связи, как необходимый компонент городской среды и как точка притяжения горожан реализует оптимальные формы городской территории.

«Обсуждение историко-культурных проблем города в период переоценки академических понятий не только естественно, но и необходимо, так как именно городская среда во всём многообразии её проявлений служила ядром социума, своеобразным центром притяжения, вокруг которого и по направлению к которому стягива-

The article raises the question of the organization and formation of a comfortable public space. The research is devoted to the role of transformation of socially significant city territories at the present stage. As a result of the analytical work done, the main negative aspects of existing public spaces have been identified and the main vector of its transformation has been determined. In the XXI century, taking into account socio-economic, cultural, historical and climatic factors, during the period of scientific and technological progress, humanity has all the possibilities to implement the concept of "comfortable public space".

Keywords: public space, architecture, urban planning, vector of development, comfortable urban area, transformation

лись силовые линии общественной и культурной динамики» – В.Н. Немчинов [1].

В такой концепции, при формировании комфортного общественного пространства, важно выйти за пределы формальных методов организации городской территории и несокрушимости исторически сложившихся логических построений.

В градостроительстве широко известен **цветовой метод** организации комфортного общественного пространства. При организации городского пространства роль цвета многократно увеличивается, так как это оказывает значительное влияние на эмоциональное состояние населения [2–3].

Путем применения различных палитр лакокрасочных материалов достигается разнообразие и красочность облика города. Световые оборудование могут придать индивидуальную форму отдельным деталям здания, тем самым изменив облик сооружения к лучшему [4–6].

Общеизвестно, что цветовое и световое решение освещения улиц, дорог и проездов влияет на передачу эмоциональной составляющей и характера городского пространства. Освещенность улиц прямо пропорциональна ширине и плотности за-

стройки улиц, а также немаловажным фактором является высотность зданий на данном участке. Проспекты и улицы, имеющие серые или пастельные цвета фасадов зданий, при недостаточной освещенности создают облик темной и мрачной городской среды, а при использовании ярких и теплых тонов улицы преобразуются и формируют уютную комфортную городскую среду.

Архитекторы прошлого широко применяли яркие цветовые решения на фасадах жилых и общественных зданий, а также при окраске внутренних помещений, тем самым создавая жизнерадостную атмосферу [7, 8].

На современном этапе свет и цвет, а также грамотное использование особенностей естественного и искусственного освещения являются важнейшим фактором при организации комфортной городской среды, но данный метод удовлетворяет только визуальную составляющую городского пространства.

Например, летом 2021 г. в городе Нур-Султан состоялось открытие пешеходной улицы (рис. 1) в рамках мастер-плана «Нур-Султан – комфортный город». По замыслу авторов на данном общественном пространстве будут организованы выступления творческих коллективов, проводиться различные мероприятия развлекательного характера, предусмотрены танцевальные «битвы» и т. п.

Входная группа общественного пространства выполнена в виде арки, далее по ходу движения расположены торговые и выставочные площадки с ярко-красными навесами, вся пешеходная улица уложена брусчаткой разных цветов (рис. 2). Безусловно, такое общественное пространство стало одним из центров притяжения населения [9].

Но все же необходимо отметить: учитывая тот факт, что Казахстан имеет резко континентальный климат, такая организация комфортной городской среды носит сезонный характер.

Второй пример организации комфортного общественного пространства – территория под мостом «Архар» (рис. 3). Как утверждает руководитель Центра урбанистики Елнар Базыкен, это один из примеров осуществленных общественных пространств. Созданные объекты формируют собственную атмосферу и побуждают развитие творческого кластера у жителей города [10].

Безусловно, такая организация общественного пространства – это шаг к повышению комфортности городской среды. На данной территории расположены новые арт-инсталляции, велосипедные дорожки, различные спортивные площадки (баскетбольная площадка, игровые площадки, детские площадки, зона workout и т. д.), рассчитанные на все возрастные группы



Рис. 1. Пешеходная улица «Demalys Promenad», улица А. Мамбетова, г. Нур-Султан

людей (рис. 4). Также стоит отметить, что данная территория с каждым годом расширяется, наблюдается появление новых спортивных зон и пространств для пассивного и активного отдыха горожан и гостей столицы [11].

На современном этапе свет и цвет прочно связаны между собой. Известно, что свет и цвет через глаза, а далее обработанные мозгом могут воздействовать на обмен веществ и на организм в целом. Многочисленные опыты доказали, что каждый человек обладает своим внутренним цветовым индикатором.

Так, человек может через цвет выразить свое индивидуальное настроение и чувства, а также особенности характера [11].

В XXI в., когда технический прогресс шагнул далеко вперед, манипуляции с цветом приобрели иной характер, что позволило более гибко воздействовать на психо-эмоциональное состояние человека при организации комфортного общественного пространства городской территории. Но, как отмечалось выше, этого недостаточно, в особенности для городов с суровыми климатическими условиями.



Рис. 2. Пешеходная улица «Demalys Promenad», улица А. Мамбетова, г. Нур-Султан



Рис. 3. Общественное пространство под мостом «Архар», г. Нур-Султан



Рис. 4. Общественное пространство под мостом «Архар», г. Нур-Султан

Несмотря на социальные, экономические, исторические и культурные различия стран, каждый город в основе имеет идентичную градостроительную структуру и общественную социально-пространственную систему. И при решении задачи по формированию комфортного общественного пространства можно обратиться к опыту зарубежных стран. Одно из таких решений – это «пассаж», к сожалению не получивший дальнейшего развития в современной архитектурной практике.

Пассаж имеет обширное понятие и в архитектуре – это тип общественного здания торгового назначения, особенностью которого яв-

ляется: 1) расположение торговых помещений ярусами вдоль широкого прохода, 2) обширное застекленное покрытие данного прохода, но все же этот проход по всем своим функциям является улицей, перекрытой прозрачной кровлей.

Ярким примером «пассажа» является галерея В. Эммануила II – это известная торговая галерея, расположенная на Соборной площади в Милане, Италия, где заложены основы организации комфортного общественного пространства городской территории. Такие здания возводились не только на территории Европейских стран, но и в Российской Федерации. Большинство пассажей расположены в Москве и Санкт-Петербурге.

Одним из примеров пассажа в Санкт-Петербурге является «Пассаж на Невском проспекте», архитектор Р.А. Желязевич, задние построено в 1846 – 1848 гг. Необходимо отметить, что до этого времени в Санкт-Петербурге было возведено несколько зданий такого типа, но А.Л. Пунин отмечает, что название «пассаж» [12] закрепилось именно за проектом Р.А. Желязевича.

Р.А. Желязевич был одним из востребованных зодчих Петербурга середины XIX в. Новаторство архитектора прослеживалось в применении железных стропил больших пролетов, железных балок и других технических и конструктивных новшеств, что для того времени являлось смелым решением. В результате *пространственные и большепролетные конструкции* зарекомендовали себя как одно из средств повышения комфортности общественных пространств [13].

Таким образом, можно подчеркнуть, что необходимость в создании основы комфортного общественного пространства в городской структуре существует постоянно. Ретроспективный анализ показывает, что симбиоз пространственных конструкций с городской структурой приведет к эволюции градостроительного искусства и формированию комфортной архитектурной среды в странах с резко континентальным климатом.

Но, как отмечалось выше, для этого важно выйти за пределы формальных методов организации городской территории и отойти от стереотипа открытого общественного пространства. Что приведет к появлению предпосылок к разработке единой концепции общественного пространства с принципиально новой планировочной схемой социально ориентированных территорий. Таким образом, трансформация городского пространства и социальнозначимых мест города приобретет иной вектор развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Город как социокультурное явление исторического процесса / отв.ред. Э.В.Сайко. М.: Наука, 1995. 351 с.

2. Щепетков Н.И. Сто задач по архитектурной светологии. М.: МАРХИ, 1993. 64 с.
3. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. М.: Архитектура С, 2006. 317 с.
4. Самогоров В.А., Конкина Е.Д. Теория цветовых контрастов Иоханнеса Иттена // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 97–103. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.14.
5. Стребкова К.А. Колористическое решение городского пространства в различные исторические периоды // Градостроительство и архитектура. 2011. Т.1, №3. С. 62–65. DOI:10.17673/Vestnik.2011.03.14.
6. Каракова Т.В., Воронцова Ю.С. Оптические иллюзии в дизайне интерьеров общественных пространств // Градостроительство и архитектура. 2014. Т.4, №2. С. 31–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.6.
7. Хоровецкая Е.М., Карабаев Г.А. Оптимизация архитектурной среды посредством свето-цветовой организации пространства // Вестник КазГАСА. Алматы. 2017. №1(63). С. 50–57.
8. Гусев Н.М., Макаревич В.Г. Световая архитектура. М.: Стройиздат, 1973. 248 с.
9. <https://astana.gov.kz/ru/news/news/27689#lg=1&slide=0>
10. <https://astana.gov.kz/ru/news/news/23594>
11. Фрилинг Г., Ауэр К. Человек – цвет – пространство / пер. с нем. М.: Стройиздат, 1973. 141 с.
12. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины XIX века. Л.: Лениздат, 1990. 181 с.
13. Шимко В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды. М.: Архитектура С, 2006. 385 с.
2. Shchepetkov N.I. *Sto zadach po arhitekturnoj svetologii* [One Hundred Problems in Architectural Light Science]. Moscow, Markhi, 1993. 64 p.
3. Shchepetkov N.I. *Svetovoj dizajn goroda* [City light design]. Moscow, Arkhitektura S, 2006. 317 p.
4. Samogorov V.A., Konkina E.D. Johannes Itten: the seven color contrasts. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol.11, no. 3, pp. 97–103. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.14.
5. Strebkova K.A. Coloristic design of urban space in different historic periods. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol.1, no. 3, pp. 62–65. DOI:10.17673/Vestnik.2011.03.14.
6. Karakova T.V., Vorontsova Yu.S. Optical illusions in interior design of public spaces. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2014, vol.4, no. 2, pp. 31–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.6.
7. Khorovetskaya E.M., Karabayev G.A. Optimization of the architectural environment through the light and color organization of space. *Vestnik KazGASA* [Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction], 2017, no. 1 (63), pp. 50–57.
8. Gusev N.M., Makarevitch V.G. *Svetovaya arhitektura* [Light architecture]. Moscow, Stroyizdat, 1973. 248 p.
9. Available at: <https://astana.gov.kz/ru/news/news/27689#lg=1&slide=0> (accessed 2 February 2022)
10. Available at: <https://astana.gov.kz/ru/news/news/23594> (accessed 2 February 2022)
11. Frieling H., Auer X. *Chelovek – cvet – prostranstvo* [Man – color – space]. Moscow, Sroyizdat, 1973. 141 p.
12. Punin A.L. *Arhitektura Peterburga serediny XIX veka* [Architecture of St. Petersburg in the middle of the 19th century]. Leningrad, Lenizdat, 1990.181 p.
13. Shimko V.T. *Arhitekturno-dizajnerskoe proektirovanie gorodskoj sredy* [Architectural and design design of the urban environment]. Moscow, Atkhitektura S, 2006. 385 p.

REFERENCES

1. *Gorod kak sociokul'turnoe yavlenie istoricheskogo processa* [City as a socio-cultural phenomenon of the historical process] / Ed. in Chief E.V.Sayko. Moscow, Nauka, 1995. 351 p.

Об авторе:

КАРАБАЕВ Гани Айтбаевич

доктор PhD, старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна
Казахский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина
010011, Республика Казахстан,
г. Нур-Султан, пр. Женис, 62
E-mail: office@kazatu.kz

KARABAYEV Gani A.

PhD, Senior Lecturer of the Architecture and Design Chair
Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin
010011, Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan,
Zhenis avenue, 62
E-mail: office@kazatu.kz

Для цитирования: Карабаев Г.А. Комфортное общественное пространство как фактор развития социальной инфраструктуры // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 138–142. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.19.

For citation: Karabayev G.A. Comfortable Public Space as a Factor in the Development of Social Infrastructure. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 138–142. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.19.

Н. Ж. КОЗБАГАРОВА
Б. Я. ТАМАРА

РОЛЬ АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНЫХ СРЕДСТВ В ПОВЫШЕНИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ МОНОГОРОДОВ КАЗАХСТАНА

**ROLE OF ARCHITECTURAL AND LANDSCAPE MEANS IN INCREASING
THE ARTISTIC POTENTIAL OF THE URBAN ENVIRONMENT
OF MONOCITIES IN KAZAKHSTAN**

Рассмотрена эмоциональная составляющая в формировании комфортной среды городского пространства. Показано влияние архитектурно-ландшафтных средств на повышение качественного потенциала функционально-пространственной организации среды жизнедеятельности малых городов. Исследована экореконструкция, связь с природным окружением внутри города. Рассмотрены пять основных сенсорных чувств человека, их влияние на восприятие окружающей среды. Показано ощущение жителями ритма городской среды, восприятия композиционных качеств пространства, созданного архитектором через сочетание всех сенсорных качеств. Отмечена проблема деурбанизации и депрессивности малых моногородов Казахстана.

Ключевые слова: малые города, ландшафтная архитектура, городская среда, экология, общественное пространство, мультисенсорность

Моногорода – это городские поселения, созданные вокруг одной отрасли, в которой занято большая часть населения. Такие города формировались по всему миру, выполняя роль городов-спутников, центров местных систем расселения.

На территории Казахстана сформировано 27 моногородов (рис. 1). Большая часть малых моногородов Казахстана формировалась как опорные центры местных систем расселения территорий нового освоения (рис. 2). Переход от централизованной экономики к рыночным отношениям негативно отразился на всех моногородах постсоветского пространства, в том числе и на городах Казахстана, вызвав процессы деурбанизации и внутренней миграции.

Жилая архитектура моногородов советской эпохи – это преимущественно быстровозводимые сборные дома. Основной структурной единицей являлись микрорайоны. Но при всех их положительных качествах социально-культурная обеспеченность в основном ограничивалась школами и детскими садами. На сегодняшний

The emotional component in the formation of a comfortable environment of urban space is considered. The influence of architectural and landscape means on improving the qualitative potential of the functional and spatial organization of the living environment of small towns is shown. Investigated eco-reconstruction, connection with the natural environment inside the city. The five main human sensory senses, their influence on the perception of the environment are considered. The sensation of the inhabitants of the rhythm of the urban environment, the perception of the compositional qualities of the space created by the architect through the combination of all sensory qualities is shown. The problem of de-urbanization and depressiveness of small single-industry towns of Kazakhstan is noted.

Keywords: small towns, landscape architecture, urban environment, ecology, public space, multisensory

день недостаточно развитая социальная инфраструктура всех уровней обслуживания снижает качество городской среды моногородов. Не является исключением требующая экореконструкции и их архитектурно-ландшафтная составляющая.

Находясь в городском пространстве, мы обращаем внимание не только на те элементы, которые попадают в наше поле зрения, но и которые мы ощущаем другими органами чувств. Эмоциональная составляющая в формировании комфортной среды малого города является важным критерием при выборе архитектурно-ландшафтных приемов окружающей среды жизнедеятельности. Наполнение пространства эмоционально-художественными впечатлениями есть причина возникновения мотивации в желании человека посещать объекты ландшафтной архитектуры.

Роль архитектурно-ландшафтных средств проявляется через участие в функционально-пространственной организации городской среды. Разнообразие ее ситуационных усло-



Рис. 1. Моногорода Казахстана

вий определяет и выбор средств ландшафтной направленности. Поэтому для того чтобы открытые городские пространства были привлекательными для населения, очень важно учитывать эмоциональный контекст городского сценария [1, 2].

Критерии комфорта в общественном пространстве определяют общие принципы, тогда как для каждого человека комфорт – это абсолютно личное понятие. Теория и практика архитектурно-ландшафтной организации территории постоянно совершенствуются. Появление новых строительных материалов, развитие технологий, используемых при организации открытых пространств подобной направленности, оказывают влияние на эстетические вкусы и предпочтения людей. Следовательно, повышаются требования к качеству среды жизнедеятельности.

В последние годы во всем мире активно поднимается проблема экологии и сохранения окружающей среды. При формировании городского пространства актуальным экологическим решением становится концепция природы в городе, обеспечивающая тесное взаимодействие между человеком и природой. Формирование удобных, эстетически гармоничных, сомасштабных человеку пространств, работа над детализацией очень важны при проектировании городской среды. Данный результат достигается благодаря применению малых архитектурных форм и ландшафтных композиций, к которым относятся: художественная работа с ландшафтом, мощение, водные устройства, оборудование мест отдыха,

детских и спортивных площадок, информационное оборудование, декоративная скульптура, элементы праздничного, сценарного оформления пространственной среды [3–5].

Создавая городскую среду, архитектор задумывается над комфортностью среды пространств различного характера пользования. При этом как для городских образований крупного территориального масштаба, так и для малых городов – это крайне важный аспект в деле повышения качественного потенциала городских открытых пространств. Существует широкий спектр средств для повышения степени комфортности города. Возможности архитектурно-ландшафтных приемов можно рассматривать как достаточно действенные с позиции результативности краткосрочных мероприятий при проведении экореконструкции.

Первостепенным значением в восприятии населением городского пространства малого города является то, как человек взаимодействует с пространством, объединяя функцию и красоту через органы чувств. Архитектор Джой Монис Малнар отмечает: «Смысл погружения людей в окружающую среду состоит в том, чтобы активировать весь спектр чувств» [6].

Ритм городской среды может ощущаться жителями в результате восприятия композиционных качеств пространства, созданного архитектором через сочетание всех его сенсорных качеств. Располагая пространственными элементами сенсорного звучания, архитектор может вести жителей не только через функциональные, но и эстетические ритмы созданного места. При этом необходимо учитывать эле-

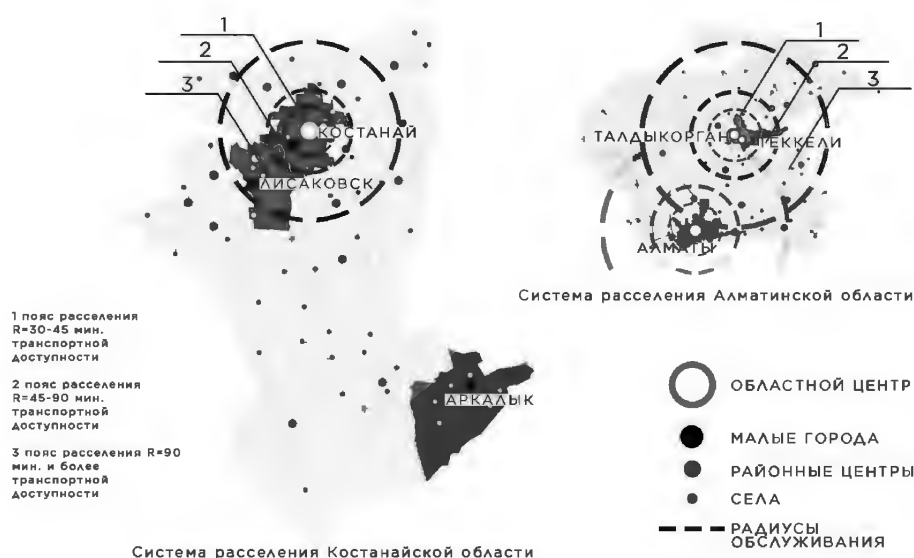


Рис. 2. Схемы системы расселения Костанайской и Алматинской областей

мент гармонии, который объединяет разнообразные впечатления при помощи принципов формирования целостной архитектурной среды – повторяемость, соподчиненность, соразмерность, уравновешенность и единство.

Зрительные чувства

Зрение является доминирующим органом чувств, благодаря которому происходит визуальное знакомство с окружающим нас миром. Все мы в основном думаем, рассуждаем и воображаем визуально. Как сказал финский архитектор Юхани Палласмаа: «Архитекторы проектируют в первую очередь для глаз смотрящего» [7]. Действия пользователей городской среды непосредственно подчиняются визуальному восприятию [8, 9]. Ориентируясь на зрительное чувство, человек интуитивно выбирает лучшие маршруты для пешеходных прогулок по городскому пространству, получая визуальное удовольствие от окружения.

Изучая проблемы городской среды, американский журналист Фрэнсис Андертон отмечает, что горожанин ценит место не только за его влияние на наши зрительные чувства, но и за то, как оно звучит, ощущается и пахнет [7].

Чувство слуха

То, как звучит пространство, несомненно, важно. Звуки могут дать тонкие подсказки относительно идентичности или пропорций пространства, даже намекая на его функцию. Палласмаа считает, что каждое здание или про-

странство имеет свой характерный звук близости, монументальности, гостеприимства [8]. В современном мире с быстро растущей урбанизацией гораздо больше внимания уделяется шуму, чем звуку окружающей среды [10]. Хотя звуки природы весьма положительно влияют, например, на выздоровление людей в учреждениях здравоохранения [11].

Тактильные чувства

Часто первая точка физического контакта происходит, когда мы выходим на улицу, прикасаясь с асфальтом или брусчаткой. Городская среда может быть ощутима текстурой дерева, поверхностью мощения брусчатки, холодными элементами стали, фактурным узором кирпича.

Рассуждая на тему тактильности в архитектуре, Палласмаа пришел к мысли, что природные материалы – камень, кирпич и дерево – позволяют взгляду проникать в их поверхность, они дают возможность убедиться в правдивости материи прикосновением [8]. Иногда, глядя на дешевую искусственную мраморную или деревянную облицовку, не требуется прикосновения, чтобы понять насколько материал качественный или нет [12].

Чувство обоняния и вкуса

Рассмотрение обонятельных свойств в практике архитектурно-ландшафтного проектирования сосредоточено на устранении негативных запахов. Неприятные запахи, как правило, оказывают наиболее сильное влияние на эмоции человека [13].

Запах может вызывать невероятные воспоминания о пространстве, причем самые сильные. С точки зрения когнитивного механизма, лежащего в основе воздействия запаха на поведение человека, обоняние окружающего запаха, которое мы ассоциируем с чистотой, на подсознательном уровне блокирует негативные мысли [8]. Ароматные запахи растений нейтрализуют токсичные газы и влияют на интеллектуальное развитие детей, а для обеспечения оптимальных условий их восприятия человеком исследователями рекомендуется формирование комплексных водно-цветочных композиций [14].

Чувства вкуса и запаха, так называемые химические чувства, непосредственно связаны между собой. Когда мы описываем осязаемый нами аромат, мы используем оба чувства, например сладкий, горький, соленый, ванильный и т. д. Но также чувство вкуса повышается, когда взаимодействует с остальными органами чувств. Например окружающая среда, которую мы наблюдаем визуальными органами, или приятная фоновая мелодия, задающая атмосферу местного заведения, – все это может повлиять на усиление вкусовых рецепторов [8, 15].

Монотонная городская среда, присущая моногородам, оставляет негативное впечатление, отсутствие желания жить, работать и развиваться в данном месте. Наиболее проблемными являются поселения, расположенные за пределами 1, 2, 3-часовой доступности от города-центра системы расселения.

В малых моногородах важным фактором, влияющим на развитие города, является финансовая составляющая. Поиск более бюджетных средств обновления депрессивных районов является одной из важнейших задач.

Доступным подходом может служить использование местных природных материалов. Взаимодействие с региональными материалами снимает эмоциональное напряжение и замедляет развитие болезненных процессов. Одним из таких элементов являются сенсорные сады, наполняющие пространство растениями, природными материалами, оказывающими воздействие на все органы чувств. Такие сады подходят для людей разных возрастов и социальных групп. Подобные решения могут быть индивидуальны для отдельного пространства, тем самым создавая разнообразие среды, наполняя ее эстетическими, экологичными элементами, повышая уровень и роль ландшафтного пространства в жизни человека. Сенсорные сады не являются новшеством, они применялись ранее в терапевтических целях. Сенсорные сады можно встретить в Москве в парке Горького. Они разработаны идеологом

и руководителем проекта «Сад в городе» Катериной Никитиной и экспертом проекта психологом Александрой Стариковой.

Зная о закономерностях эмоционально-психологического воздействия элементов ландшафта на различные органы чувств, можно предположить, как мультисенсорность способствует усилению эмоциональных впечатлений населения и использовать данную заинтересованность пользователей в городской среде жизнедеятельности при проектировании, в частности моногородов.

Выводы. 1. Архитектурно-ландшафтные средства являются одним из важных инструментов совершенствования облика городского пространства, наполняя его смыслом и функцией.

2. Ландшафтные средства способствуют повышению художественного потенциала городской среды.

3. Применение архитектурно-ландшафтных средств в малых моногородах Казахстана может оказать значительное влияние на «перегрузку» городской среды, способствовать частичному уходу от монотонности, депрессивности путем разнообразия открытых пространств, взаимодействия пользователя с окружающей средой – средоточием общественной жизни населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астанина Н.В., Прокофьева Е.Ю. Ландшафтный сценарий как основа формирования общественных пространств малых городов // *Архитектура и современные информационные технологии*. 2021. №3(56). С. 345–362. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-3-345-362.
2. Рождественская Е.С. Средовая композиция в архитектурно-дизайнерском проектировании // *Градостроительство и архитектура*. 2011. №2. С. 42–45.
3. Потаев Г.А., Нитиевская Е.Е. Формирование архитектурно-ландшафтных композиций. Минск: БНТУ, 2010. 30 с.
4. Смоленская Е.О. Социальная реклама в современном информационном поле // *Градостроительство и архитектура*. 2011. №3. С. 80–85.
5. Каракова Т.В., Сидорова Ю.О. Перфорация в объектах средового дизайна // *Градостроительство и архитектура*. 2011. №4. С. 11–15.
6. Malnar J.M. (2017). The 2015 Chicago Architecture Biennial: The state of sensory design. In I. Heywood (Ed.), *Sensory arts and design (Sensory Studies Series)*, (pp. 137–156). London: Bloomsbury Academic. URL: https://www.academia.edu/38799593/The_2015_Chicago_Architecture_Biennial_Malnar
7. Komatsu H., & Goda N. (2018). Neural mechanisms of material perception: Quest on Shitsukan. *Neuroscience*, 392, pp. 329–347. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.09.001.

8. Pallasmaa J. (1994). An architecture of the seven senses. In S. Holl, J. Pallasmaa, & A. Perez-Gomez (Eds.), *Architecture and urbanism: Questions of perception: Phenomenology and architecture* (Special issue), July, pp. 27–37.

9. Заславская А.Ю., Серова М.М. «Стрит-арт» или искусство уличных интервенций // Градостроительство и архитектура. 2012. №1. С. 11–16.

10. Орлов О.Г. Методические подходы к обоснованию санитарно-защитных зон построенных объектов по шумовому фактору // Градостроительство и архитектура. 2013. №2. С. 76–80.

11. Owen D. (2019). Is noise pollution the next big public-health crisis? *The New Yorker* May 13th. URL: <https://www.newyorker.com/magazine/2019/05/13/is-noise-pollution-the-next-big-public-health-crisis>.

12. Karana E. (2010). How do materials obtain their meanings? *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 27, (pp. 271–285). DOI: 10.4305 / METU.JFA.2010.2.15

13. Baus O., & Bouchard S. (2017). Exposure to an unpleasant odour increases the sense of presence in virtual reality. *Virtual Reality*, 21, pp. 59–74. DOI: 10.1007 / s10055-016-0299-3.

14. Козбагарова Н.Ж. Ароматическое моделирование в ландшафтном проектировании // Поиск. Алматы. 2009. № 2. С. 167–170.

15. Каракова Т.В., Воронцова Ю.С. Оптические иллюзии в дизайне интерьеров общественных пространств // Градостроительство и архитектура. 2014. №2. С. 31–36.

REFERENCES

1. Astanina N.V., Prokof'eva E.YU Landscape scenario as the basis for the formation of public spaces in small towns. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tekhnologii* [Architecture and Modern Information Technologies], 2021, no. 3 (56), pp. 345-362. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-3-345-362 (in Russian)

2. Rozhdestvenskaya E.S. Environmental composition of architectural and engineering design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 2, pp. 42–45. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.11

3. Potaev G.A., Nitievskaya E.E. *Formirovanie arhitekturno-landshaftnyh kompozitsij*. [Formation of architectural and landscape compositions]. Minsk, BNTU, 2010. 30 p.

4. Smolenskaya E.O. Social advertising in the modern information field. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 3, pp. 80–85. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.03.18

5. Karakova T.V., Sidorova Yu.O. Punching in objects of design of environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, vol. 1, no. 4, pp. 11–15. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.04.2

6. Malnar J. M. The 2015 Chicago Architecture Biennial: The state of sensory design. In I. Heywood (Ed.),

Sensory arts and design (Sensory Studies Series), 2017, pp. 137–156.

7. Komatsu, H., Goda, N. Neural mechanisms of material perception: Quest on Shitsukan. *Neuroscience*, 2018, no. 392, pp. 329–347. DOI: 10.1016/j.neurosci.2018.09.001

8. Pallasmaa, J. An architecture of the seven senses. In Holl S., Pallasmaa J., Perez-Gomez A. (Eds.). *Architecture and urbanism: Questions of perception: Phenomenology and architecture* (Special issue), 1994, July, pp. 27–37.

9. Zaslavskaya A.Yu., Serova M.M. "Street-art" or the art of street interventions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2012, vol. 2, no. 1, pp. 11–16. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.2

10. Orlov O.G. Methodological approach to verification of built projects sanitary protection zone according to noise factor. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, vol. 3, no. 2, pp. 76–80. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.13

11. Owen D. Is noise pollution the next big public-health crisis? *The New Yorker* May 13th. Available at: <https://www.newyorker.com/magazine/2019/05/13/is-noise-pollution-the-next-big-public-health-crisis>

12. Karana E. How do materials obtain their meanings? *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 2010, no. 27, pp. 271–285. DOI: 10.4305 / METU.JFA.2010.2.15

13. Baus, O., Bouchard, S. Exposure to an unpleasant odour increases the sense of presence in virtual reality. *Virtual Reality*, 2017, no. 21, pp. 59–74. DOI: 10.1007 / s10055-016-0299-3

14. Kozbagarova N.ZH. Aromatic modeling in landscape design. *Poisk, nauchnyj zhurnal ministerstva obrazovaniya i nauki* [Research], Almaty, 2009, no. 2, pp. 167-170. (in Russian)

15. Karakova T.V., Vorontsova Yu.S. Optical illusions in interior design of public spaces. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2014, vol. 4, no. 2, pp. 31–36. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.6

Об авторах:

КОЗБАГАРОВА Нина Жошевна

доктор архитектуры, доцент факультета архитектуры
Международная образовательная корпорация
050043, Республика Казахстан, г. Алматы,
ул. Рыскулбекова, 28.
E-mail: gjochi@mail.ru

KOZBAGAROVA Nina Zh.

Doctor, Associate Professor of the Faculty of Architecture
International Educational Corporation
050043, Republic of Kazakhstan, Almaty,
Ryskulbekov str., 28
E-mail: gjochi@mail.ru

ТАМАРА Богдан Ярославович

магистрант факультета архитектуры
Международная образовательная корпорация
050043, Республика Казахстан, г. Алматы,
ул. Рыскулбекова, 28
E-mail: bogdan.tamara.1998@mail.ru

TAMARA Bogdan Ya.

Master's Degree Student of the Faculty of Architecture
International Educational Corporation
050043, Republic of Kazakhstan, Almaty,
Ryskulbekov str., 28
E-mail: bogdan.tamara.1998@mail.ru

Для цитирования: *Козбагарова Н.Ж., Тамара Б.Я.* Роль архитектурно-ландшафтных средств в повышении художественного потенциала городской среды моногородов Казахстана // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 143–148. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.20.

For citation: *Kozbagarova N.Zh., Tamara B.Ya.* Role of Architectural and Landscape Means in Increasing the Artistic Potential of the Urban Environment of Monocities in Kazakhstan. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 143–148. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.20.



**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»**

**Направления
деятельности**



Научно-технический журнал «Градостроительство и архитектура» приглашает вас опубликовать статью

Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ВАК, индексируется в системе РИНЦ, каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России»: И170570

Рубрики:

- Строительство и архитектура
- Энергетика

Полный перечень рубрик можно посмотреть на официальном сайте журнала journals.eco-vector.com

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНАЯ!

Руководитель



Александр Кузьмич СРЕЛКОВ
доктор технических наук, главный редактор

Контакты



443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

тел. (846) 242-36-98, 8 (927) 651-07-09

E-mail: vestniksgasu@yandex.ru

А. А. КОРНИЛОВА
З. З. СУЛТАНАЕВА

ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗОН КАК ГЛАВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ГРУПП СЕЛ

**PRINCIPLES OF LOCATION OF PRODUCTION ZONES
AS THE MAIN COMPONENT OF CITY-FORMING GROUPS OF VILLAGES**

Устойчивое развитие малых поселений, развитие в них сельскохозяйственного производства являются одними из приоритетных направлений в развитии экономики Республики Казахстан. Основой архитектурно-пространственного переустройства села на современном этапе является целостность, комплексность подхода к единому решению проблем развития производственной и селитебной зон. Рациональное размещение производства решает проблемы повышения эффективности производства и производительности труда. Целью данного исследования является выявление основных приемов размещения производственных зон сельских населенных пунктов.

Ключевые слова: архитектурно-планировочная структура села, село, производственная зона, миграция, агломерация, градообразующая база, миниферма, устойчивое развитие сел

Исследования по данной теме проводились в более чем 30 селах Северного Казахстана. В Северный Казахстан входят четыре области – Кустанайская, Павлодарская, Северо-Казахстанская и Акмолинская, занимают они 22 % от общей площади территории Казахстана. Северный Казахстан включает в себя 5 городов, 13 районов и 19 сельских округов.

В данной области по статистике осталось 635 сёл, и их количество продолжает сокращаться. Результаты социологического исследования показали, что тенденции миграции сельского населения в города типичны и для агломераций исследуемого региона. При этом все группы населения мобильны, независимо от их социального происхождения. Соответственно улучшение условий труда, проживания и отдыха в каждом конкретном случае должно рассматриваться индивидуально.

В процессе исследования установлено, что безработица, отсутствие коммуникаций в ряде сел, слабое развитие инфраструктуры и плохая доступность учреждений обслуживания из-за отсутствия дорог и фрагментации сельских поселений являются наиболее важными фактора-

The sustainable development of small settlements, the development of agricultural production in them are among the priority areas in the development of the economy of the Republic of Kazakhstan. The basis of the architectural and spatial reconstruction of the village at the present stage is the integrity, complexity of the approach to a unified solution of the problems of development of industrial and residential areas. The rational distribution of production solves the problems of increasing the efficiency of production and labor productivity. The purpose of this study is to identify the main methods of locating industrial zones in rural areas.

Keywords: architectural and planning structure of the village, village, industrial zone, migration, agglomeration, city-forming base, minifarm, sustainable development of villages

ми, стимулирующими миграцию населения. Анализируя социальные проблемы, можно сделать вывод, что в настоящее время наиболее значимыми для развития сельских поселений являются следующие социальные проблемы:

- сезонность работы;
- необходимость дополнительной работы;
- низкий уровень жизни (по сравнению с городским);
- условия получения образования и повышения квалификации.

Анализ современного состояния сельских населенных мест Северного Казахстана показал, что градообразующей базой для строительства поселка являются промышленные и аграрно-промышленные предприятия, размещаемые в обособленном планировочном образовании – промышленной зоне. В связи с этим необходимо предвидеть, как должны развиваться малые поселения сегодня и на перспективу, с тем чтобы с наибольшей эффективностью использовать капитальные вложения в сельское хозяйство, тщательно обосновывать планировочные решения с учетом истории развития поселений, национальных традиций

и местных особенностей, а также рационального использования территорий, ландшафтов, климата и природных ресурсов.

Агрофирма «Родина» – это многопрофильное развитое сельхоз-формирование, где применяются самые современные технологии. Является одним из наиболее устойчивых хозяйств в республике и вносит достойный вклад в формирование продовольственного пояса столицы и реализацию концепции продовольственной безопасности страны. Агрофирма «Родина» занимается следующими основными видами деятельности:

- производство, хранение и реализация высококачественной продукции (зерно и элитные семена, молоко и продукты его переработки, мясо, плодоовощная продукция);

- оказание сельскохозяйственных услуг;

- производство и реализация строительных материалов.

Особенностью села является развитость ее социальной инфраструктуры. Территория села отличается благоустройством, здесь функционирует школа на 450 мест, детский сад, зоопарк, православный храм, магазины, дом ветеранов, библиотека, дом культуры, салон красоты, жилые дома полностью благоустроены (рис. 1).

Количество работающих – 560 человек, производительность труда – 12,3 млн. тенге на одного работника, годовой объем производства составляет 8,5 млрд. тенге, при этом доля продукции животноводства занимает 50 %. Основой устойчивого, динамичного социаль-

но-экономического развития села является ее производственная инфраструктура.

Село Архангельское расположено в южной части Западно-Сибирской низменности, в центре Северо-Казахстанской области, в 35 км от областного центра города Петропавловска и в 28 км от районного центра села Бесколь. В нескольких километрах от села проходит Транссибирская железная дорога (станция «Затон»). По данным переписи в 2020 г. в селе проживало 437 человек. За год приехало 48 человек, а выбыло 112. Еще в 1990 г. в селе проживало более 2100 человек. Было развито хозяйство, имелся автопарк на 120 машин, фермы поголовьем свиней 3 тыс., три клуба, торговый центр, функционировала школа и детский сад. Объекты производственной и социальной инфраструктуры села, после длительного пребывания в заброшенном состоянии, начали разрушаться и пришли в негодность (рис. 2).

В процессе исследования установлено, что типологическая структура производственных территорий зависит от природно-климатических, почвенных условий и организации системы производственных и перерабатывающих центров. Следовательно, эта функция определяется как взаимодействие природы (климата, почвы, воды) и организации производства (специализация, оптимальная концентрация, сотрудничество), а также человека (условия труда и быта).

Факторами, влияющими на формирование производственной зоны сельскохозяйственных предприятий, являются:



Рис. 1. Село Родина, Акмолинская область

– социальные (условия и характер труда, организация быта и досуга трудящихся непосредственно на производстве) [1, с. 271];

– организационно-экономические (оказывают влияние на повышение концентрации производства, усложнение структуры управления и организации их отраслевых подразделений, при этом сокращаются расстояния между объектами производства, блокирование отдельных зданий);

– архитектурно-планировочные факторы (требования к структуре и размещению производственных объектов, улучшение внешнего облика и благоустройства производственной зоны как неотъемлемой части архитектурного ансамбля малого населенного пункта) [2, с.129];

– инженерно-технологические (насыщение производственных объектов современным оборудованием, автоматизация производства, развитие инженерных коммуникаций) [3, с. 204].

Натурные исследования и теоретический анализ расположения производственных зон по отношению к селитьбе позволили выявить следующие приемы размещения

производственных зон сельских населенных пунктов:

– размещение в структуре селитебной зоны;

– частичное размещение в планировочной структуре;

– расположение за границей малого поселения;

– расположение промышленной зоны населенного пункта сельскохозяйственного назначения в соответствии с необходимыми санитарно-гигиеническими разрывами до селитебной зоны, которые в настоящее время являются пустырями и нерационально используются.

Совершенствование производства и соответствующее изменение характера труда приводят к перераспределению занятых в структуре производственной зоны. Количество непосредственно участвующих в основных производственных процессах, например ввиду первоочередности их механизации и автоматизации, значительно сокращается, в то время как количество занятых на перерабатывающих предприятиях, в сфере технического обслужи-



Рис. 2. Село Архангельское, Северо-Казахстанская область

вания и контроля, в научно-экспериментальном секторе, в сфере бытового обслуживания в целом увеличивается.

В ходе исследования выявлено, что количество занятых сокращается в наиболее удаленных от селитбы производственных подразделениях и увеличивается в наиболее приближенных. Учет этой тенденции естественным образом может быть осуществлен через увеличение концентрации соответствующих элементов производства вблизи селитебной зоны. Здесь необходимо разместить принципиально новые комплексы, состоящие из производственных, административно-управленческих и коммунально-бытовых объектов и включающие также специальные помещения для культурно-развлекательной и учебно-воспитательной работы. Это даст возможность интенсивно освоить санитарно-защитные зоны, которые в настоящее время в подавляющем большинстве не используются и превратились в пустыри, рационализировать связи и затраты времени в процессе обслуживания, исключить дублирование объектов аналогичного назначения на производстве и в селитбе, обеспечить композиционную целостность села.

С учетом новых социально-экономических потребностей современного человека необходимо определить формирование различных архитектурно-планировочных решений сел, подготовить соответствующие рекомендации по развитию и архитектурно-планировочному решению сел. В результате проведенного исследования предлагается:

- расширение производства (создание новых технологических линий);
- развитие фермерских хозяйств;
- создание новых небольших производственных площадок;
- строительство миниферм непосредственно в селитебной зоне (микропроизводства по отраслям животноводства, теплично-оранжерейного производства, рыбного хозяйства и т. д.), а также строительство новых крестьянских усадеб с индивидуальным производством сельхозпродукции [4, с.110];
- при определении перспектив развития производственной базы сельских населенных пунктов предлагается использовать системы мониторинга и оценки прилегающих территорий, природно-климатические особенности, наличие ресурсов;
- при формировании функционального зонирования и планировочной структуры сел предлагается в основу закладывать производственную направленность, соответствующую данному району, которая в свою очередь обеспечит комфортность проживания, а это условия и уровень жизни населения;

– переход от принципа типового проектирования к принципу индивидуализации производственных сооружений и объектов обслуживания. Это дает возможность наиболее полного раскрытия функционально-экономического, экологического, эстетического потенциала территорий, обладающих спецификой местных условий;

– необходимы новые градообразующие направления, такие как отдых, туризм, ремесла, торговля, спорт и т. д. [5, с. 8].

Вывод. Формирование сельских производственных центров в новых условиях должно производиться на основе принципа целостности, неделимости архитектурно-планировочной организации современного села.

Решение поставленных задач возможно путем применения ряда научных методов исследования, прогнозирования, планирования и проектирования, а также совместной работой с учеными других отраслей, например с экологами, экономистами, геологами, ветеринарами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исторические аспекты становления сельских поселений Северного Казахстана в дореволюционный период / А.А. Корнилова, С.Е. Мамедов, Е.М. Хоровецкая, Г.А. Карабаев, Т.А. Киселева // *TerraSebus. Acta Musei Sabesiensis*. 2010. С. 271–285.
2. Корнилова А.А., Лаптев В.А. Архитектура каркаса расселения и социальной инфраструктуры Республики Казахстан. Астана: КазАТУ имени С.Сейфуллина, 2019. 204 с.
3. Территориальный менеджмент: градостроительство и рекреационное планирование населенных пунктов в Республике Казахстан во второй половине XX века / А.А. Корнилова, Ю.М. Хоровецкая, С.Е. Мамедов, Т.З. Оспанов, Д.Ю. Сарсембаева // *Журнал экологического менеджмента и туризма*. 2019. Т. 10, вып. 6. С. 1295–1302.
4. Корнилова А.А. Рекомендации по проектированию и строительству сел в региональных условиях. Астана, 2002. 110 с.
5. Новиков В.А. Архитектурная организация сельской среды. М., 2006. 80 с.

REFERENCES

1. Kornilova A.A., Mamedov S.E., Khorovetskaya E.M., Karabaev G.A., Kiseleva T.A. Historical aspects of the formation of rural settlements in Northern Kazakhstan in the pre-revolutionary period. *Journal Terra Sebus. Acta Musei Sabesiensis*, 2010, vol. 10, pp. 271–285.
2. Kornilova A.A., Laptev V.A. *Arhitektura karkasa rasseleniya i socialnoi infrastrukturi Respubliki Kazakhstan* [Architecture of the settlement framework and social infrastructure of the Republic of Kazakhstan]. Astana, 2019. 204 p.

3. Kornilova A.A., Khorovetskaya Y.M., Mamedov S.E., Ospanov T.Z., Sarsembayeva D.Y. Territorial management: urban planning and recreational planning of settlements of the Republic of Kazakhstan in the second half of the twentieth century. *Journal of nature management and tourism* [Journal of Environmental Management and Tourism], 2019, vol. 10, no. 6, pp. 1295-1302. DOI: 10.14505//jemt.v10.6(38).11

4. Kornilova A.A. *Rekomendacii po proektirovaniyu i stroitelstvu sel v regionalnih usloviyah* [Recommendations for the design and construction of settlements in regional conditions]. Astana, 2002. 110 p.

5. Novikov V.A. *Arhitekturnaya organizaciya selskoi sredi* [Architectural organization of rural environment]. Moscow, Arhitektura-S Publ., 2006. 8 p.

Об авторах:

КОРНИЛОВА Алла Александровна

доктор архитектуры, профессор, профессор кафедры архитектуры и дизайна
Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина
010000, Казахстан, г. Нур-Султан,
ул. Проспект Победы, 62
E-mail: 5328864@mail.ru

KORNILOVA Alla A.

Doctor of Architecture, Professor of the Architecture and Design Chair
Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin
010000, Kazakhstan, Nursultan, Pobedy str., 62
E-mail: 5328864@mail.ru

СУЛТАНАЕВА Зарина Зинуровна

магистрант
Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина
010000, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Маралды, 12
E-mail: Sultanaeva88@mail.ru

SULTANAYEVA Zarina Z.

Master's Degree Student
Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin
010000, Kazakhstan, Nur-Sultan, Maraldy str., 12
E-mail: Sultanaeva88@mail.ru

Для цитирования: Корнилова А.А., Султанаева З.З. Принципы размещения производственных зон как главной составляющей градообразующих групп сел // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 149–153. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.21.

For citation: Kornilova A.A., Sultanayeva Z.Z. Principles of Location of Production Zones as the Main Component of City-Forming Groups of Villages. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 149–153. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.21.

С. И. ЛУТЧЕНКО
Е. А. КОРНЯ

ДИЗАЙН-КОД КАК КУЛЬТУРНЫЙ ПАРАМЕТР ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ В МЕСТАХ АКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА И РЕКРЕАЦИИ

DESIGN-CODE AS A CULTURAL PARAMETER FOR PRESERVING
THE HISTORICAL HERITAGE IN THE PLACES OF ACTIVE DEVELOPMENT
OF TOURISM AND RECREATION

Проведен анализ культурной идентичности. Данный анализ позволит разработать дизайн-код выбранных населенных пунктов с богатым историческим наследием с целью закрепления образа будущей территории. В статье также затрагивается историческое прошлое поселений, показан туристский потенциал территории на сегодняшний день.

Ключевые слова: дизайн-код, культурная идентичность, планировочная структура поселений, облик города, требования, нормы

На сегодняшний день туристская отрасль считается одним из основных направлений развития Волховского муниципального района Ленинградской области. Планировочным стержнем данного района является река Волхов, вдоль которой сформировались такие важные историко-культурные и общественные центры, как село Старая Ладога, город Новая Ладога и промышленный город Волхов.

Можно утверждать, что преобразование данных территорий является перспективным направлением градостроительной политики Волховского муниципального района Ленинградской области. Необходимо переосмысление городских территорий с учётом существующих факторов не только с позиции функционального наполнения, но и с позиции объёмно-пространственного и архитектурно-планировочного решения, чтобы выявить и подчеркнуть образ места и его идентичность.

В рамках данной статьи предлагается проектная модель индивидуального дизайн-кода улиц исторической застройки с целью закрепления архитектурно-планировочного отображения предельных параметров разрешенного строительства и реконструкции объектов капитального строительства в правилах землепользования и застройки муниципальных образований Староладожское сельское поселение и Новолодожское городское поселение.

This article analyzes cultural identity. This analysis will make it possible to develop a design code for the selected settlements in order to consolidate the image of the future territory. The article also touches upon the historical past of the settlements and the tourist potential of the territory today.

Keywords: design-code, cultural identity, planning structure of settlements, appearance of the city, requirements, norms

Ключевые задачи исследования:

1. Анализ кода культурной идентичности населенных пунктов с богатым историческим наследием.

2. Разработка дизайн-кода исторических городских улиц в населенных пунктах Ленинградской области.

Основные этапы исследования:

1 этап – сбор и изучение информации о поселениях;

2 этап – выявление культурной идентичности;

3 этап – разработка дизайн-кода исторических городских улиц.

Село Старая Ладога

К настоящему моменту Старая Ладога – населенный пункт, расположенный в двенадцати километрах выше устья реки Волхов. Старая Ладога еще до 1704 г. сохраняла статус – город Ладога. Первое упоминание о поселении встречается в летописи за 862 г.

Территория Старой Ладоги относится к древнейшим русским землям, по описанию летописцев: «откуда есть пошла русская земля». Уникальность Старой Ладоги заключается в том, что она являлась первой столицей Древней Руси. В то же время ей принадлежит основополагающая роль в создании русской государственности, русской городской цивилизации, налаживании торговых, транспортных,

межэтнических связей народов Европы и Азии, защите северных границ Руси.

Старая Ладога формировалась как средневековый город, расположенный вдоль одной улицы, сейчас имеющей название «Волховский проспект». Село строилось на берегу Волхова, на перекрестии торговых путей. Старая Ладога стала «первым окном в Европу» – город-порт на великих трансконтинентальных евразийских торговых путях – Великом Волжском и Балто-Днепровском. В создании Ладоги была реализована «Балтийская идея», славяне стремились получить выход к открытому морю, к свободным связям с Западной Европой, Скандинавией, Западнославянским Поморьем. Через неё шли пути «из варяг в греки» и «из варяг в арабы», а также путь из Швеции через Приладожье в Приуралье [1].

Правый берег исторически формировался помещичьими угодьями, жители правого берега созерцали в виде авансцены левый берег, на котором расположился основной комплекс церквей, монастырей и Староладожской крепости.

На формирование планировочной структуры села большое влияние оказали древняя поселенческая планировка, восходящая к X–XII вв., фортификация, а также характерные особенности местности и рельефа. В настоящее время основным ядром Старой Ладоги является музей-заповедник Староладожский (культурный слой периода Средневековья).

Облик села удалось сохранить за счет памятников архитектуры: оборонительного зодчества, религиозных построек и деревянных жилых домов, которые продолжают существовать в естественном окружении. В этом причина особого очарования Старой Ладоги – в ее неповторимой прелести и своеобразии.

Историческое прошлое Старой Ладоги не имеет аналогов. Она занимает определённое место в европейской истории, потому как включает не только историю древних славян, но и других северных народов Европы.

Город Новая Ладога

Вверх по течению от Старой Ладоги в направлении к Ладожскому озеру расположен город Петровского времени – Новая Ладога. Город основал Петр I в 1704 г. на левом берегу реки Волхов, в месте впадения в Ладожское озеро [2].

Так сложилось, что Новая Ладога совершенно незаслуженно остается в тени своего знаменитого Староладожского соседа. Новая Ладога – словно музей под открытым небом, живая память о богатых традициях российского купечества.

Исторический центр Новой Ладоги находится на треугольном острове, образованном рекой Волхов, старым Петровским каналом и рукавом Староладожского канала. Город сумел сохранить размеренность жизни той эпохи, традиции ярмарок и судоходства.

Планировочная структура города представлена за счет территории, примыкающей к ранее существовавшему Николо-Медведскому монастырю. Развитие его связано с образованием Новоладожской верфи, строительством Староладожского и Новоладожского каналов. Каналы не только добавили уникальность городу, но и работа в виде промысла (торговля, рыбоводство) стала основным занятием местных жителей. В них заключался источник благосостояния купечества, занимавшегося ловлей и торговлей рыбой, конной тягой на каналах, торговлей хлебом, добычей известковой плиты.

Облик Петровского города читается за счет сохранившихся памятников архитектуры, градостроительства и истории. Это культовые сооружения XVIII в., многочисленные жилые и общественные здания второй половины XVIII – середины XIX в., памятники инженерного искусства, образцы промышленной архитектуры и ряда построек, связанных с пребыванием в городе великого полководца А. В. Суворова, служившего в Новой Ладоге командиром Суздальского полка в 60-х гг.

Гостям Новой Ладоги предоставляется возможность познакомиться с архитектурой Петровского времени, уникальными водными каналами и Ладожским озером.

Предложения по дизайн-коду исторических городских улиц

При разработке архитектурно-пространственных моделей села Старая Ладога и города Новая Ладога были подготовлены и предложены объемно-планировочные параметры разрешенного строительства и реконструкции объектов капитального строительства для установления индивидуального дизайн-кода в исторической части населенного пункта. Ревитализация исторических улиц и каналов через визуальное предложение к градостроительным регламентам должна закрепить уровень качества историко-культурной среды поселений при реконструкции и дальнейшей застройке фасадной части улиц.

В населенном пункте Старая Ладога предлагается выделить пять главных улиц, которые являются основными историческими осями развития поселения и сохраняют неповторимый облик села.

Исторической функцией улицы Никольская (рис. 1) является торговля. Здесь предлагается нормировать отступ от красной линии, установить расстояние до козырьков домов, оформление фасадов, ограждений, кровли и построек на территории бывших усадеб. Ансамбль улицы и архитектурная выразительность объектов должны сохраниться за счет предложенных градостроительных параметров.

Улица Набережная (рис. 2) граничит с р. Волхов и ранее носила промысловый характер. На ней предлагается обустроить набережную для развития рыболовного промысла и создания целостной архитектурной панорамы с правого берега р. Волхов.

Улица Варяжская (рис. 3) – древняя ремесленная улица. Она является одной из самых часто посещаемых улиц жителями и гостями села, поэтому предлагается оставить ее пешеходной улицей с сохранением традиционной усадебной застройки, первые этажи будут выделены под общественные пространства с функциональным наполнением ремесленных лавок.

Волховский проспект (рис. 4) является основной транспортной осью, связывающей город Новая Ладога и село Старая Ладога с центром района – городом Волховом. Такую сложившуюся историческую планировочную структуру

необходимо сохранить. Для визуального восприятия данной улицы будет целесообразно оставить масштаб застройки неизменным и ограничить автомобильное движение: разрешить въезд для местных жителей и обслуживающего транспорта, остальной поток пустить через проектную объездную дорогу.

Улица Поземская (рис. 5) – деревенская жилая улица. Предлагается формировать ее из самобытных деревянных построек для постоянного проживания с функцией гостеприимного туризма. Туристы смогут ознакомиться с местной продукцией, блюдами национальной кухни и фермерским делом, проникнуть в атмосферу русского гостеприимства.

В городе Новая Ладога предлагается рассмотреть две основные улицы, которые сосредоточены в центральном историческом ядре города (треугольнике), и одну улицу вдоль Новолодожского канала.

Проспект Карла Маркса (бывший Николаевский) (рис. 6) расположен в исторической части города и до сих пор хранит вид образцового уездного купеческого городка с двухэтажными домиками с мезонинами. Предлагается сохранить исторический облик улицы при помощи ревитализации Гостиного двора для целей организации современного фудкорта

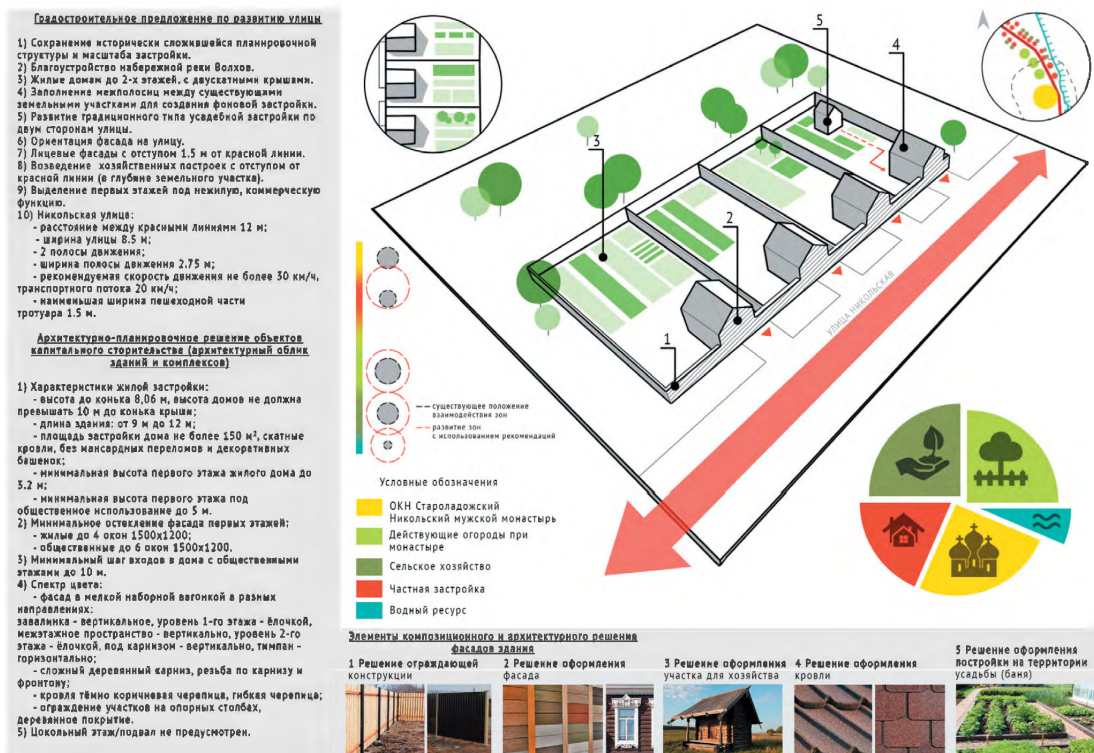


Рис. 1. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Никольская «Торговая улица»



Рис. 2. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Набережная «Промышленная улица»

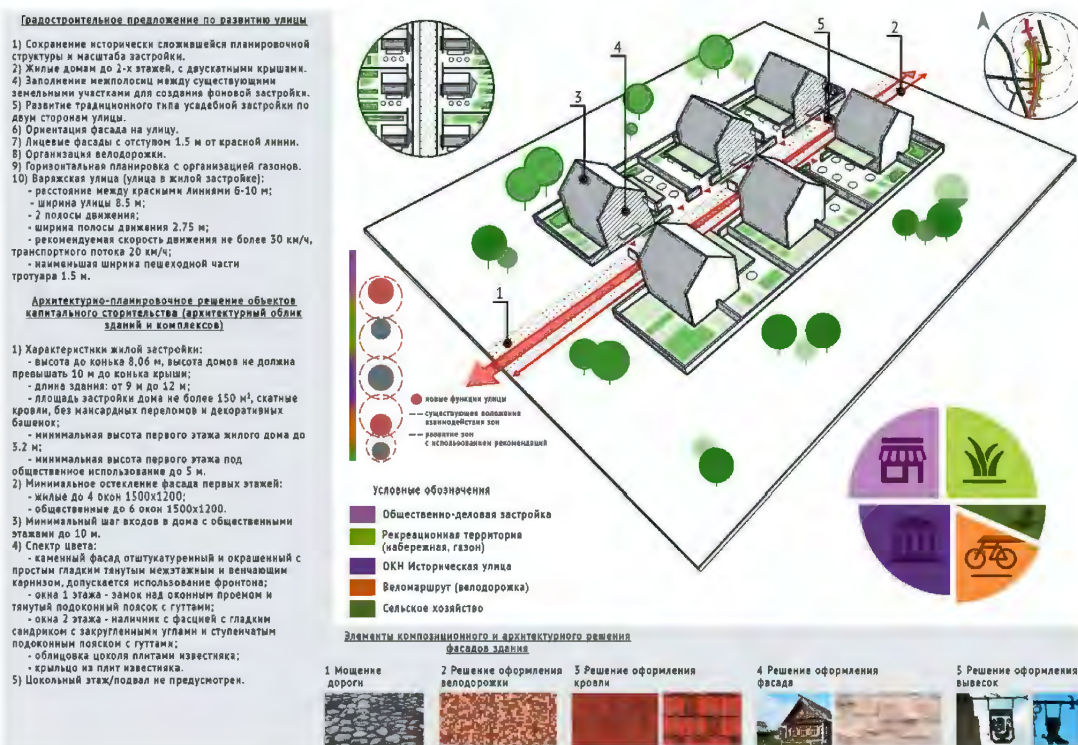


Рис. 3. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Варяжская «Ремесленная улица»

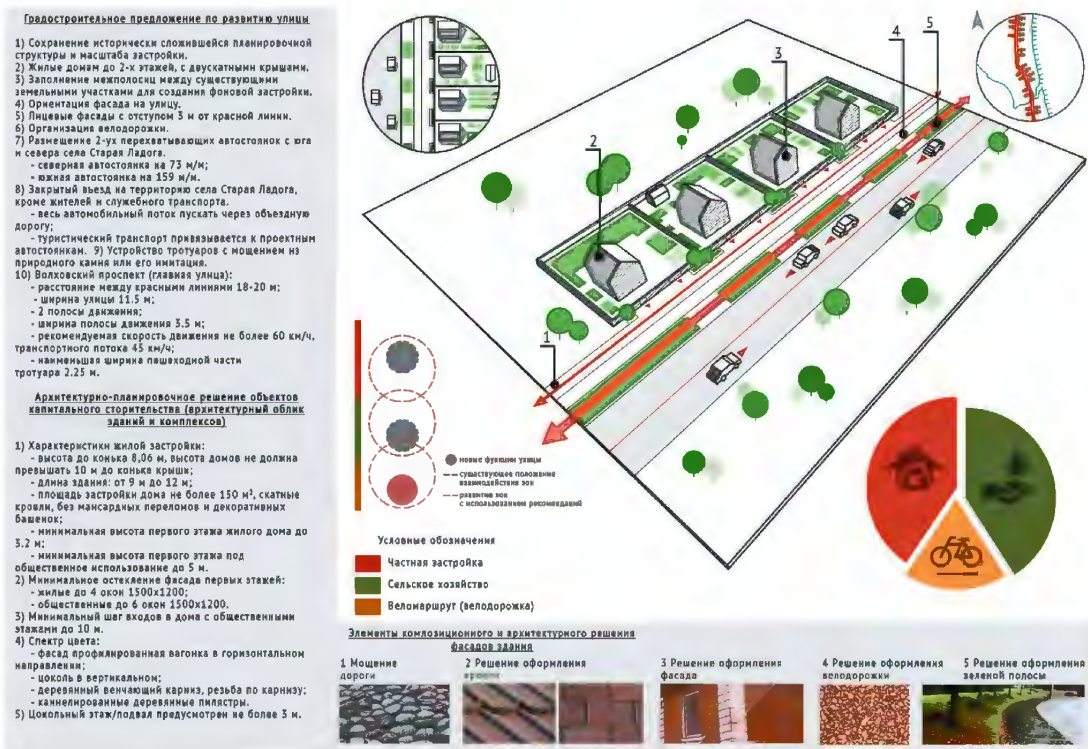


Рис. 4. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Волховский проспект «Центральная улица»

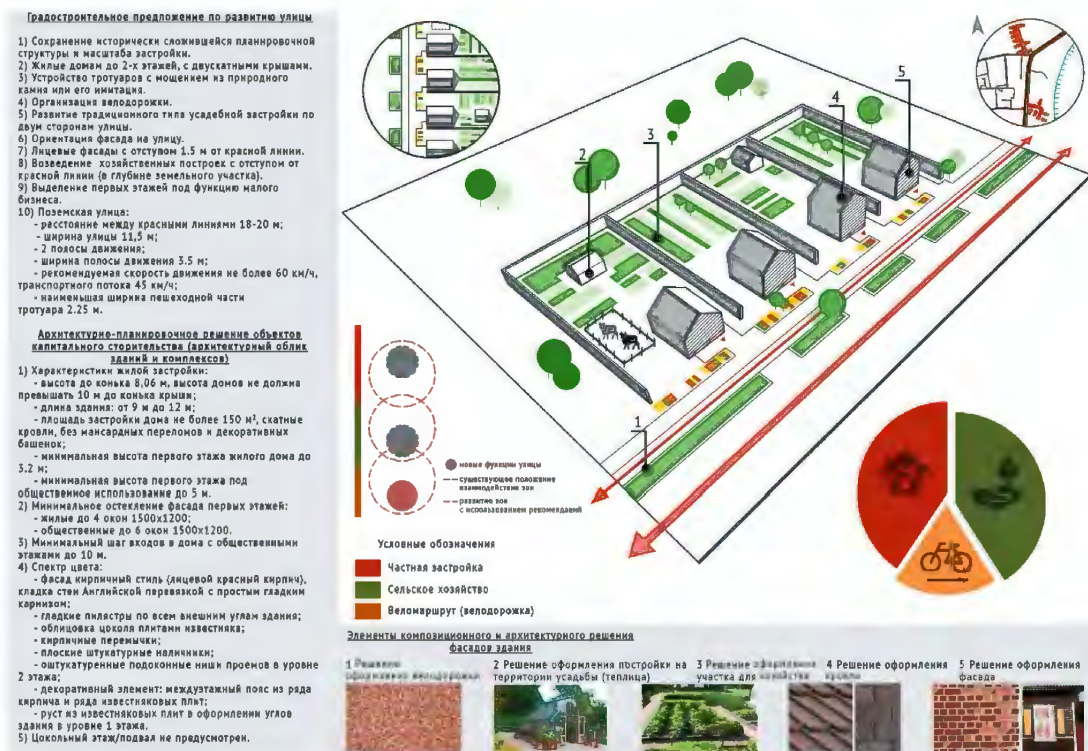


Рис. 5. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Поземская «Деревенская улица»

и фреш-маркетов местной продукции. Первые этажи существующих зданий выделить под общественные пространства с функциональным наполнением: лавки, трактиры или чайные, как было ранее, для поддержания облика исторической купеческой улицы.

Пролетарский канал (рис. 7) планируется организовать как общественно-деловую зону, где гости города смогут остановиться в преобразованных домах Петровской эпохи, тем самым проникнуться бытом местных жителей. Кроме того, предлагается выполнить реставрацию шлюзов, которая вернет полную функциональную пригодность Староладожского канала. Посетители города смогут не только насладиться первоначальным видом канала, но и заняться рыболовной ловлей, водным видом спорта сапсерфингом, а в зимнее время года катанием на лошадях.

Для Новоладожского канала (рис. 8) предлагается сохранить исторически сложившуюся планировочную структуру и масштаб застройки. Ансамбль улицы и архитектурная выразительность объектов должны сохраниться за счет предложенного градостроительного параметра, где нормирован отступ от красной линии, благоустройство и сохранение видового раскрытия с берегов Новоладожского канала.

Таким образом, наиболее эффективным и в то же время перспективным инструментом формирования комфортной городской среды является визуальное объёмно-пространственное решение через установление градостроительных параметров (дизайн-код), которые являются совокупностью положений, регулирующих процесс проектирования городской среды. Предложенный уникальный дизайн-код распространяется на обширный спектр объёмно-пространственных и архитектурно-планировочных решений.

Градостроительный параметр (дизайн-код) представляет собой подробное и наглядное (визуальное) описание уникальной системной методологии и графического материала, созданных для исторических населенных пунктов Ленинградской области, планирующих через правила землепользования и застройки установить регламент культурной идентичности. Данное предложение будет полезно использовать в работе как представителям администраций муниципальных образований, так и жителям указанных населённых пунктов для сохранения исторического облика родного поселения.

Данный свод правил может являться наглядным и практическим приложением к правилам землепользования и застройки

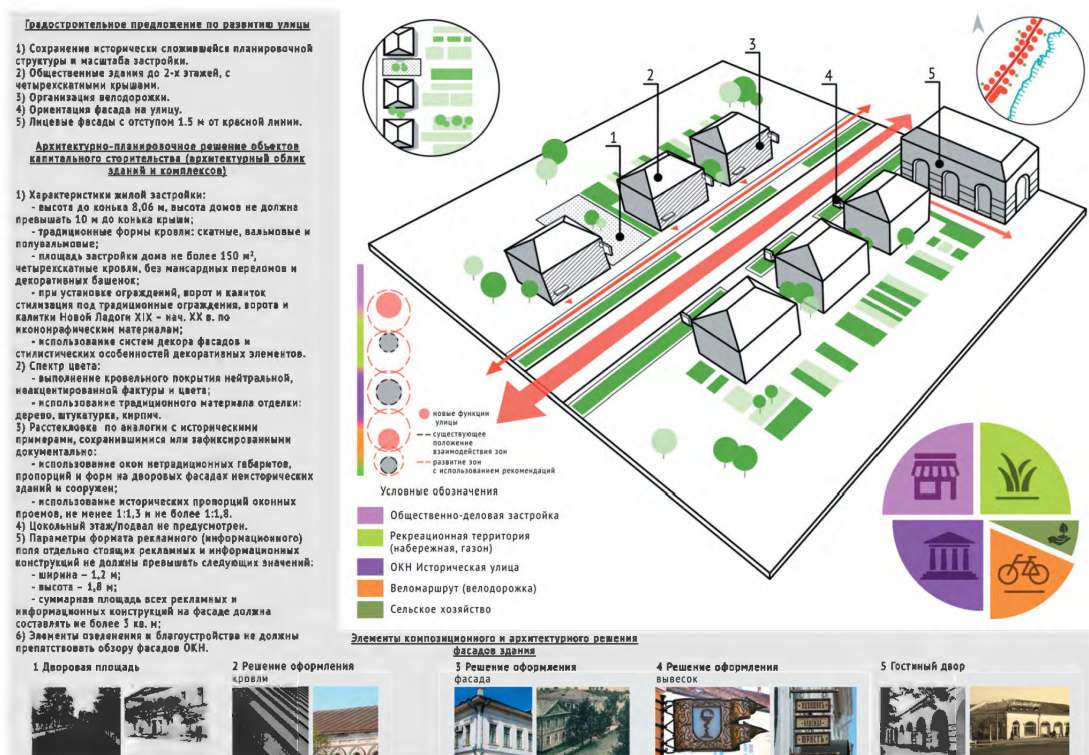


Рис. 6. Объёмно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Карла Маркса «Купеческая улица»



Рис. 7. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Пролетарский канал «Общественная улица»



Рис. 8. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение исторической улицы Новоладожский канал «Жилая улица»

указанных поселений, который может разрабатываться строго с привлечением специалистов в области архитектуры, градостроительства и городского планирования территорий [3].

Выводы. Подводя итог исследования, следует отметить, что градостроительным вектором развития поселений считается структуризация и аналитика существующих историко-культурных, архитектурных, функциональных, социокультурных, пейзажных и природных компонентов села Старая Ладога и города Новая Ладога. Предпосылками развития территории и определения основных направлений и мероприятий градостроительной деятельности, необходимых для успешной реализации программы развития исторических поселений как части туристической инфраструктуры, являются следующие:

1. Формирование системы открытых общественных пространств и мест социальной активности населения и приезжающих гостей (туристов) на основе поэтапного локального обновления и дополнения исторически сформированных жилых территорий, включения в них элементов сферы туристических услуг, продолжение создания благоустроенных зон центров населенных пунктов [4].

2. Совершенствование системы связей с приоритетами пешеходного движения (градостроительный масштаб населенных пунктов и комфортные пешеходные расстояния) и движения персонального транспорта (велосипеды, самокаты и т. д.), структурирование проездов и парковочных зон для автотранспорта: прежде всего создание пешеходной и вело-инфраструктуры в профилях указанных в статье улиц и каналов – именно они связывают по сложившимся и предлагаемым маршрутам существующие и проектируемые объекты туристического показа и точки общественного притяжения. Эта новая инфраструктура станет, как показывают её лучшие примеры, локомотивом для поэтапного обновления историко-культурной среды поселений [5].

3. Сохранение естественных и формирование благоустроенных новых элементов природно-рекреационного каркаса, учитываемых в планируемых реорганизационных мероприятиях на территориях как актив и базовые ограничения проекта [6].

4. Разработка и внедрение в практику строительства и реконструкции системы простых и чётких градостроительных регламентов застройки, опирающихся на культурно-историческую (в т. ч. архивную) основу местной пространственной идентичности, регламентов уличного дизайна. Эти регламенты должны определять конкретные стилистические реше-

ния и устанавливать общие правила компоновки, обеспечивающие включенность любых архитектурно-строительных изменений в местный культурный ландшафт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирпичников А.Н., Сарабьянов В.Д. Старая Ладога первая столица Руси. СПб.: Славия, 2012.
2. Глезеров С. Петербургские окрестности. Быт и нравы начала XX века. М.: Центрполиграф, 2013.
3. Романова Д.Н. «Дизайн-код» существующего государственного благоустройства // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство. Самара, 2018. С. 100–105.
4. Орлова Н.А., Орлов Д.Н., Молчанова В.В. Средовой туризм. Фрагменты целостной исторической застройки как объект туристической привлекательности // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №3. С. 99–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.19.
5. Малышева Е.В. Анализ комфортности транспортной системы города Самары // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 157–164. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.19.
6. 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.

REFERENCES

1. Kirpichnikov A.N., Sarab'yanov V.D. *Staraya Ladoga pervaya stolitsa Rusi* [Staraya Ladoga pervaya stolitsa Rusi]. Saint-Peterburg, Slaviya Publ., 2012. 216 p.
2. Glezerov S. E. *Peterburgskie okrestnosti. Byt i nrawy nachala XX veka* [Peterburgskie okrestnosti. Byt i nrawy nachala XX veka]. Moscow, Tsentrpoligraf Publ., 2013 740 p.
3. Romanova, D. N. «Design code» of the existing state improvement. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Gradostroitel'stvo* [Traditions and innovations in construction and architecture. urban planning]. Samara, 2018, pp. 100-105. (in Russian)
4. Orlova N.A., Orlov D.N., Molchanova V.V. Environmental tourism. Fragments of the whole historical development as an object of tourist attraction. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 99–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.19.
5. Malysheva E.V. Study of comfort of transport system of Samara city. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 157–164. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.19.
6. Vavilova T.Ya. Review of modern concepts of environmentalization of the living environment. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 3, pp. 113–125. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.15.

Об авторах:

ЛУТЧЕНКО Сергей Иванович

главный архитектор Ленинградской области,
Первый заместитель председателя Комитета
градостроительной политики Ленинградской области
Доцент кафедры градостроительства
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: serg.lutchenko@yandex.ru

LUTCHENKO Sergey I.

Chief Architect of the Leningrad Region, First Deputy
Chairman of the Committee for Urban Planning Policy
of the Leningrad Region
Associate Professor of the Urban Planning Chair
St. Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, St. Petersburg,
2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
E-mail: serg.lutchenko@yandex.ru

КОРНЯ Евгения Аркадьевна

магистрант кафедры градостроительства
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
190005, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-ая Красноармейская, 4
E-mail: isiel96@mail.ru

KORNYA Evgeniya A.

Master's Degree Student of the Urban Planning Chair
St. Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
190005, Russia, St. Petersburg,
2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
E-mail: isiel96@mail.ru

Для цитирования: *Лутченко С.И., Корня Е.А. Дизайн-код как культурный параметр для сохранения исторического наследия в местах активного развития туризма и рекреации // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 154–162. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.22.*

For citation: *Lutchenko S.I., Kornya E.A. Design-Code as a Cultural Parameter for Preserving the Historical Heritage in the Places of Active Development of Tourism and Recreation. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 154–162. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.22.*

А. Н. ТЕРЯГОВА

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ДОСТУПНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАМКАХ СОЦИАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ «ЗДОРОВЫЙ ГОРОД»

DIGITAL TWIN OF ACCESSIBLE URBAN ENVIRONMENT
IN THE FRAMEWORK OF THE "HEALTHY CITY" SOCIO-SPATIAL CONCEPT

Рассматриваются актуальные аспекты формирования социально-пространственной концепции «Здоровый город» и ее основы в виде каркаса доступной городской среды. Опираясь на современные информационные технологии проектирования, эксплуатации и реконструкции элементов городской среды, изложены преимущества создания и использования цифровых двойников доступной городской среды в целом или ее фрагментов. Анализируются возможности современных систем мониторинга города, предлагается алгоритм мониторинга доступности городской среды для обеспечения города информацией о работе составляющих системы и интеллектом для быстрых реакций и принятия решений в различных ситуациях.

Ключевые слова: цифровой двойник, доступная среда, безбарьерная среда «Универсальный дизайн», мониторинг городской среды, средовые системы, информативность среды

Быстро меняющаяся реальность ставит перед людьми новые задачи по рационализации процессов жизнедеятельности. За короткий промежуток времени люди приняли такие понятия и явления, как «самоизоляция» и «социальная дистанция». Стремление к здоровому образу жизни и социальная ответственность перед обществом диктуют необходимость поиска новых, более совершенных механизмов организации средовых объектов и систем, внутри которых появятся новые формы взаимодействия между людьми. Во многом принятие ответственности со стороны создателей, творцов городской среды – урбанистов, градостроителей, архитекторов во взаимодействии с медиками, социологами, управленцами и населением, позволит сформировать новую социально-пространственную концепцию «Здоровый город». Опираясь на современные цифровые технологии проектирования, мониторинга и прогнозирования, возможно формирование нового, более безопасного, доступного и здорового городского пространства [1–3]. В этом заключается *гипотеза* данной работы.

Концепция «Здоровый город» как часть системы «Smart City» предполагает объединение

The current aspects of the formation of the socio-spatial concept of a "Healthy city" are considered. The basis of this concept is being studied – the framework of an accessible urban environment. Based on modern information technologies of design, operation and reconstruction of elements of the urban environment, the advantages of creating and using digital twins of an accessible urban environment are shown. The possibilities of modern city monitoring systems are analyzed. An algorithm for monitoring the accessibility of the urban environment is proposed to provide cities with information about the operation of the components of the system and intelligence for quick reactions and decision-making in various situations.

Keywords: digital twin, accessible environment, barrier-free environment "Universal design", monitoring of the urban environment, environmental systems, informative environment

в единую доступную пространственную сеть учреждений медицинского социального обслуживания систем и подсистем, обеспечивающих гражданам здоровый образ жизни, но также их отчетливое цифровое дублирование. Несомненно, что каркасом и пространственной основой «Здорового города» должна стать доступная для граждан различных категорий мобильности среда. Доступная, или безбарьерная среда – это среда, доступная всем членам городского сообщества, независимо от их возраста, состояния здоровья, степени социальной и физической активности; среда, не содержащая в себе физических или моральных преград, препятствующих активной жизнедеятельности людей, пребывающих в ней. Это многофункциональная среда, приспособленная для всех представителей городского сообщества и, в особенности, для нужд людей с ограниченными возможностями, позволяющая экономить, например, ограниченные силы пожилых людей, давая им возможность проявить свою трудоспособность в течение более длительного срока [4]. За двадцать прошедших лет подходы к формированию доступной для маломобильных граждан среды претерпели

ряд существенных трансформаций. Ключевым стал момент перехода от простого насыщения среды оборудованием и средствами доступности для людей с ограниченными возможностями к проектированию и планированию в соответствии с принципами Универсального дизайна. Совершенствование качественного подхода при проектировании и строительстве элементов системы доступной среды в России уже прошло несколько этапов становления.

Доступная среда городов развивается качественно – во времени, количественно – в пространстве. Можно выделить основные этапы развития этой средовой системы – *возникновение, эксплуатация, доформирование, реконструкция*. Последние два этапа находятся в замкнутом цикле, и для наиболее эффективного существования системы необходим постоянный мониторинг во взаимодействии с цифровым двойником. Цифровой двойник – это цифровое представление физического объекта или системы объектов. Идея цифровых двойников впервые была представлена в Мичиганском университете доктором Майклом Гривзом (Dr Michael Grieves) в 2012 г. Он предложил при помощи цифровой копии совершенствовать качество продукта и минимизировать производственные расходы [5]. Цифровой двойник каркаса системы «Здоровый город» позволит моделировать развитие городских территорий, работу подсистем – транспортной и пешеходной сети, инфраструктуры и объектов социального и медицинского обслуживания. Виртуальная многослойная модель в отличие от актуальных в настоящее время ГИС-систем носит не только информационный характер, она «дает возможность управлять всеми системами в соответствии с принятой стратегией развития, прогнозировать последствия предлагаемых изменений и является инструментом по поиску оптимальных решений» [6]. Цифровой двойник среды проходит те же этапы становления, что и сама средовая система, возникающая как BIM или CIM-модель на этапе проектирования. На этапах эксплуатации и реконструкции доступной средовой системы цифровой двойник поможет оценить не только амортизационный износ системы, оценить влияние на нее эколого-климатических воздействий, но и просчитать наиболее рациональные пути решения возникающих проблем [7]. Цифровой двойник существует в режиме online взаимодействия с пользователями реальной среды. Для этого уже сейчас имеется масса приложений, используемых как в России, так и за рубежом. Например Wheelmap и Smooth.

В современном обществе растет социальная осведомленность об уровне городской доступности. В последнее время появилась обширная законодательная база на всех ад-

министративных уровнях для создания доступных и социально инклюзивных городских пространств. Используемые до настоящего времени технологии создания городской среды служили для устранения имеющихся барьеров в городской среде. Однако опыта эксплуатации, модернизации и актуализации имеющихся систем доступности в настоящее время еще не сложилось. По-прежнему существует много препятствий для передвижения маломобильных граждан. Возможности, предоставляемые новыми технологиями, обеспечивают инновационные методы мониторинга и сохранения доступности городских пространств.

Грамотная эксплуатация элементов доступной городской среды подразумевает необходимость постоянного мониторинга их состояния [8].

Идеи сетевого мониторинга приобретают все большее значение в политических программах и инновационных программах развития.

Традиционно наиболее часто используемым методом получения информации о доступности городов является получение фактических данных – натурные наблюдения, аудиты, интервью, опросы и анкеты [9]. В настоящее время разработаны новые методики по получению этих данных от респондентов с использованием новых технологий и социальных сетей [10].

Чтобы грамотно решить проблемы доступности городской среды, было бы полезно знать основные тенденции в перемещениях маломобильных граждан. Наличие динамических знаний необходимо для проверки имеющихся трудностей с мобильностью граждан в созданной системе доступной городской среды или для принятия решений о корректирующих мерах.

Технологии слежения за гражданами при проектировании городов стимулируют различные исследования. Основные технологии, созданные для навигации и отслеживания движения, – это Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) и Глобальная система позиционирования (GPS). Существуют еще четыре (наиболее крупные) системы: индийский IRNSS, европейский Галилео, японский QZSS, китайский Beidou.

С данных систем можно легко получить позицию на карте мира, поэтому в настоящее время они используются для ориентации водителей и пешеходов. Кроме того, теперь данные системы интегрируются во многие мобильные устройства.

С помощью этих технологий, имея представление о точном местоположении людей и траекторий, по которым они следовали в течение долгого времени, можно изучать их привычки и даже предсказывать их местоположение в определенное время суток.

Однако использование навигационных систем вызывает ряд вопросов, требующих рассмотрения. Среди них высокое энергопотребление и охват только городской среды (вне помещений).

Альтернативой спутниковым навигационным технологиям для сенсоризации движений граждан является использование радиотехнологий. Например технология радиочастотной идентификации (RFID) [11]. Эта технология состоит из двух типов элементов: антенны или считыватели, которые излучают сигнал, и приемники или метки, которые носят объекты и пользователи, которые его принимают. Он также широко используется для получения информации о местоположении, а также для отслеживания объектов и пользователей в помещении и на открытом воздухе.

Технология радиочастотной идентификации преодолевает некоторые недостатки, описанные для спутниковых навигационных систем, поскольку она работает в помещении и снижает затраты энергии. Однако её использование для отслеживания не дает точных данных о местоположении, поскольку они ограничены размещением антенн или других считывателей сигналов. Сфера применения этой технологии несопоставима с охватом GPS, так как она зависит от положения антенны и коэффициентов усиления, которые они используют.

Динамическая оценка эффективности системы доступности городской среды возможна путем получения информации о передвижениях граждан по всему городу с помощью комбинации технологии навигационной спутниковой системы и дизайна интеллектуальных сенсорных сетей на основе интернета вещей, распределенной облачной архитектуры и собранного опыта граждан через приложения для интеллектуальных устройств [12]. Такой подход позволяет получать и анализировать динамические паттерны движения индивидов в соответствии с их типом инвалидности.

Данная информация позволит предлагать архитектурные и градостроительные мероприятия, направленные на устранение барьеров и актуализацию ранее предусмотренных планировочных мероприятий.

Системная архитектура «умного» мониторинга состоит из трех основных слоев, содержащих компоненты инфраструктуры и предоставление услуг (рис. 1):

- инфраструктура сбора данных о местоположении граждан;
- инфраструктура облачной поддержки;
- информационные службы городской доступности.

Компоненты сбора данных отвечают за считывание местонахождения пользователей

и отправку их в облачную инфраструктуру. Основные модули системы компонентов сбора данных о доступности городской среды представлены на рис. 2.

Алгоритм мониторинга доступности городской среды. Анализ качества участка среды для маломобильных групп населения проводится исходя из четырех основных критериев: доступность, безопасность, информативность, комфорт [13]. Комплексные исследования показателей по данным критериям в совокупности позволяют сделать вывод о возможности использования участка маломобильными гражданами различных категорий. Исследование в настоящее время осуществляется путем проведения натурных обследований, однако используемый алгоритм можно использовать и для ведения «умного» мониторинга, описанного ранее.

Транспортно-пешеходная доступность среды для МГН на участке определяется из ряда критериев. Анализируются следующие составляющие среды:

- пешеходные пути на участке (ширина, продольный и поперечный уклоны, разница отметок с проезжей частью, качество и характер покрытий, наличие разворотных площадок при ширине тротуара менее 2,0 м;
 - пересечение транспортных и пешеходных путей (наличие бордюрных съездов и их соответствие нормативным требованиям);
 - остановки общественного транспорта (расстояние до остановки от исследуемого участка, соответствие размещения остановки общественного транспорта требованиям доступности для МГН);
 - перепады уровней на участках пешеходных путей (разница отметок между уровнями;
 - наличие лестниц (размеры ступеней, покрытие ступеней, ширина маршей);
 - наличие пандусов, их длина, ширина, уклон, габариты промежуточных площадок, размер площадки перед пандусом;
 - оборудование лестниц и пандусов поручнями, их размеры, форма, высота установки, соответствие требованиям; парковочные места для транспорта МГН (расстояние до входов в жилые и общественные здания, габариты парковочных мест, количество парковочных мест).
- Безопасность на участке среды оценивается не только возможностью получения травм для маломобильных пользователей, но и возможностью нанести вред окружающим, своему или чужому имуществу. Критерий безопасности среды оценивает также вероятность истощения физических сил из-за использования элементов архитектурно-пространственной среды. В безопасной среде пользователь своевременно распознает и реагирует на зоны



Рис. 1. «Архитектура» мониторинга доступности городской среды в системе Smart Cities

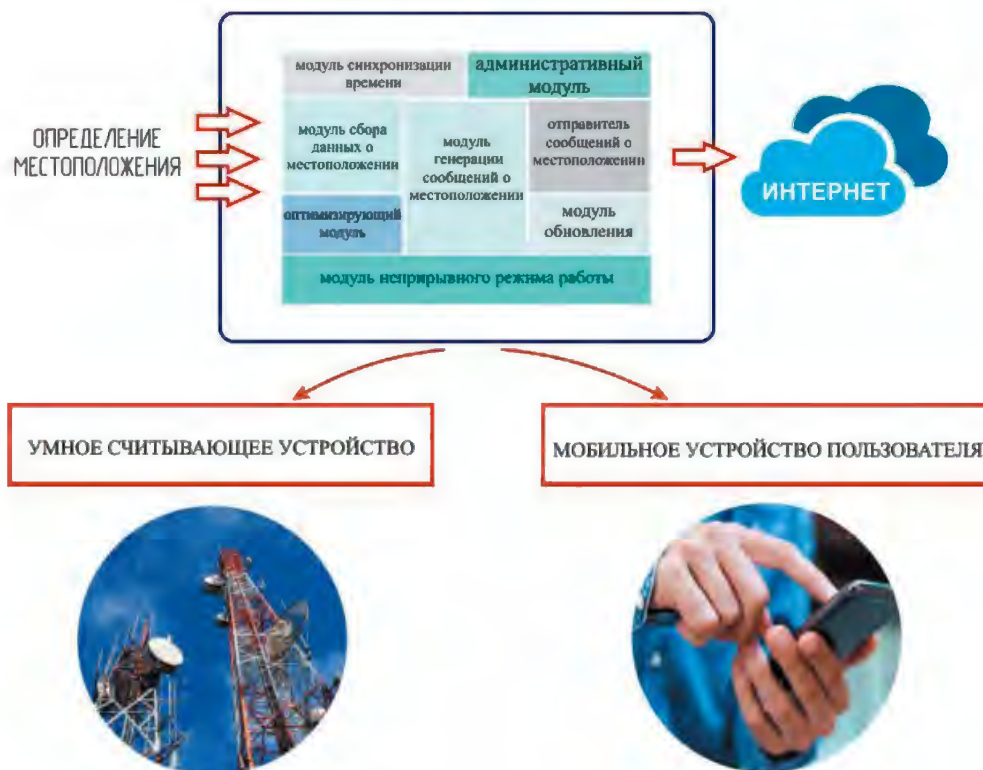


Рис. 2. Система компонентов сбора данных

риска, исключаются ложные эффекты восприятия среды.

Безопасность среды для МГН на участке определяется по следующим критериям:

- оборудование системами безопасности (наличие камер видеонаблюдения, систем мониторинга, наличие «тревожных» кнопок, возможности оперативного вызова помощи);

- выделение опасных участков на пешеходных путях (ограждение участков с разными планировочными отметками, размещение предупреждений о выступающих элементах фасадов зданий, средовых объектов, размещение противоскользящих покрытий на пешеходных путях);

- безопасное озеленение (отсутствие в пределах пешеходных путей растений с шипами, ядовитых растений, ветви деревьев вне путей пешеходного движения);

- освещение (освещение светопространств общения, светопространств движения, входных групп, подсветка ступеней лестниц).

Анализ информативности на участке среды показывает насколько своевременно маломобильные пользователи могут получать, осознавать информацию и соответственно реагировать на нее. Критерий информативности включает своевременное распознавание ориентиров в архитектурной среде, идентификацию своего местонахождения. Пользователи различных категорий мобильности должны иметь возможность получить информацию всеми доступными для них способами. Имеет значение возможность заблаговременного информирования, размещение информации, отсутствие помех для восприятия. Информативность среды для МГН определяется исходя из вида информирования.

Визуальные информаторы:

- изобразительные средства информирования (наличие указателей, номеров домов, названий улиц их соответствие требованиям восприятия, наличие стендов с информацией о районе, месте, здании соответствии требованиям восприятия, наличие обозначений парковочных мест для МГН, наличие карт маршрутов общественного транспорта на остановках;

- попутная разметка (выделение цветом опасных участков, контрастная окраска краев ступеней, обозначение опасных препятствий и прозрачных преград, дорожная разметка, направляющие линии на покрытии пешеходных путей);

- электронные визуальные средства информирования (табло и мониторы, не являющиеся рекламой, световые маяки, медиаафиши, медиакарты).

Акустические информаторы:

- звуковые маяки;

- акустические светофоры;

- звуковое дублирование визуальной информации (голосовое дублирование визуальной информации на стендах и медиакартах);

- системы усиления звука (наличие индукционной петли или других форм усиления звука).

Тактильные информаторы:

- тактильные обозначения;

- тактильная плитка;

- тактильные индикаторы;

- системы тактильного дублирования визуальной информации (мнемосхемы, надписи шрифтом Брайля, надписи рельефным шрифтом);

- изменение качества покрытий на путях движения (различный характер покрытий для разных функциональных зон).

Исследование качества комфортности участка проводится с точки зрения как физической, так и психологической. Комфорт достигается путем минимизации затрат физических и эмоциональных сил на удовлетворение своих нужд. Размещение доступных для МГН услуг, предоставление возможности своевременного отдыха, ожидания, дополнительного обслуживания, обеспечение условий для компенсации усилий, затраченных на движение и получение услуги.

Комфортность среды повышается путем применения эргономичного оборудования, предоставления попутной информации, увеличения числа мест отдыха, сокращения протяженности и времени пути. Основные критерии комфортности среды для проведения мониторинга:

- площадки кратковременного отдыха (наличие площадок кратковременного отдыха, размещение площадок, качество скамьи, наличие урны, наличие навеса, наличие свободного пространства для размещения кресла-коляски);

- попутное обслуживание (банкоматы, торговые автоматы, кнопки вызова персонала, точки доступа к сети Интернет, зарядные станции).

Экспериментальные натурные обследования территории проводились в рамках студенческого курсового проектирования. Результатом этого обследования стали проектные предложения по реорганизации среды на данном участке с целью улучшить качество доступности среды. Это качество весьма разнообразно для различных градостроительных условий. Нормирование в области обеспечения благоприятных условий проживания и деятельности инвалидов и других маломобильных граждан постоянно развивается [14]. Мониторинг и обследования среды – необходимые условия для своевременного внесения преобразований, актуализации ранее принятых планировочных решений в соответствии с действующей концепцией доступности среды и универсального дизайна.

Вывод. Растущий объем знаний в области информационно-коммуникационных техно-

логий позволяет нам предлагать решения, которые в полной мере используют потенциал технического прогресса. Это дает возможность по-разному управлять социальными, производственными и бизнес-процессами для повышения эффективности среды и удобства пользователей. В настоящее время многие аспекты использования современных коммуникаций можно увидеть в таких концепциях, как «Умные города», «Устойчивые города» и «Умные сети». Эти концепции подразумевают развертывание всеобъемлющих сенсорных сетей для сбора распределенных данных и генерации ценной информации, используемой для повышения качества жизни граждан.

Города – это сложные системы, характеризующиеся огромным количеством социальных связей, а также многочисленными видами транспорта и коммуникационных сетей. Концепция «Smart City» помогает муниципалитетам решать новые задачи, такие как потребление ресурсов, создание комфортных коммуникационных маршрутов [15]. Они могут быть решены с помощью ИТ технологий [16]. Новые вычислительные, сенсорные и телекоммуникационные технологии служат для обеспечения города информацией о работе систем и интеллектом для быстрых реакций и принятия решений в различных ситуациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедова Е.А. Инновационные стратегии в архитектурно-градостроительном комплексе // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство [Электронный ресурс]. Самара: СамГТУ, 2021.
2. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть I: общие положения, гипотеза исследования // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1. С. 110–117. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.
3. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть II: предпосылки, алгоритмы, результаты // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 117–129. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.
4. Терягова А.Н. Архитектурная концепция формирования безбарьерной среды для пожилых людей: дис. ... канд.арх. / СГАСУ. Н. Новгород, 2006. 220 с.
5. Dr. Michael Grieves “I called it Doubleganger” [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/446182075> <https://www.t-systems.com/de/en/newsroom/best-practice/03-2018-digital-twin/digital-twin-in-the-industry-4-0-interview-with-a-pioneer>.
6. 10 цифровых двойников городов. РБК[Электронный ресурс] – Режим доступа. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5e297b079a79478024d54ff6>.
7. Lekareva N.A., Enyutina E.D., Utesheva G.T. Modern technologies of architectural and urban planning modeling in design and training // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Samara, 19 ноября 2019 года. Samara: IOP Publishing Ltd, 2020. P. 012091. DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012091.
8. Ахмедова Е.А. Методы градостроительного регулирования региональной среды обитания (градостроительный мониторинг, оценка земель, прогноз развития): специальность 18.00.04: автореф. дис. ... доктора искусствоведения. Санкт-Петербург, 1994. 71 с.
9. Вавилова Т.Я., Изгина М.Э. Социологические опросы как инструмент управления комфортностью доступного жилья // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн [Электронный ресурс]. Самара: СамГТУ, 2018. С. 7–12.
10. Краснов Т.Э., Ехлакова Е.А., Бялыгина Э.Р. Применение современных технологий при проведении социологических опросов в целях реализации исследовательского проекта // Формирование конкурентной среды, конкурентоспособность и стратегическое управление предприятиями, организациями и регионами: сб. ст. Пенза, 18–19 мая 2021 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. С. 135–138.
11. Григорьев Н. RFID-технология: что это такое, как работает система, описание и применение [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://www.cleverence.ru/articles/rfid/rfid-tekhnologiya-chto-eto-takoe-kak-rabotaet-sistema-opisanie-i-primenenie>.
12. Higinio Mora, Virgilio Gilart-Iglesias, Raquel Pérez-del Hoyo, María Dolores Andújar-Montoya A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5579805/>.
13. Akhmedova E.A., Myatezhin M.D., Teryagova A.N. Structure of urban bioecocentres in context of universal design principles // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Samara, 19 ноября 2019 года. Samara: IOP Publishing Ltd, 2020. P. 012004. DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012004.
14. Изнатьев И.А., Потуенко Н.Д. Мировой опыт проектирования и строительства комфортной жилой среды для среднего класса // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. № 1(26). С. 107–111. DOI 10.17673/Vestnik.2017.01.19.
15. Akhmedova E.A., Leonova V.A. Urban land planning for public spaces according to established zoning of cities and towns // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. P. 012144. DOI 10.1088/1755-1315/579/1/012144.
16. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / T. I. Mikheeva, I. G. Bogdanova, A. A. Fedoseev [et al.]. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. 164 p.

REFERENCES

1. Ahmedova E.A. Innovative strategies of architecture & planning complex. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo, Samara, 2021*

[Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning]. Samara, SSTU, 2021, pp. 172-182. (in Russian)

2. Monastyrskaya M.Ye. "Reslobodization" of Cities as an Effective Response to the Epidemiological Challenge of the Contemporary. Part I: General Provisions, Research Hypothesis. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 110-117. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.

3. Monastyrskaya M.Ye. "Reslobodization" of Cities as an Effective Response to the Epidemiological Challenge of the Contemporary. Part II: Preconditions, Algorithms, Results. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 117-129. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.15.

4. Teryagova A.N. *Arhitekturnaya koncepciya formirovaniya bezbar'ernoj gorodskoj sredy dlya pozhilyh lyudej* [Architectural concept for forming a barrier-free urban environment for elderly people]. Samara, 2006. 157 p.

5. Grieves Michael "I called it Doubleganger". Available at: <https://www.t-systems.com/de/en/newsroom/best-practice/03-2018-digital-twin/digital-twin-in-the-industry-4-0-interview-with-a-pioneer> (accessed 18 April 2022)

6. 10 cifrovyyh dvoynikov gorodov. RBK [10 digital twin cities. RBC]. Available at: <https://realty.rbc.ru/news/5e-297b079a79478024d54ff6> (accessed 18 April 2022)

7. Lekareva N.A. Enyutina E. D., Utesheva G. T. Modern technologies of architectural and urban planning modeling in design and training. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 775 (1), article number 012091. DOI:10.1088/1757-899X/775/1/012091

8. Ahmedova E.A. *Metody gradostroitel'nogo regulirovaniya regional'noj sredy obitaniya (gradostroitel'nyj monitoring, ocenka zemel', prognoz razvitiya)* [Methods of urban planning regulation of the regional habitat (urban planning monitoring, land assessment, development forecast)]. Saint-Peterburg, 1994. 71 p.

9. Vavilova T.YA., Iglina M. E. Sociological surveys as a tool for managing the comfort of affordable housing. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn : sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design: a collection of articles]. Samara, 2018, pp. 7-12. (in Russian)

10. Krasnov T.E. The use of modern technologies in conducting sociological surveys in order to implement a research project. [Formation of a competitive environment, competitiveness and strategic management of enterprises, organizations and regions, Penza, May 18-19, 2021]. Penza, 2021, pp. 135-138. (in Russian)

11. Grigor'ev N. *RFID-tekhnologiya: chto eto takoe, kak rabotaet sistema, opisaniye i primeneniye* [RFID technology: what is it, how does the system work, description and application]. Available at: <https://www.cleverence.ru/articles/rfid/rfid-tekhnologiya-chto-eto-takoe-kak-rabotaet-sistema-opisaniye-i-primeneniye> (accessed 18 April 2022)

12. Mora Higinio, Gilart-Iglesia Virgilio s, Pérez-del Hoyo Raquel, Andújar-Montoya María Dolores. A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5579805/> (accessed 18 April 2022)

13. Akhmedova E.A., Myatezhin M. D., Teryagova A. N. Structure of urban bioecoagrocetres in context of universal design principles. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 775 (1), article number 012004. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012004

14. Ignat'ev I. A., Potienko N. D. World experience in design and construction of comfortable living environment for middle class. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 1(26), pp. 107-111. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.19.

15. Akhmedova E.A., Leonova V. A. Urban land planning for public spaces according to established zoning of cities and towns. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 775 (1), article number 012144. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012144

16. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / Vol. I. Mikheeva I.G. Bogdanova A.A. Fedoseev [et al.]. Saarbrucken, LAP LAMBERT, 2014. 164 p.

Об авторе:

ТЕРЯГОВА Александра Николаевна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ter_a_n@list.ru

TERYAGOVA Alexandra N.

PhD in architecture, Associate professor of Urban Planning Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ter_a_n@list.ru

Для цитирования: Терягова А.Н. Цифровой двойник доступной городской среды в рамках социально-пространственной концепции «Здоровый город» // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 163-169. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.23.

For citation: Rodionov I.K., Rodionov I.I. Digital Twin of Accessible Urban Environment in the Framework of the "Healthy City" Socio-Spatial Concept. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 163-169. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.23.



УДК 621.438:621.175:66.045.53

DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.24

Ю. Э. ДЕМИНА
А. А. КУДИНОВ

ЗАЩИТА ОТ ОБМЕРЗАНИЯ УСТЬЯ ВЫТЯЖНОЙ БАШНИ ГРАДИРНИ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЯГОЙ

FROST PROTECTION OF THE MOUTH OF THE EXHAUST TOWER
OF THE COOLING TOWER WITH NATURAL DRAFT

В статье приводятся результаты численного моделирования системы защиты устья вытяжной башни градирни с естественной тягой от обмерзания. Для предотвращения образования льда предлагается установить в устье градирни систему подачи атмосферного воздуха, которая обеспечивает создание защитного пограничного слоя у внутренней стенки градирни и позволяет отделить теплый влажный воздух градирни от холодных стенок. Для проверки возможности применения такой схемы выполнено численное моделирование процесса с использованием модели турбулентности $k-\omega$ SST. Использование системы нагнетания дополнительного расхода воздуха дает возможность повысить эффективность и надежность градирни с естественной тягой и тепловой электростанции в целом. Моделирование системы защиты градирни от образования наледи показало возможность применения данной схемы во всех диапазонах рабочих температур наружного воздуха.

Ключевые слова: градирня, льдообразование, тепловая электрическая станция, численная модель, надежность

Основным источником электрической и тепловой энергии в РФ являются тепловые электрические станции (ТЭС) [1]. Энергоэффективность ТЭС зависит от надежности работы отдельного оборудования в составе источника [2, 3]. Одним из основных объектов ТЭС является система оборотного водоснабжения [4, 5]. В холодный период года данное оборудо-

The article presents the results of numerical simulation of the protection system of the mouth of the exhaust tower of a cooling tower with natural traction from freezing. To prevent the formation of ice, it is proposed to install an atmospheric air supply system at the mouth of the cooling tower, which ensures the creation of a protective boundary layer at the inner wall of the cooling tower and allows you to separate the warm moist air of the cooling tower from the cold walls. To test the possibility of using such a scheme, a numerical simulation of the process was performed using the k -SST turbulence model. The use of an additional air flow injection system makes it possible to increase the efficiency and reliability of a naturally aspirated cooling tower and a thermal power plant as a whole. Modeling of the cooling tower protection system from the formation of ice showed the possibility of using this scheme in all ranges of outdoor operating temperatures.

Keywords: cooling tower, ice formation, thermal power plant, numerical model, reliability

вание обладает пониженной надежностью при эксплуатации. При отрицательных температурах окружающей среды в устье градирни подогретый влажный воздух, взаимодействуя с ее холодными стенками, охлаждается ниже точки росы, при этом водяные пары конденсируются, конденсат намерзает на стенках вытяжной башни градирни, образуется наледь. При темпера-

туре стенки выше 0 °С наледь отделяется и, падая с высоты, разрушает расположенные ниже элементы градирни.

Для защиты от образования наледи в устье градирни предлагается установить систему дополнительной подачи атмосферного воздуха [6, 7]. Воздухораспределительное устройство состоит из кольцевого коллектора с щелевыми отверстиями. Принципиальная схема системы подачи воздуха представлена на рис. 1. Подача сухого атмосферного воздуха настилающими струями позволяет отделить подогретый влажный воздух, движущийся в вытяжной башне градирни, от холодных стенок вытяжной башни и предотвратить конденсацию водяных паров на ее внутренней поверхности.

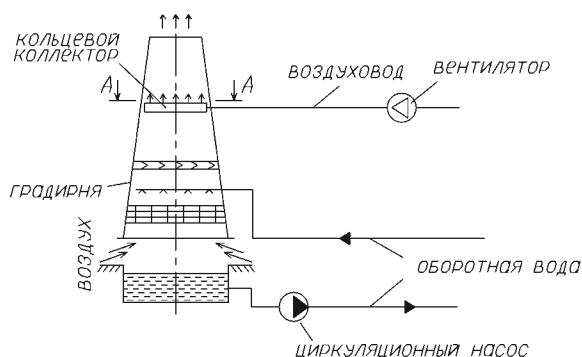


Рис. 1. Принципиальная схема системы подачи воздуха

Для проверки возможности применения такой схемы выполнено численное моделирование процесса в среде OpenFOAM с использованием оболочки SimScale. Моделирование было выполнено с использованием модели турбулентности k-ω SST [8] в стационарной постановке с помощью усредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса [9, 10]:

$$\rho \cdot c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (TU) \right) = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \nabla U : \tau_{ij} , \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \nabla U : \tau_{ij} = & \frac{\partial U_x \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial U_x \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial U_x \tau_{zx}}{\partial z} + \\ & + \frac{\partial U_y \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial U_y \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial U_y \tau_{zy}}{\partial z} + \\ & + \frac{\partial U_z \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial U_z \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial U_z \tau_{zz}}{\partial z} . \end{aligned} \quad (2)$$

В качестве геометрической модели принята башенная градирня БГ-2300, установленная на ПГУ-200 Сызранской ТЭЦ.

Схема размещения воздуховода показана на рис. 2.

Расчетная область ограничена верхней частью градирни, показана на рис. 3.

Воздуховод дополнительного нагнетания воздуха расположен на глубине 10 м от верхней кромки градирни. Для подачи дутьевого воздуха в верхней части воздуховода обустроены щелевые отверстия шириной 100 мм.

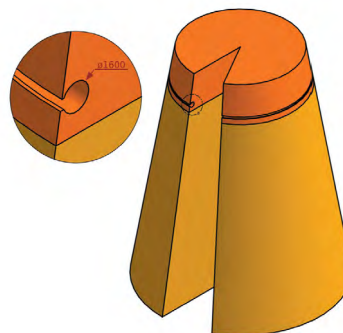


Рис. 3. Геометрия расчетной области градирни

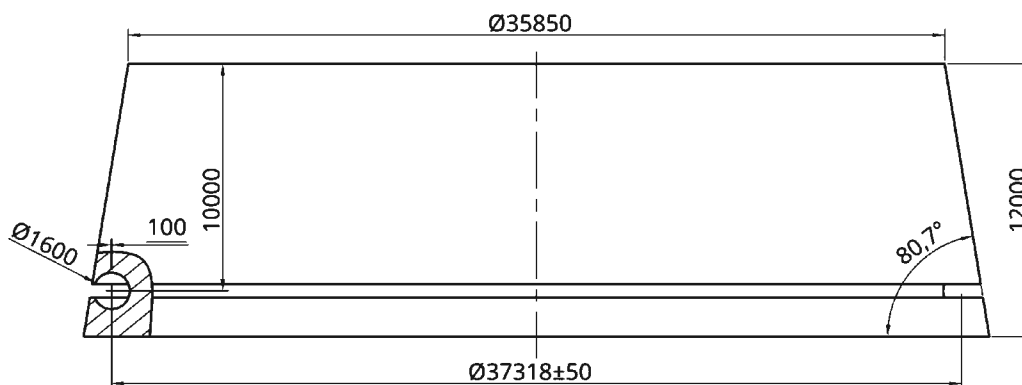


Рис. 2. Размещение воздуховода дополнительной подачи воздуха в устье градирни

Расчетная область была дискретизирована четырьмя комбинированными сетками. Сетки содержали тетраэдральные и гексагональные ячейки со средним линейным размером $\Delta x = 216,8 - 415,1$ мм (табл. 1), который определяется как среднее арифметическое от производных линейных размеров всех ячеек

$$\Delta x = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} \sqrt[3]{V_i}}{N}, \quad (3)$$

где V_i – объем i -й ячейки, мм³;

N – количество ячеек в расчетной сетке.

В объеме расчетной области ячейки имеют максимальный размер, а в пристеночной зоне выполнено измельчение сетки (рис. 4).

В пограничном слое ячейки формируют призматические слои для обеспечения достаточного разрешения на границе с поверхностью теплообмена. Три слоя со степенью роста 1,5 обеспечивают величину безразмерного рас-

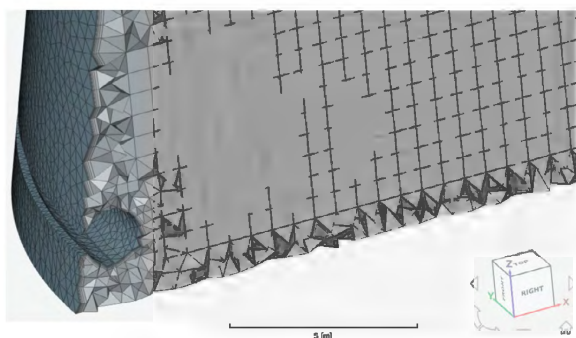


Рис. 4. Разрез расчетной сетки

стояния $y^+ \sim 1$. Толщина первого слоя y , мм, была определена относительно требуемой величины безразмерного расстояния y^+ и сдвиговой скорости U^* , м/с, по формуле

$$y = \frac{y^+ \cdot \mu}{\rho \cdot U^*}, \quad (4)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости потока, Па·с;

ρ – плотность потока.

Сдвиговая скорость была определена по формуле

$$U^* = \sqrt{\frac{c_f \cdot U_\infty^2}{2}}, \quad (5)$$

где U_∞ – скорость потока вдали от стенки, м/с;

c_f – коэффициент сдвигового трения [10]:

$$c_f = (2 \log_{10}(Re_x) - 0,65)^{-2,3}, \quad (6)$$

где Re_x – критерий Рейнольдса с определяющим размером $L = 10$ м.

Влажный теплый воздух градирни и воздух дополнительного нагнетания рассматривались как смеси сухого воздуха и водяного пара. Диапазон рабочих температур влажного воздуха градирни составил 15-30 °С. Для такого узкого диапазона стандартные зависимости термодинамических параметров от температуры дают значительную погрешность, поэтому в модели использованы собственные аппроксимации. Для расчета молярной теплоемкости, энтальпии и энтропии применяются справочные данные [11]:

$$c_p(T) = R(a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + a_4 \cdot T^4), \quad (7)$$

Таблица 1

Расчетные сетки

Относительный размер ячеек (номер сетки)	Количество ячеек	Средний размер ячеек Δx , мм	Максимальный размер ячеек Δx_{max} , мм	Минимальный размер ячеек Δx_{min} , мм
3	185200	415,1	2535	35,3
4	251800	374,7	2030	25,0
5	63500	275,3	634	19,0
6	1300000	216,8	433	15,5

$$h(T) = R(a_0 \cdot T + \frac{a_1 \cdot T^2}{2} + \frac{a_2 \cdot T^3}{3} + \frac{a_3 \cdot T^4}{4} + \frac{a_4 \cdot T^5}{5} + a_5), \quad (8)$$

$$S(T) = R(a_0 \cdot \ln(T) + a_1 \cdot T + \frac{a_2 \cdot T^2}{2} + \frac{a_3 \cdot T^3}{3} + \frac{a_4 \cdot T^4}{4} + a_6). \quad (9)$$

Значения термодинамических коэффициентов для сухого воздуха и водяного пара представлены в табл. 2.

Плотность для каждого компонента смеси рассчитывалась по закону для идеального газа

$$\rho = \frac{p}{RT}, \quad (10)$$

где p – давление, Па;

T – температура, К;

R – газовая постоянная, Дж/(кг·К).

Коэффициент динамической вязкости компонентов рабочей смеси была рассчитана по выражению Сазерленда [12] с коэффициентами, подобранными для рассматриваемого температурного диапазона:

$$\mu_{\text{возд}} = \frac{1,46e - 6\sqrt{T}}{1 + 110,62/T}, \quad (11)$$

$$\mu_{\text{вп}} = \frac{2,45e - 6\sqrt{T}}{1 + 1062,72/T}. \quad (12)$$

Для выявления эффективности системы дополнительной подачи атмосферного воздуха в устье градирни проводилось численное моделирование. Исходные данные представлены в табл. 3. Критерием оценки эффективности является толщина защитного пограничного слоя. Защитный слой представляет собой пристеночный объем воздуха с температурой на 2°C ниже температуры насыщения влажного воздуха градирни.

В результате моделирования системы дополнительного нагнетания воздуха градирни в соответствии с режимными параметрами были получены пространственные распределения скорости, давления, температуры и других термодинамических параметров в рассматриваемом объеме градирни (рис. 5), на основе которых получены геометрические параметры защитного слоя.

Результаты численного моделирования представлены в табл. 4.

На рис. 6 показаны поперечные сечения защитного слоя для серии расчетов башенной градирни. Видно, что все рассмотренные расчетные

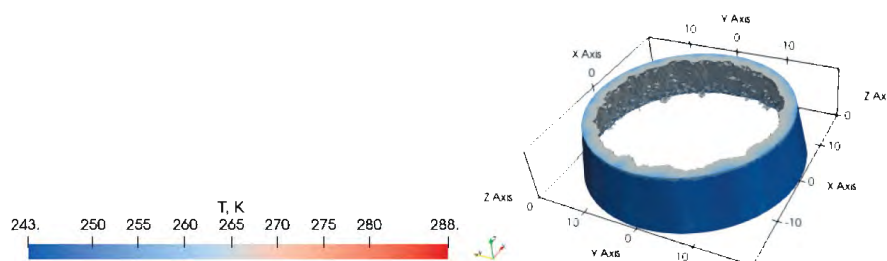


Рис. 5. Пространственное распределение температур при $t_n = -30^\circ\text{C}$

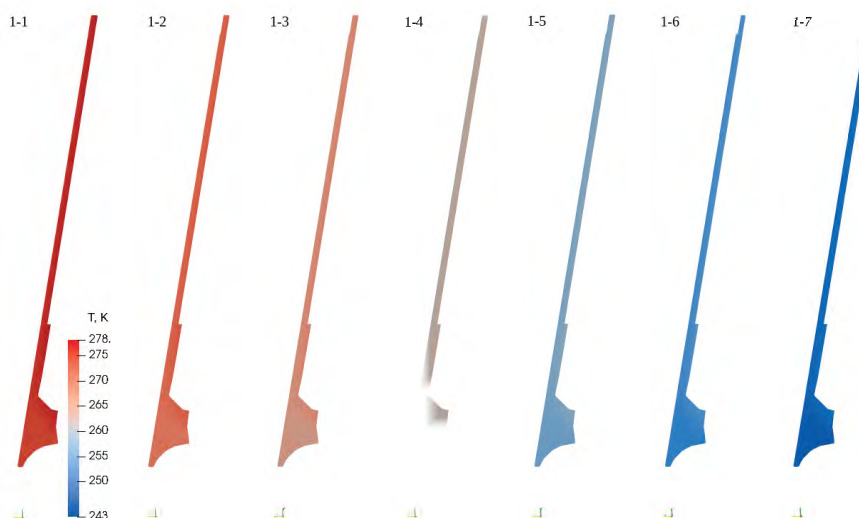


Рис. 6. Защитные слои в сечении для градирни

Таблица 2

Термодинамические коэффициенты для сухого воздуха и водяного пара

Среда	a_0	a_1	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
Воздух	3,50	0	0	0	0	433,90	-6,45
Водяной пар	1,59	$1,19 \cdot 10^{-2}$	$3,67 \cdot 10^{-5}$	$2,91 \cdot 10^{-7}$	$4,39 \cdot 10^{-10}$	4546,26	5,71

Таблица 3

Исходные данные

№ расчета	Температура наружного воздуха $t_{нр}$, °С	Температура влажного воздуха градирни $t_{ввр}$, °С	Расход влажного воздуха градирни $G_{ввр}$, кг/с	Доля расхода воздуха дополнительного нагнетания, %
1	0	27,2	1598	5
2	-5	26,0	1604	5
3	-10	24,6	1578	5
4	-15	23,4	1546	5
5	-20	22,0	1532	5
6	-25	20,9	1511	5
7	-30	19,6	1491	5

Таблица 4

Параметры защитного слоя

№ расчета	Объем слоя, m^3	Толщина слоя, мм
1	995,77	861,39
2	1025,12	886,78
3	1051,71	909,78
4	1075,85	930,67
5	1093,55	945,98
6	1110,63	960,75
7	1125,51	973,62

варианты обеспечивают полное покрытие внутренней поверхности стены градирни защитным слоем холодного атмосферного воздуха с температурой на 2 °С ниже температуры насыщения.

В результате полученное среднее значение толщины неизолированного гидродинамического защитного слоя для рассмотренных расчетных вариантов составило $\delta_{зс} = 924,14$ мм.

Выводы. 1. Численное моделирование системы защиты градирни от образования наледи показало, что наличие неизолированного гидродинамического пограничного слоя предотвращает конденсацию водяных паров на внутренней поверхности стенки вытяжной башни градирни. Таким образом, осуществляется защита внутренней поверхности стенки градирни от намерзания льда и от конденсатной коррозии.

2. Результаты моделирования показали в целом удовлетворительную работу системы дополнительного нагнетания воздуха во всех рассмотренных случаях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об Энергетической стратегии России на период до 2035 года: Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р.

2. Кудинов А.А., Демина Ю.Э. Расчет системы отвода уходящих дымовых газов газотурбинной установки через башню градирни // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8. № 1(30). С. 135-138. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.23.

3. Баландина О.А., Пуринг С.М. Исследование влияния температуры воздуха на уровень выделения оксидов азота в дымовых газах котельных установок // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 4 (37). С. 27-32. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.5.

4. Зиганшина С.К., Кудинов А.А., Демина Ю.Э. Повышение экономичности ПГУ-200 Сызранской ТЭЦ путем отвода в атмосферу отработавших в котле-утилизаторе газов через вытяжную башню градирни // Энергетик. 2021. № 8. С. 41-44.

5. Буров В.Д., Дорохов Е.В., Елизаров Д.П. Тепловые электрические станции. М.: МЭИ, 2005. 454 с.

6. Пат. 2704364 Российская Федерация, МПК F01K23/10. Парогазовая установка электростанции / Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Демина Ю.Э.; заявл. 09.07.18; опубл. 28.10.19, Бюл. № 31. 5 с.

7. Демина Ю.Э. Повышение эффективности работы ТЭС за счет использования тепла оборотной

воды // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии [Электронный ресурс]: сборник статей 78-й Всероссийской научно-технической конференции / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. С. 728-733.

8. Wilcox D. Turbulens modeling for CFD. – San Diego: DWC Industries, 2006. 515 p.

9. Кудинов А.А. Техническая гидромеханика. М.: Машиностроение, 2008. 368 с.

10. Schlichting H., Gersten K. Boundary-Layer Theory. – Luxembourg: Springer, 2017. 805 p.

11. NIST-JANAF. Thermochemical tables. NIST Standard Reference Database 13. 1998. DOI: 10.18434/T42S31.

12. Sutherland W. (1893). The viscosity of gases and molecular force. Philosophical Magazine, Vol. 5 (36), pp. 507-531.

REFERENCES

1. *Ob energeticheskoy strategii Rossii na period do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitelstva RF* [On the Energy Strategy of Russia for the period up to 2035: Order of the Government of the Russian Federation], 2020, no. 1523-p.

2. Kudinov A.A., Demina Yu.E. Calculation of the drainage system of leaving flue gases from the turbine through the cooling tower. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 135-138. (in Russian) DOI 10.17673/Vestnik.2018.01.23.

3. Balandina O.A., Puring S.M. Research of influence of air temperature on the level of nitrogen oxides in smoke gases of boiler plants. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 27-32. (in Russian) DOI 10.17673/Vestnik.2019.04.5.

4. Ziganshina S.K., Kudinov A.A., Demina Yu.E. Increasing the efficiency of the CCP-200 Syzran CHP by removing the exhaust gases in the waste heat boiler to the atmosphere through the exhaust cupola of the cooling tower. *Energetik* [Power engineer], 2021, no 8, pp. 41-44. (in Russian)

5. Burov V.D., Dorohov E.V., Elizarov D.P. *Teplovye elektricheskie stantsii: uchebnik dlya vuzov* [Thermal power plants: college textbook]. Moscow, MEU, 2005. 454 p.

6. Kudinov A.A., Ziganshina S.K., Demina Yu.E., e.a. *Parogazovaya ustanovka elektrostantsii* [Combined cycle gas turbine of power plant]. Patent RF, no. 2704364, 2019.

7. Demina Yu.E. Increase in efficiency of power plant operation due to the use of recycled water heat. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tekhnologii* [Elektronnyj resurs]: sbornik statej / pod red. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova [Tradition and innovation in construction and architecture. Building and construction technologies: a collection of articles / edited by M.V. Shuvalov, A.A. Pishchulev, A.K. Strelkov]. Samara, SamGTU, 2021, pp. 728-733. (in Russian)

8. Wilcox D. Turbulens modeling for CFD. San Diego, DWC Industries, 2006. 515 p.

9. Kudinov A.A. *Tekhnicheskaya gidromekhanika: ucheb. posobie. Dlya vuzov* [Hydraulics: manual for graduate students]. Moscow, Mashinostroenie, 2008. 368 p.

10. Schlichting H., Gersten K. Boundary-Layer Theory. Luxembourg, Springer, 2017. 805 p.

11. NIST-JANAF. Thermochemical tables. NIST Standard Reference Database 13. 1998. DOI: 10.18434/T42S31

12. Sutherland W. The viscosity of gases and molecular force. Philosophical Magazine, 1893, vol. 5 (36), pp. 507-531.

Об авторах:

ДЕМИНА Юлия Эрнестовна

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

КУДИНОВ Анатолий Александрович

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

DEMINA Yulia E.

Senior Lecturer of the of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation Samara State Technical University, Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: demina.ye@samgtu.ru

KUDINOV Anatolii A.

Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department of the thermal power plants Samara State Technical University, 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: a.a.kudinov@yandex.ru

Для цитирования: Демина Ю.Э., Кудинов А.А. Защита от обмерзания устья вытяжной башни градирни с естественной тягой // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 170–175. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.24.

For citation: Demina Yu.E., Kudinov A.A. Frost Protection of the Mouth of the Exhaust Tower of the Cooling Tower with Natural Draft. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 170–175. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.24.

Е. А. КРЕСТИН
В. Б. ЖИЛЬНИКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В КОНУСНЫХ ЩЕЛЕВЫХ ЗАЗОРАХ ПРИВодОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

PRESSURE DISTRIBUTION STUDY IN CONE SLOT GAP DRIVES OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Исследовано распределение давления в конусных щелевых зазорах приводов электроэнергетических систем. Найдено общее выражение для определения закономерности изменения давления вдоль потока вязкой жидкости в зазорах бесконтактных уплотнений, а также рассмотрены частные случаи. Для сужающейся щели максимальное давление будет в сечении с наименьшим зазором. При этом плунжер будет стремиться занять соосное положение. В расширяющейся щели максимальное давление будет в сечении с большей величиной зазора, поэтому плунжер силами неуравновешенного давления будет прижиматься к стенке гильзы. При эксцентричном расположении плунжера в гильзе давление в зазоре будет изменяться. Причем неравномерность распределения давления возрастает по мере увеличения эксцентриситета. При большей конусности щелевого канала и при неизменном входном зазоре характер изменения давления вдоль щели существенно отличается от линейного. Если поток и плунжер движутся в направлении увеличивающегося зазора (расширяющаяся щель), то плунжер силами неуравновешенного давления прижимается к стенке гильзы. В этом случае контактная поверхность плунжерной пары разрушается, что приводит к задирам и выходу из строя агрегатов.

Ключевые слова: привод электроэнергетических систем, бесконтактное уплотнение, щелевой зазор, конический канал, фрикционное и напорное течение, сила давления

Исследование закономерностей распределения давления в конусных щелевых зазорах приводов электроэнергетических систем является актуальной задачей, так как в реальных плунжерных парах радиальному перемещению плунжера в гильзе обычно ничто не препятствует [1–3], поэтому плунжер в гильзе может занимать эксцентричное положение ($\varepsilon \neq 0$). В данном случае зазор в плоскости, расположенной перпендикулярно оси плунжера, изменяется от минимального значения до максимального (рис. 1).

The distribution of pressure in the conical slotted gaps of drives of electric power systems has been studied. A general expression is found to determine the pattern of pressure change along the flow of a viscous fluid in the gaps of non-contact seals, and special cases are also considered. For a narrowing gap, the maximum pressure will be in the section with the smallest gap. In this case, the plunger will tend to take a coaxial position. In the expanding gap, the maximum pressure will be in the section with a larger gap, so the plunger will be pressed against the wall of the sleeve by the forces of unbalanced pressure. With an eccentric location of the plunger in the sleeve, the pressure in the gap will change. Moreover, the uneven distribution of pressure increases as the eccentricity increases. With a larger taper of the slotted channel and with a constant inlet gap, the nature of the pressure change along the slot differs significantly from the linear one. If the flow and the plunger move in the direction of the increasing gap (expanding gap), then the plunger is pressed against the wall of the sleeve by the forces of unbalanced pressure. In this case, the contact surface of the plunger pair is destroyed, which leads to scuffing and failure of the units.

Keywords: electric power systems drive, non-contact seal, gap gap, conical channel, frictional and pressure flow, pressure force

Это следует из закономерности $h = h_0(1 - \bar{\varepsilon}\cos\theta)$. Здесь h_0 – величина зазора при соосном расположении плунжерной пары, т. е. когда $\bar{\varepsilon} = 0$; θ – угол в рассматриваемом сечении относительно вертикальной плоскости. Для расширяющейся щели отношение $\bar{\varepsilon} = \varepsilon / h_0$ может изменяться от $\bar{\varepsilon} = 0$ до $\bar{\varepsilon} = 1$, а плунжер может касаться гильзы лишь в точке $\bar{z} = 0$. В случае сужающейся щели, когда $-1 < k < 0$, касание плунжера происходит в точке $\bar{z} = 1$. Таким образом, каждому значению параметра конусности k соответствует

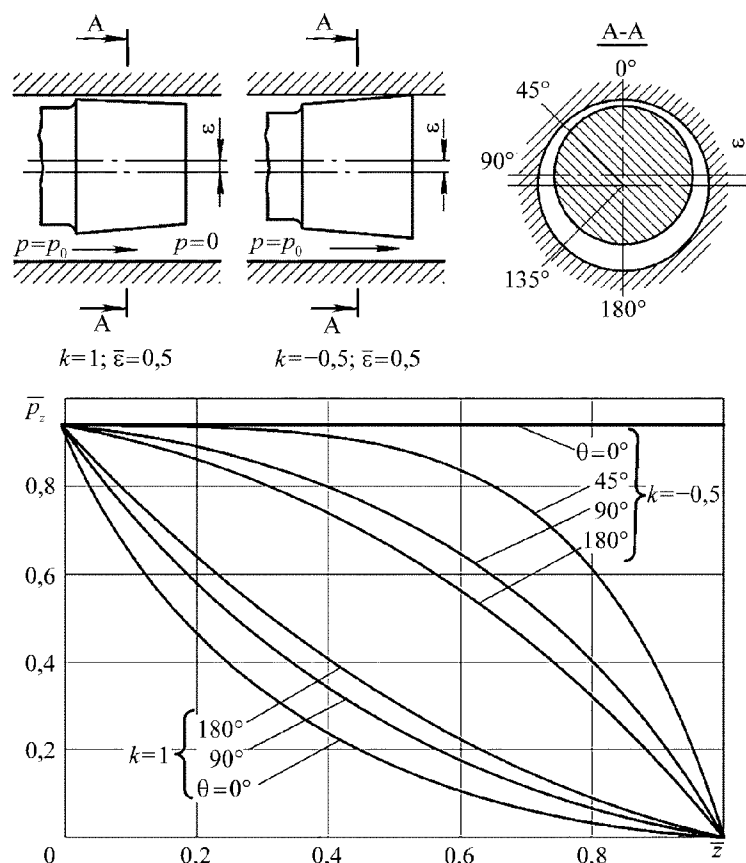


Рис.1. Распределение давления в конусных щелях при эксцентричном положении плунжера в гильзе при $k = 1$ и $k = -0,5$

определенное значение относительного эксцентриситета $\bar{\epsilon}$. Предельными случаями являются соотношения: если конусность $k = 1$, то получаем щель с постоянной величиной зазора, т. е. $\bar{\epsilon}_{\text{пред}} = 1$, если же параметр $k = 1$, то $\bar{\epsilon}_{\text{пред}} = 0$. Для определения функциональной зависимости $\bar{\epsilon}_{\text{пред}} = f(k)$ используем соотношение для определения зазора $h = f(\bar{z}, \bar{\epsilon}, \theta)$, положив при этом $\theta = 0^\circ, \bar{z} = 1$, а зазор в точке касания будет равен $h = 0$. В результате искомая закономерность относительного эксцентриситета будет иметь вид:

$$\bar{\epsilon}_{\text{пред}} = k + 1. \tag{1}$$

Следовательно, значению $k = -0,5$ соответствует $\bar{\epsilon}_{\text{пред}} = 0,5$, и в этом случае плунжер касается гильзы [4]. Вследствие переменной величины зазора между конусным плунжером, эксцентрично расположенным, и гильзой, то и давление в зазоре также не будет постоянным. На рис. 1 показаны расчетные кривые распределения давления в зазорах вокруг конического

плунжера. Три нижние кривые характеризуют изменение давления в расширяющихся щелях с параметром конусности $k = 1$ и относительным эксцентриситетом $\bar{\epsilon} = 0,5$, а три верхние кривые – для сужающихся щелей с $\bar{\epsilon} = 0,5$, но с $k = -0,5$. Следует отметить, что при $k = -0,5$ величина $\bar{\epsilon}_{\text{пред}} = 0,5$ является предельной. При этом в сечении, проходящем через ось плунжера, угол $\theta = 0^\circ$, а плунжер в точке $z = 1$ касается гильзы. Для сужающейся щели максимальное давление будет в сечении с наименьшим зазором. При этом плунжер будет стремиться занять соосное положение, при котором оси плунжера и обоймы совпадают. В расширяющейся щели максимальное давление будет в сечении с большей величиной зазора, поэтому плунжер силами давления будет прижиматься к стенке гильзы.

На рис. 2 показана расчетная картина распределения давления в зазоре для расширяющейся щели в сечении, перпендикулярном оси плунжера и отстоящем на расстоянии $\bar{z} = 0,5$ от входа в щелевой зазор. Анализ выполнен для щелевых зазоров с постоянным значением па-

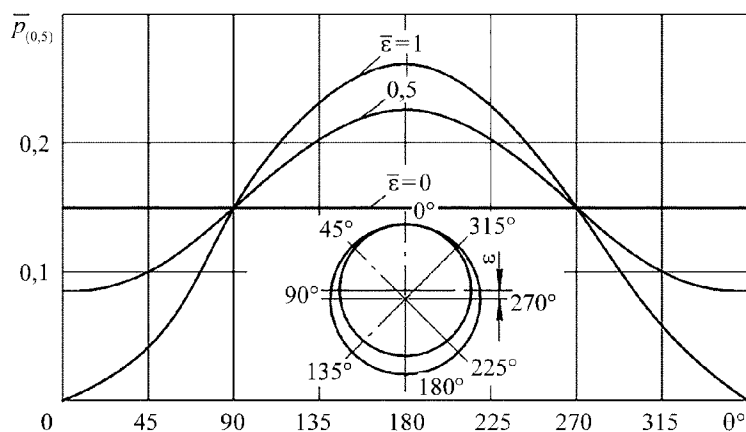


Рис. 2. Изменение относительного давления в зазоре расширяющейся щели вокруг плунжера в сечениях, перпендикулярных его оси ($\bar{p}_{пред} = 1, k = 2$)

раметра $k = 2$, но при различных значениях относительного эксцентриситета $\bar{\epsilon}_{пред} = 0; 0,5$.

Рассмотрим изменение давления в щелевом зазоре при различном расположении плунжера относительно гильзы.

1. При концентричном расположении плунжера ($\bar{\epsilon}_{пред} = 0$) вследствие симметричности деталей давление в любой точке сечения зазора постоянно [5].

2. При эксцентричном расположении плунжера в гильзе давление в зазоре будет изменяться. Причем неравномерность распределения давления возрастает по мере увеличения эксцентриситета. Максимальное давление наблюдается в сечении, в котором величина зазора максимальная, т. е. в сечении $\theta = 180^\circ$. Минимальное давление будет в сечении $\theta = 0^\circ$, т. е. где зазор минимальный.

В реальной плунжерной паре распределение давления в зазоре будет неравномерным, так как не существует идеальных поверхностей. Поэтому, кроме течения вдоль плунжера, будет также наблюдаться течение жидкости вокруг него [6, 7]. Это приводит к частичному выравниванию давления, но и в этом случае будет наличие градиента давления в зазоре по окружности, так как жидкость из области с повышенным давлением перетекает в область пониженного давления через сужающуюся щель. В сужающейся щели, как было показано выше, всегда наблюдается градиент давления. Поэтому разность давлений создает боковую силу, прижимающую плунжер к верхней части гильзы (см. рис. 1) при $k = 1$. Следовательно, для свободного перемещения плунжера в обойме необходимо преодолеть силу трения деталей, вызванную действием этой неуравновешенной боковой силы.

Опытная проверка распределения давления в конусных щелях при неподвижном плунжере [8] полностью совпадает с выводами работы.

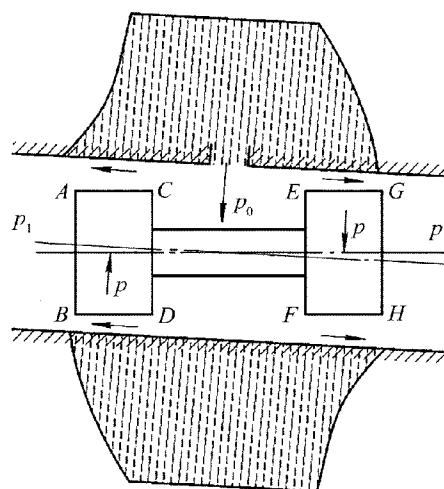


Рис. 3. Схема неустойчивого положения двухпояскового плунжера в гильзе

Известно, что положение двухпояскового плунжера, когда цилиндрические плунжер и гильза расположены под углом друг к другу (рис. 3), является неустойчивым и плунжер под действием давления жидкости стремится занять соосное положение, при котором оси плунжерной пары будут параллельными между собой [2, 9]. Действительно, в продольном сечении между плунжером и гильзой в направлении утечки жидкости образуются две расширяющиеся щели AC и FH и две сужающиеся – BD и EG . Характер изменения давления в таких щелях показан на рис. 1. В этом случае градиент давлений создает пару сил p , которая приводит ось плунжера параллельно оси гильзы. В результате получается концентрическое расположение прецизионной пары.

3. Плунжер и гильза имеют цилиндрическую форму; перепада давления по концам щелевого зазора нет, течение жидкости фрикционное ($\Delta p = 0, \vartheta_n \neq 0, k = 0$). При этом оси плунжера и гильзы параллельны, но могут не совпадать между собой ($\bar{\varepsilon} = 0, \bar{\varepsilon} \neq 0$). Из этого следует, что давление в зазоре постоянно и равно давлению на границах:

$$\bar{p} = (\bar{z}, \theta) = p_0 = p_1. \quad (2)$$

4. Плунжерная пара образует коническую щель, движение жидкости фрикционное ($\Delta p = 0, \vartheta_n \neq 0, k \neq 0$).

В этом случае изменение давления в щелевом зазоре будет таким:

$$\bar{p} = (\bar{z}, \theta) = p_0 \pm \frac{6\nu\rho\vartheta_n l k \bar{z}(\bar{z}-1)}{h_0^2(2c+k)(c+k\bar{z})^2}, \quad (3)$$

а в безразмерном – давление изменяется по закону:

$$\bar{p}^0 = (\bar{z}, \theta) = 1 + \frac{q_{\theta_0} k \bar{z}(\bar{z}-1)}{(2c+k)(1+k\bar{z})^2}, \quad (4)$$

где $\bar{p}^0 = (\bar{z}, \theta) = \frac{p(\bar{z}, \theta)}{p_0}, q_{\theta_0} = \frac{6\nu\rho\vartheta_n l}{h_0^2 p_0}$.

При концентричном расположении плунжера в гильзе относительное давление составляет:

$$\bar{p}^0 = (\bar{z}, \theta) = 1 + \frac{q_{\theta_0} k \bar{z}(\bar{z}-1)}{(2+k)(1+k\bar{z})^2}. \quad (5)$$

Уравнение (5) аналогично выражению, полученному для фрикционного течения жидкости в плоских конусных щелях [10]. Поэтому и расчетные эпюры распределения давления одинаковы с эпюрами, построенными для плоских щелей. При движении плунжера в сторону меньшего зазора давление внутри щели повышается, а при движении в сторону большего зазора – понижается. Координата z_1 точки экстремального значения давления определяется из условия $dp/dz = 0$:

$$z_1 = \frac{l}{2+k}, \bar{z}_1 = \frac{1}{2+k}. \quad (6)$$

При эксцентричном расположении плунжера в гильзе ($\bar{\varepsilon} \neq 0$) и фрикционном течении распределение давления в четырех сечениях с $\theta = 0, 45, 90, 180^\circ$ показано на рис. 4. Расчеты выполнены для значений $q_{\theta_0} = 2, k = 1, \bar{\varepsilon} = 0,5$.

При движении плунжера в сторону увеличения зазора параметры q_{θ_0} и k считали положительными величинами. В этом случае (рис. 4, а) давление внутри щелевого зазора

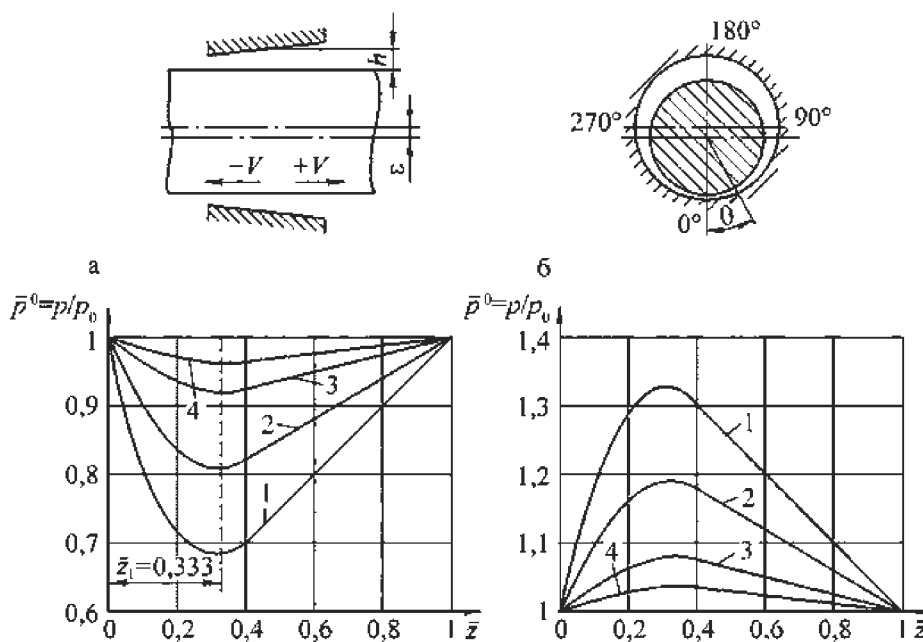


Рис. 4. Распределение давления в сечениях конусной щели при подвижном плунжере (фрикционное течение) и движении его в сторону большего (а) и меньшего зазора (б): 1 – $\theta = 0^\circ$; 2 – $\theta = 45^\circ$; 3 – $\theta = 90^\circ$; 4 – $\theta = 180^\circ$

вначале понижается, достигнув минимума при $\bar{z}_1 = 1/(2+k)$, а затем вновь возрастает до значения $p = p_0$, установленного на границе плунжерной пары. Чем меньше входное сечение в зазор, тем меньше будет давление. Поэтому для рассматриваемого примера минимальная величина давления будет в сечении при угле $\theta = 0^\circ$, а наибольшая – при $\theta = 180^\circ$. В этом случае плунжер стремится переместиться в сторону меньшего зазора и войти в соприкосновение с гильзой.

Движение плунжера в сторону уменьшающегося зазора приводит к повышению давления в щели, которое достигает наибольшей величины в сечении с координатой $z_1 = 1/(2+k)$ (рис. 4, б). Затем давление вдоль щелевого за-

зора снижается и достигает в конце щели значения $p = p_0$. При таком положении большее давление устанавливается в сечении с минимальным зазором, т. е. в сечении с углом $\theta = 0^\circ$, а минимальное давление – в сечении с углом $\theta = 180^\circ$. Следовательно, при движении жидкости в сторону уменьшающегося зазора, т. е. при $k < 0$, плунжер стремится в гильзе занять центральное положение.

На рис. 5 приведены графики изменения давления в конусных щелевых зазорах в трех сечениях: $\theta = 0^\circ$, $\theta = 90^\circ$, $\theta = 180^\circ$. Движение жидкости в щелевом зазоре происходит как под действием перепада давления $\Delta p \neq 0$, так и сил трения о подвижный плунжер. На

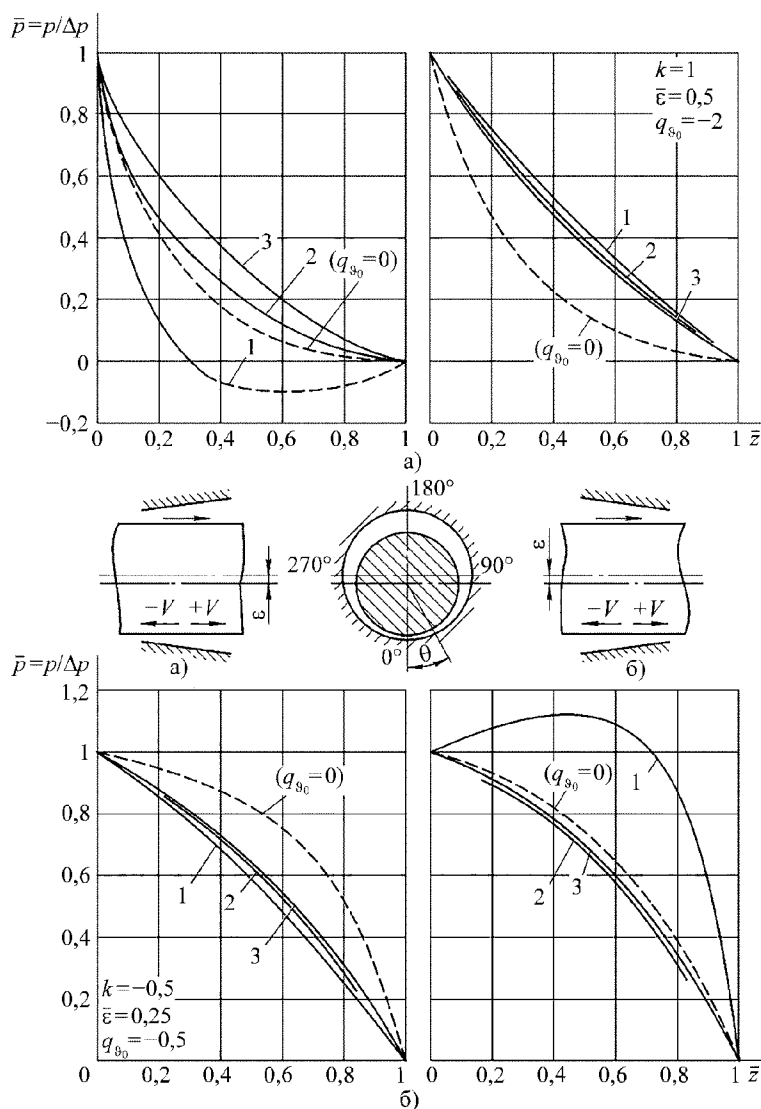


Рис. 5. Распределение давления в трех сечениях конусных щелей при движении плунжера под действием перепада давления Δp и потока в направлении увеличивающегося (а) и уменьшающегося (б) зазора: 1 – $\theta = 0^\circ$; 2 – $\theta = 45^\circ$; 3 – $\theta = 90^\circ$, 4 – $\theta = 180^\circ$

рис. 5,а поток, вызванный перепадом давления Δp , движется в направлении увеличивающегося зазора, а на рис. 5,б – в направлении уменьшающегося зазора. Расчетные параметры: для расширяющейся щели $q_{\theta_0} = \pm 2$, $k = 1$, $\bar{\varepsilon} = 0,5$; для сужающейся щели $q_{\theta_0} = \pm 0,5$, $k = -0,5$, $\bar{\varepsilon} = 0,25$.

Анализируя графики (см. рис. 5), приходим к выводу, что во всех случаях, когда поток под действием перепада давления и движения плунжера перемещается в направлении уменьшающегося зазора (сужающаяся щель), то плунжер силами давления центрируется в гильзе. Если поток и плунжер движутся в направлении увеличивающегося зазора (расширяющаяся щель), то плунжер силами неуравновешенного давления прижимается к стенке гильзы. В этом случае контактная поверхность плунжерной пары разрушается, что приводит к задирам и выходу из строя агрегатов.

При несовпадении направлений напорного и фрикционного течений положение плунжера относительно продольной оси гильзы зависит от сочетания $\Delta p_1 \vartheta_n$ и $|k|$. Сравнивая давление в сечениях $\theta = 0^\circ$ и $\theta = 180^\circ$, можно судить о поведении плунжера. При $p_{\theta=0^\circ} > p_{\theta=180^\circ}$ плунжер центрируется в гильзе, при $p_{\theta=0^\circ} < p_{\theta=180^\circ}$ стремится войти в контакт с гильзой.

Выводы. 1. Исследованы закономерности распределения давления в конусных щелевых зазорах плунжерных пар приводов электроэнергетических систем.

2. Найдено общее выражение для определения закономерности изменения давления вдоль потока в зазорах бесконтактных уплотнений, а также рассмотрены частные случаи.

3. Для сужающейся щели максимальное давление будет в сечении с наименьшим зазором. При этом плунжер будет стремиться занять соосное положение, при котором оси плунжера и обоймы совпадают.

4. В расширяющейся щели максимальное давление будет в сечении с большей величиной зазора, поэтому плунжер силами неуравновешенного давления будет прижиматься к стенке гильзы.

5. При эксцентричном расположении плунжера в гильзе давление в зазоре будет изменяться. Причем неравномерность распределения давления возрастает по мере увеличения эксцентриситета.

6. Анализ решения показал, что при большей конусности щелевого канала и при неизменном входном зазоре характер изменения давления вдоль щели существенно отличается от линейного.

7. Во всех случаях, когда поток под действием перепада давления и движения плунжера перемещается в направлении уменьшающегося

завора (сужающаяся щель), – плунжер силами давления центрируется в гильзе.

8. Если поток и плунжер движутся в направлении увеличивающегося зазора (расширяющаяся щель), то плунжер силами неуравновешенного давления прижимается к стенке гильзы. В этом случае контактная поверхность плунжерной пары разрушается, что приводит к задирам и выходу из строя агрегатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крестин Е. А., Серебряков Г. В. Гидродинамический расчет бесконтактных уплотнений с плоскими щелевыми зазорами приводов электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, №2. С. 171–177. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.22.

2. Никитин Г. А., Черкун В. Е., Дидур В. А. Повышение качества сборки плунжерных пар золотниковых распределителей // Технология и организация производства. Киев, 1971. № 1. С. 77–80.

3. Крестин Е. А. Определение утечек жидкости через зазор бесконтактного уплотнения поршня гидравлического вибратора // Научное обозрение. 2014. №5. С. 108–110.

4. Васильев В. А. Метод расчета гидродинамических сил в щелевых уплотнениях роторов мощных питательных насосов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. 2004. № 5. С. 115–120.

5. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др.; 5-е изд., стер. М.: Альянс, 2011. 422 с.

6. Численное исследование устойчивости течения Тейлора между двумя цилиндрами в двумерном случае / О. М. Белоцерковский, В. В. Денисенко, А. В. Конюхов и др. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2009. № 4. С. 754–768.

7. Уплотнительные устройства в машиностроении / Б. Г. Жирных, Е. С. Михеенкова, Т. Н. Овсянникова, В. И. Смирнова. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 24 с.

8. Никитин О. Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 288 с.

9. Машиностроительный гидропривод / Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев и др.; под ред. В. Н. Прокофьева. М.: Машиностроение, 1978. 495 с.

10. Найгерт К. В., Редников С. Н., Япарова Н. М. Процессы полимеризации рабочей среды в зазорах золотниковых пар // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника: сборник статей. Челябинск, 2016. № 46. С. 125–123.

REFERENCES

1. Krestin E. A., Serebryakov G. V. Hydrodynamic calculation of contactless seals with plane slots in drives

of electric power systems. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 171-177. (in Russian). DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.22.

2. Nikitin G. A., Cherkun V. E., Didur V. A. Improving the assembly quality of plunger pairs of spool distributors. *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva* [Technology and organization of production], 1971, no. 1, pp. 77-80. (in Russian).

3. Krestin E. A. Determination of fluid leaks through the gap of the non-contact piston seal of the hydraulic vibrator. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2014, no. 5, pp. 108-110. (in Russian).

4. Vasiliev V. A. Method of calculation of hydrodynamic forces in slot seals of rotors of powerful feed pumps. *Vestnik YUUrGU. Seriya: Mashinostroenie* [Bulletin of SUSU. Series: Mechanical Engineering], 2004, no. 5, pp. 115-120. (in Russian).

5. Bashta T. M., Rudnev S. S., Nekrasov B. B., Baibakov O. V., Kirillovskiy Y. L. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]. Moscow, Al'yans Publ., 2011. 422 p.

6. Belotserkovskiy O. M., Denisenko V. V., Konyukhov A. V., Oparin A. M., Troshkin O. V., Chechetkin V. M. Numerical study of the stability of the Taylor flow 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).

7. Zhirnykh B. G., Mikheenkova E. S., Ovsyanikova T. N., Smirnova V. I. *Uplotnitel'nye ustrojstva v mashinostroenii* [Sealing devices in mechanical engineering]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2017. 24 p.

8. Nikitin O. F. *Rabochie zhidkosti i uplotnitel'nye ustrojstva gidroprivodov* [Working fluids and sealing devices of hydraulic drives]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2013. 288 p.

9. Kondakov L. A., Nikitin G. A., Prokofiev V. N., Skritskiy V. Ya., Sosonkin V. L. *Mashinostroitel'nyj gidroprivod* [Mechanical hydraulic drive]. Moscow, Mechanical engineering Publ., 1978. 495 p.

10. Nygert K. V., Rednikov S. N., Yaparova N. M. Polymerization processes of the working medium in the gaps of spool pairs. *Vestnik PNIPU. Aerokosmicheskaya tekhnika: sbornik statej* [Bulletin of PNRPU. Aerospace engineering: a collection of articles], 2016, no. 46, pp. 125-123. (in Russian).

Об авторах:

КРЕСТИН Евгений Александрович

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

ЖИЛЬНИКОВ Владимир Борисович

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: vz99@yandex.ru

KRESTIN Evgeny A.

PhD in Engineering Science, Professor of 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

ZHILNIKOV Vladimir B.

Senior lecturer of 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: vz99@yandex.ru

Для цитирования: Крестин Е.А., Жильников В.Б. Исследование распределения давления в конусных щелевых зазорах приводов электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 177–183. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.25.

For citation: Krestin E.A., Zhilnikov V.B. Pressure Distribution Study in Cone Slot Gap Drives of Electric Power Systems. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 177–183. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.25.

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
Суг, размер 14pt*

Междустрочный интервал – 1,5

Общий объем рукописи (включая иллюстрации и таблицы) – 8–15 страниц формата А4.

Формулы следует набирать с использованием редакторов формул MathType 6 или MS Equation 3.0.

Формула не должна содержать промежуточные преобразования.

*Иллюстрации выполняются черно-белыми (с хорошей проработкой деталей) в программах Corel Draw (с расширением *.cdr) или других редакторах (с расширением *.jpeg или *.tif).*

Библиографический список размещается в конце текста статьи, нумерация дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте [в квадратных скобках]. При ссылках на нормативные документы (СНиПы, ГОСТы) номер и название документа указываются непосредственно в тексте статьи (в круглых скобках). Библиографический список должен быть оформлен по ГОСТ Р 7.0.5-2008.

3. Структура размещения основных частей статьи:

индекс УДК

инициалы, фамилии авторов

название статьи на русском языке

название статьи на английском языке

аннотация на русском языке (не менее 10 строк)

аннотация статьи на английском языке

ключевые слова на русском языке (до 10 словосочетаний)

ключевые слова на английском языке

текст статьи (предпочтительно с выводами)

*библиографический список (не менее 5 наименований)
библиографический список на транслитерации (References)*

полные сведения об авторе(ах) на русском языке: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, контактные телефоны (с кодом города), e-mail автора(ов); наименование организации (с указанием почтового адреса учреждения), в которых работает автор(ы), на русском языке

полные сведения об авторе(ах) на английском языке (см. выше)

4. Рукописи, не соответствующие требованиям редакции, не рецензируются, не публикуются и не возвращаются авторам

5. Публикации в журнале подлежат только оригинальные статьи, соответствующие тематическим направлениям журнала и ранее не публиковавшиеся в других изданиях.

6. При положительном решении редакции об опубликовании научной статьи с автором(ами) заключается лицензионный договор. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

7. Редакция имеет право представлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала <http://journal.samgasu.ru>.

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 Сергеевны по тел. (846) 242-36-98, 8 (927) 651-07-09 E-mail: vestniksgasu@yandex.ru, uc-arch@yandex.ru.